



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

TESTOVÁNÍ SLUŽEB SKPOS

TESTING OF SKPOS SERVICES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Simona Butkovská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav geodézie
Studentka: **Simona Butkovská**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B3646 Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Testování služeb SKPOS

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Otestujte vybrané služby sítě permanentních stanic SKPOS, jmenovitě službu poskytující data pro zpracování v reálném čase SKPOS CM a službu poskytující data pro postprocessing SKPOS MM. Zaměřte se na přesnost výsledných souřadnic a u SKPOS CM též na dobu inicializace přijímače.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je otestovat kvalitu služeb sítě SKPOS prostřednictvím testovacích GNSS měření na bodech o známých souřadnicích. Testování by se mělo týkat vybraných služeb, a to za proměnlivých observačních podmínek (čas měření, zastínění oblohy, délka vektoru).

Seznam doporučené literatury a podklady:

<https://skpos.gku.sk/>

Postup testování přesnosti služeb a produktů CZEPOS, http://czepos.cuzk.cz/_postup.aspx

Teunissen, P. J. G., Montenbruck, O.: Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer, 2017,

odborné články s tematikou testování služeb permanentních GNSS sítí

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 10. 2022

L. S.

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Geodetický a kartografický ústav Bratislava (ďalej GKÚ) od roku 2006 prevádzkuje Slovenskú priestorovú observačnú službu (ďalej SKPOS) ako multifunkčný nástroj na presné určovanie polohy objektov a javov s využitím GNSS. SKPOS ponúka tri základné polohové služby, ktoré je možné využívať v reálnom čase alebo pre dodatočné spracovanie. Práca je venovaná testovaniu dvoch najčastejšie využívaných služieb, a to centimetrovej a milimetrovej. V rámci testovania centimetrovej služby SKPOS_cm boli vykonané tri testovacie merania na vybrané mountpointy SKPOS. Centimetrová služba v súčasnosti využíva výhradne koncept virtuálnej referenčnej stanice, pričom bol dlhodobý záujem GKÚ rozšíriť službu aj o koncept tzv. „najbližšej referenčnej stanice“. Z tohto dôvodu sa v roku 2022 GKÚ rozhodlo vykonať prvé testovacie merania aj v novom koncepte, s cieľom zväziť jeho prípadnú budúcu implementáciu v rámci poskytovaných služieb SKPOS. Okrem centimetrovej služby bola testovaná aj milimetrová služba SKPOS_mm, ktorá spočíva v dodatočnom spracovaní observácií. Práca sa venuje službe SKPOS, popisu vykonaných testovacích meraní, analýze a zhodnoteniu dosiahnutých výsledkov.

KLÍČOVÁ SLOVA

SKPOS, GNSS, RTK meranie, mountpoint, najbližšia referenčná stanica, dodatočné spracovanie

ABSTRACT

Geodetic and Cartographic Institute Bratislava (GKÚ) has been providing the Slovak real-time positioning service (SKPOS) since 2006 as a multifunctional tool for precise real-time positioning of objects and phenomena using GNSS. SKPOS offers three basic positioning services, that can be used in real-time or for postprocessing. The work is dedicated to testing the two most frequently used services, the centimeter and millimeter. To test the SKPOS_cm centimeter service, three test measurements were performed on selected SKPOS mountpoints. The centimeter service currently uses exclusively the concept of a virtual reference station, while GKÚ was interested in expanding the service to include the concept of the so-called “nearest reference station”. For that reason, in 2022 GKÚ decided to perform the first test measurements also in the new concept in order to consider its possible future implementation within SKPOS services. In addition to the centimeter service, the SKPOS_mm millimeter service was also tested, which consists in postprocessing. The work is dedicated to SKPOS, the description of the performed test measurements, the analysis and evaluation of the achieved results.

KEYWORDS

SKPOS, GNSS, RTK measurement, mountpoint, nearest reference station, postprocessing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUTKOVSKÁ, Simona. *Testování služeb SKPOS*. Brno, 2023. 45 s., 10 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Testování služeb SKPOS* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2023

Simona Butkovská
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rada by som sa poďakovala vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Radovanovi Machotkovi, Ph.D. za dôveru a cenné pripomienky. Taktiež sa chcem poďakovať zamestnancom Geodetického a kartografického ústavu Bratislava – konzultantovi Ing. Branislavovi Droščákovi, PhD. a kolegom Ing. Martinovi Feriancovi a Ing. Karolovi Smolíkovi za odborné vedenie, cenné rady a trpezlivosť. Veľké ďakujem patrí rodine a priateľom, ktorí mi boli oporou nielen počas zdravotne najťažšieho roku môjho života, ale aj v ostatnom priebehu štúdia.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Slovenská priestorová observačná služba SKPOS.....	10
2.1 Infraštruktúra SKPOS	10
2.2 Služby poskytované SKPOS	11
2.2.1 Mountpointy SKPOS_CM_31 a SKPOS_CM_32.....	12
2.2.2 Nový mountpoint najbližšia referenčná stanica	12
3 Testovanie služby SKPOS_cm	14
3.1 Testovanie SKPOS_CM_32 vs. NRS.....	14
3.2 Testy v areáli TPS GKÚ na Trnávke.....	18
3.2.1 Test mountpointu SKPOS_CM_31 vs. SKPOS_CM_32.....	18
3.2.2 Test mountpointu SKPOS_CM_32 vs. NRS.....	25
4 Testovanie služby SKPOS_mm.....	32
4.1 Spracovanie v SKPOS Online Postprocessing.....	33
4.2 Spracovanie v Trimble Business Center.....	35
5 Záver.....	38
Zoznam použitých zdrojov.....	40
Zoznam obrázkov	41
Zoznam tabuliek	43
Zoznam použitých skratiek.....	44
Zoznam príloh	45

1 Úvod

Na konci roku 2006 bola oficiálne spustená Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS) a odvtedy poskytuje svoje služby výhradne pomocou metódy sieťového RTK v koncepte virtuálnej referenčnej stanice (VRS). Koncept bol zavedený ako náhrada nedostatku klasického RTK merania priamo na referenčnú stanicu, pri ktorom sa znižuje presnosť určenia polohy s narastajúcou vzdialenosťou od referenčnej stanice. V období spustenia služby pozostávala SKPOS len z 21 referenčných staníc, ktoré prijímali signály len z dvoch globálnych navigačných družicových systémov (GNSS) GPS a GLONASS. Vzhľadom na menší počet referenčných staníc a menej observovaných družicových systémov bolo vhodnejšie poskytovať služby výhradne pomocou konceptu VRS. Avšak s príchodom ďalších družicových systémov Galileo (GAL) a BeiDou (BDS) a s narastajúcim počtom referenčných staníc sa generovanie sieťového riešenia v koncepte VRS stáva zložitejším, a zároveň riešenie nie je generované zo všetkých prijímaných družíc. V súčasnosti sa preto môže javiť vhodnejšie využiť údaje priamo z najbližšej referenčnej stanice s plným počtom observovaných družíc, a to najmä v prípade, že sa používateľ nachádza v blízkosti referenčných staníc alebo v sťažených podmienkach merania, akými sú napr. zákryty v okolí stanoviska.

Úvodná časť práce je venovaná sieti SKPOS, jej základnej charakteristike, infraštruktúre, poskytovaným službám a mountpointom. V nasledujúcej časti je opísaný princíp konceptu najbližšej referenčnej stanice (NRS). Ďalšia kapitola je venovaná testovaniu služby SKPOS_cm prostredníctvom troch testovacích meraní na vybrané mountpointy SKPOS, z toho prvé bolo vykonané v šiestich rôznych lokalitách Slovenska a ďalšie dve v areáli technicko-prevádzkového strediska Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (GKÚ), k.ú. Trnávka. Pri druhom teste bol okrem testovania konceptov VRS a NRS testovaný aj prínos družicových systémov GAL a BDS. Obsahom poslednej kapitoly venovanej testovaniu služby SKPOS_mm bolo spracovanie statických meraní vykonaných na geodetickej kalibračnej základnici pre elektronické diaľkomery Viničné službou SKPOS Online Postprocessing a v programe Trimble Business Center (TBC) a ich porovnanie s výsledkami z vedeckého softvéru Bernese. V kapitolách týkajúcich sa testovania je opísaný samotný postup merania, spracovanie a následná analýza výsledkov. Zhrnutie je uvedené v záverečnej časti.

Táto práca vznikla v spolupráci s GKÚ, kde som od septembra minulého roku zamestnaná.

2 Slovenská priestorová observačná služba SKPOS

Táto kapitola bola prevažne spracovaná podľa [1].

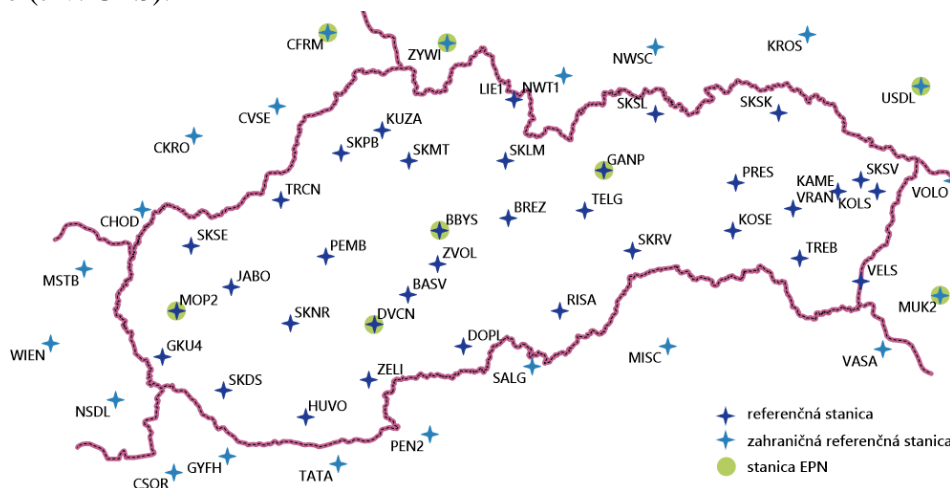
„Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS) je multifunkčný nástroj na presné určovanie polohy objektov a javov pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS). Služba umožňuje používateľom pracovať on-line alebo dodatočne v záväzných geodetických referenčných systémoch ETRS89 a S-JTSK (v realizácii JTSK03).“ V súčasnom období je SKPOS najpoužívanejšou službou Odboru geodetických základov Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (GKÚ) s počtom aktívnych používateľov 2828 (údaj poskytnutý administrátorom služby platný k 22.5.2023), ktorá je v kontinuálnej prevádzke 24 hodín denne. Registrovaní používatelia môžu službu využívať on-line prostredníctvom kinematickej metódy v reálnom čase (tzv. RTK) vo forme sieťového riešenia (tzv. RTK-Network - RTN) alebo používatelia vybavení postprocesingovým softvérom.

2.1 Infraštruktúra SKPOS

Infraštruktúru SKPOS tvorí:

- sieť referenčných staníc
- národné servisné centrum
- virtuálna privátna sieť

Sieť referenčných staníc SKPOS (Obr. 1) tvorí 35 staníc na území Slovenska a 21 zahraničných staníc situovaných v blízkosti hranice. Referenčné stanice na Slovensku reprezentujú aktívne geodetické základy Slovenska a sú súčasťou najvyššej, tzv. A triedy bodov Štátnej priestorovej siete (ŠPS). Každú referenčnú stanicu tvorí fyzický geodetický bod, na ktorom je umiestnená aparatúra GNSS, pozostávajúca z antény a prijímača GNSS. Súčasťou vybavenia stanice je aj zariadenie zabezpečujúce internetovú komunikáciu s riadiacim centrom SKPOS (router), prípadne záložný zdroj energie (tzv. UPS).



Obr. 1: Sieť referenčných staníc SKPOS (stav k 22.5.2023) [1]

Permanentné referenčné stanice sú pripojené pomocou privátnej virtuálnej siete do Národného servisného centra, ktoré sa nachádza na GKÚ. Úlohou servisného centra je spravovať referenčné stanice a ich namerané observácie, prevádzkovať riadiaci softvér služby, ktorý generuje korekcie v reálnom čase pre jednotlivé služby, monitorovať kvalitu poskytovaných údajov a služieb, a v neposlednom rade aj registrácia a správa používateľov.

2.2 Služby poskytované SKPOS

SKPOS ponúka tri základné druhy služieb:

- služby pre reálny čas: SKPOS_dm, SKPOS_cm
- služby pre dodatočné spracovanie (postprocessing): SKPOS_mm

Tab. 1: Prehľad vlastností služieb a produktov [1]

Produkt	SKPOS_dm	SKPOS_cm	SKPOS_mm
Prístup dát	v reálnom čase	v reálnom čase	post-processing
Formát dát	RTCM 2.1 RTCM 2.3	RTCM 2.3, CMRx, CMR+, RTCM 3.1, RTCM 3.2	RINEX 2.xx RINEX 3.xx
Koncept	VRS	VRS	VRS alebo stanica SKPOS
Presnosť	0,3 – 1 m	2 – 4 cm	mm - cm
Interval záznamu	1 s	1 s	1 – x s
Typické uplatnenie	GIS, navigácia, doprava	geodézia, kataster	veľmi presné merania
Referenčný systém	ETRS89 (ETRF2000) S-JTSK (JTSK03)	ETRS89 (ETRF2000) S-JTSK (JTSK03)	ETRS89 (ETRF2000)
Subslužba (mountpoint)	SKPOS_DM_SVK SKPOS_DM_SVK_23	SKPOS_CM_23, SKPOS_CM_31, SKPOS_CM_32, SKPOS_CM_32_MS7, SKPOS_CM_CMRx, SKPOS_CM_CMplus	

„Službou SKPOS_dm sú poskytované diferenciálne korekcie pre kódové merania (DGNS, resp. DGPS) v reálnom čase v koncepte virtuálnej referenčnej stanice (VRS). Pre používanie tejto služby postačuje jednoduchý a relatívne lacnejší GNSS prijímač umožňujúci iba kódové merania, ktorý je schopný prijímať DGNS korekcie v reálnom čase. Presnosť služby je na úrovni decimetrov a používa formát korekcií RTCM 2.1 a RTCM 2.3. Služba nachádza typické uplatnenie v doprave, v navigácii alebo GIS mapovaní.

Službou SKPOS_cm sú poskytované diferenciálne korekcie pre fázové merania v reálnom čase v koncepte VRS. Pre používanie služby je potrebný dvojfrekvenčný GNSS prijímač schopný spracovávať RTK korekcie v jednom z formátov štandardu RTCM alebo formátu typu CMR. Presnosť služby je na úrovni 2-4 cm. Služba nachádza

uplatnenie v geodézii, katastri nehnuteľností, mapovaní, pri presnom poľnohospodárstve a riadení strojov.

Služba SKPOS_mm umožňuje prístup k dátam pre dodatočné spracovanie fázových a kódových meraní v koncepte VRS alebo zo stanice SKPOS. Dáta sú prístupné používateľom v štandardnom formáte RINEX prostredníctvom Online obchodu na portáli SKPOS.“

2.2.1 Mountpointy SKPOS_CM_31 a SKPOS_CM_32

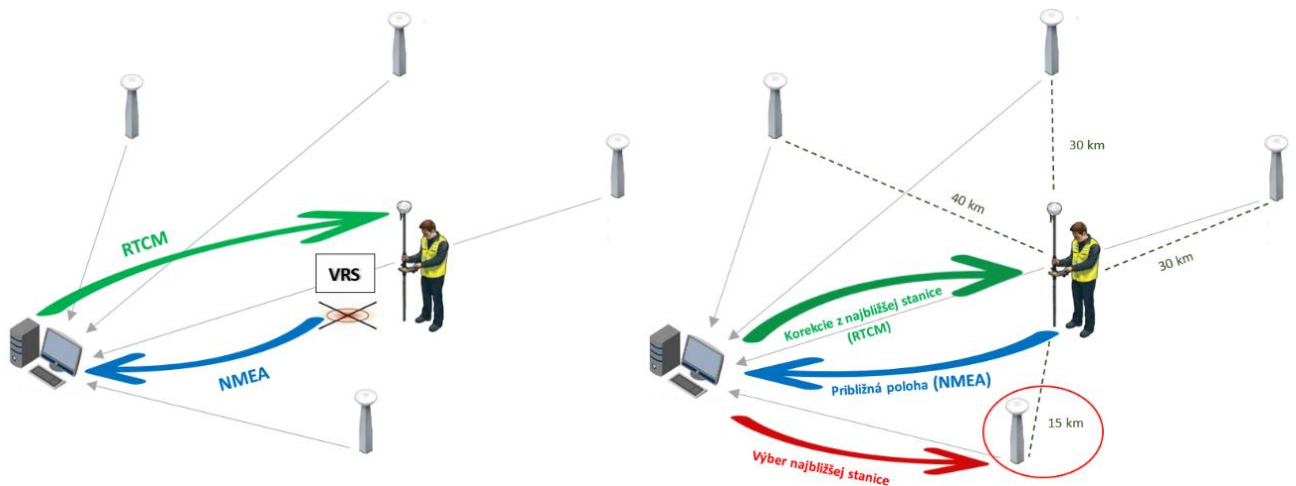
Mountpoint je „prístupový bod v castri NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol),“ čo predstavuje „server vybavený špeciálnym softvérom, ktorý prijíma údaje z permanentných referenčných staníc GNSS a podľa nastavení a požiadaviek distribuuje oprávneným používateľom práve cez tieto prístupové body (mountpointy) prostredníctvom internetu korekcie na meranie metódami GNSS v reálnom čase“ [2]. Služba SKPOS poskytuje viaceré mountpointy, ktoré sa navzájom od seba líšia formátom korekcií – štruktúrou, obsahom a objemom prenesených korekčných dát. V priebehu merania tejto práce som využila a následne porovnávala dva mountpointy, ktoré sú poskytované službou SKPOS_cm:

- Mountpoint SKPOS_CM_31 je vhodné zvoliť, ak používateľ má zariadenie GNSS schopné prijímať len družicové systémy GPS a GLONASS. Formát korekcií je RTCM 3.1 a objem prenesených údajov je 0.3 kB/s.
- Mountpoint SKPOS_CM_32 sa odporúča zvoliť, ak používateľ má zariadenie GNSS schopné prijímať všetky globálne družicové systémy (GPS, GLO, GAL, BDS). Formát korekcií je RTCM 3.2 MSM5 a objem prenesených údajov je o niečo väčší ako pri SKPOS_CM_31, t.j. 1.0 kB/s.

Tieto dva mountpointy, ako aj všetky ostatné poskytované službou SKPOS, fungujú na princípe sieťového RTK v koncepte VRS. „Rover používateľa pošle svoju približnú polohu vo forme NMEA správy do riadiaceho centra SKPOS, kde riadiaci softvér akceptuje túto polohu ako lokalitu pre novú VRS. Vygeneruje korekcie zo všetkých okolitých staníc a odošle ich späť do rovera v štandarde RTCM alebo v inom proprietárnom formáte.“

2.2.2 Nový mountpoint najbližšia referenčná stanica

„Nový koncept najbližšia referenčná stanica (NRS) v službe SKPOS je v súčasnosti v testovacej prevádzke a funguje na princípe automatického výberu najbližšej referenčnej stanice vzhľadom na polohu pohybujúceho sa rovera. Koncept je založený na automatickom výbere najbližšej referenčnej stanice podľa polohy pohybujúceho sa rovera, a to tak, že rover pošle svoju približnú polohu vo forme NMEA správy do riadiaceho centra SKPOS prostredníctvom internetu rovnako ako pri koncepte VRS. Riadiaci softvér SKPOS automaticky na základe tejto polohy identifikuje najbližšiu referenčnú stanicu SKPOS a odosiela korekcie priamo z tejto stanice späť do rovera v štandarde RTCM alebo v inom proprietárnom formáte“ [3]. Porovnanie princípov fungovania týchto dvoch konceptov je zobrazený na Obr. 2.



Obr. 2: Princíp konceptu VRS (vľavo) a NRS (vpravo)

Koncept najbližšej referenčnej stanice má svoje výhody aj nevýhody. Výhody sú:

- „údaje sa odosielaajú zo všetkých družíc, ktoré prijíma najbližšia referenčná stanica
- menšia náročnosť na výpočtový výkon riadiaceho softvéru nakoľko odpadá nutnosť generovať VRS zložitými algoritmi
- používateľ nemusí zo zoznamu vyberať konkrétnu referenčnú stanicu, ale riadiaci softvér najbližšiu referenčnú stanicu identifikuje automaticky na základe približnej polohy
- správca SKPOS nestráca informáciu o polohe používateľov a kvalite ich meraní, nakoľko nutnosťou je odosielanie týchto informácií vo forme NMEA správy rovnako ako pri koncepte VRS“ [3].

Nevýhody sú:

- „používateľ musí pozorne sledovať vzdialenosť rovera od najbližšej referenčnej stanice z ktorej prijíma korekcie, nakoľko presnosť jeho merania klesá s narastajúcou vzdialenosťou od tejto stanice
- okrem vzdialenosti musí používateľ sledovať aj stav referenčných staníc, nakoľko v prípade výpadku najbližšej referenčnej stanice sa odosielaajú údaje zo vzdialenejšej čo môže viesť k zhoršeniu presnosti práve z dôvodu väčšej vzdialenosti a odlišnosti podmienok“ [3].

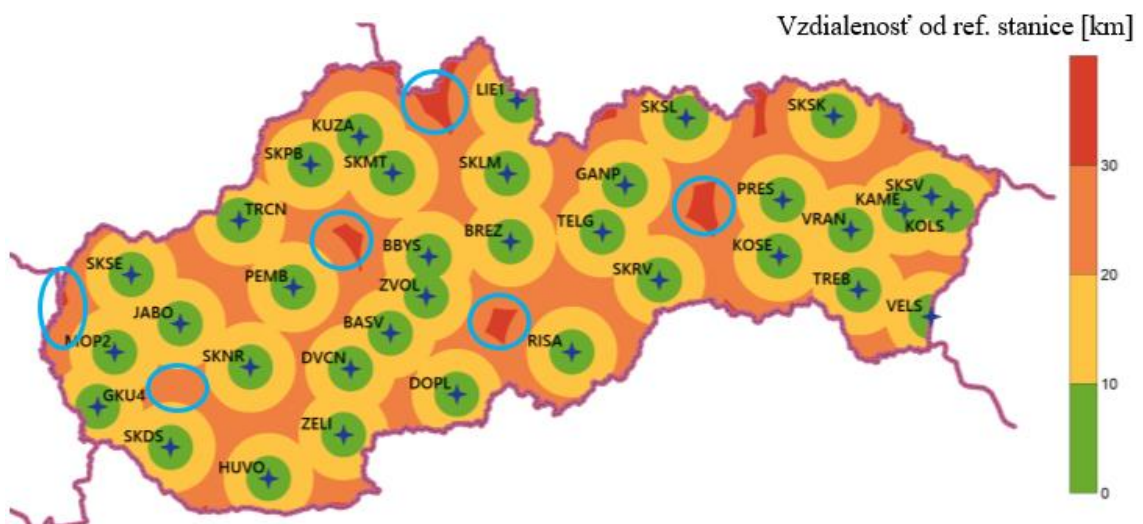
3 Testovanie služby SKPOS_cm

3.1 Testovanie SKPOS_CM_32 vs. NRS

Táto kapitola bola prevažne spracovaná podľa [3].

Cieľom tohto testu bolo porovnať kvalitatívne parametre merania doteraz používaného konceptu VRS pomocou mountpointu SKPOS_CM_32 s konceptom NRS. Meranie sa uskutočnilo v rôznych lokalitách Slovenska na bodoch C triedy Štátnej priestorovej siete (ŠPS). Body ŠPS-C tvoria geodetické body zriadené ako podbetónované hranoly s geodetickou značkou s jednoznačnou centráciou. Tieto body boli prevzaté najmä z bodov pôvodnej Štátnej trigonometrickej siete (ŠTS) alebo Štátnej nivelačnej siete (ŠNS) a boli následne upravené tak, aby spĺňali požadované charakteristiky stability. Referenčné súradnice bodov C triedy ŠPS boli v minulosti určené GNSS statickou metódou s dĺžkou observácie minimálne 6 hodín. Presnosť referenčných súradníc je na úrovni 1-2 cm [4].

Od testu konceptu najbližšej referenčnej stanice sa očakávalo, že presnosť merania bude klesať s narastajúcou vzdialenosťou od referenčnej stanice. Kvôli tomu boli oblasti pre testovacie merania vyberané tak, aby sa nachádzali najďalej od referenčných staníc. Testovacie meranie sa uskutočnilo v období máj až november roku 2022 postupne v šiestich lokalitách (Záhorie, Orava, Prievidza, Hriňová, Spišské Vlachy, Sereď) na 33 bodoch ŠPS. Na Obr. 3 je prehľad vybraných lokalít a vzdialenosti od referenčných staníc.



Obr. 3: Vybrané lokality (modrá farba) a vzdialenosť od referenčných staníc [3]

Z Obr. 4 je zrejmé, že merania boli uskutočnené v rôznych podmienkach, a to v ideálnych aj zhoršených (napr. zákryty v mieste merania spôsobené vyššou vegetáciou).



Obr. 4: Ukážka merania v ideálnych (vľavo) a sťažených podmienkach (vpravo)

Test bol meraný s najnovším roverom Trimble R12 (v.č. 6236F00932), resp. staršími rovermi Trimble R10 model 2 (v.č. 5842F00343 a 5842F00537). Na jednotlivých bodoch ŠPS boli vykonané dve RTK merania v koncepte VRS, pričom sa ukladali aj tzv. surové (RAW) dáta vo formáte T02/T04, a tiež dve merania v koncepte NRS. Bola zvolená 2-minútová observácia (s intervalom záznamu súradníc 1 sekunda), čo je doporučená dĺžka observácie pre merania kinematickou metódou s využitím SKPOS podľa smernice SKPOS [5]. Pri oboch prípadoch boli prijímané korekcie vo formáte RTCM 3.2 MSM5 a zahŕňali údaje pre družicové systémy (GPS, GLO, GAL, BDS). Do zápisníka sa doplnili údaje o elevačnej maske, ktorá bola nastavená na 10° , dĺžke inicializačného času meraného stopkami, počte observujúcich družíc a o čase začiatku a konca merania.

Je dôležité poznamenať, že inicializačné časy pri meraniach v koncepte NRS v prvých štyroch lokalitách dosahujú v priemere až 45 sekúnd. Táto skutočnosť bola spôsobená nesprávnym nastavením pripojenia na mountpoint NRS v roveri. Tieto hodnoty preto neboli použité vo vyhodnocovaní priemerného inicializačného času. Po zmene formátu korekcií z VRS (RTCM) na Multistation sa inicializačný čas výrazne skrátil na cca 11 sekúnd.

Všetky namerané dáta vo formáte T02/T04 boli uložené do prijímača, z ktorého boli následne exportované do kontrolera. Z kontrolera boli exportované dáta, protokol merania GPS vo formáte .txt (viď. Príloha B.1 a Príloha E – 1.1.2) a celá zákazka vo formáte .job na USB kľúč, a následne z neho do počítača, na ktorom prebiehalo spracovanie. Údaje zo zápisníkov boli pre lepšiu prehľadnosť prepísané do elektronických zápisníkov (viď. Príloha A.1 a Príloha E – 1.1.1) s rovnakou štruktúrou, akú mal papierový v teréne, a bola skontrolovaná zhodnosť týchto údajov (okrem inicializačného času) s údajmi v stiahnutom protokole. Súradnice v systéme ETRS89, ich stredné chyby a parametre DOP boli dopísané do elektronického zápisníku z protokolu merania GPS.

Test mountpointu „najbližia stanica“							
Typ prijímača: Trimble R10-2 (5842F00537)			Login do SKPOS: zbgis1, gkusteinhubel				
	1. meranie			2. meranie			
Mountpoint	SKPOS_CM_32	SKPOS_CM_32_ns	SKPOS_CM_32_ns2	SKPOS_CM_32	SKPOS_CM_32_ns	SKPOS_CM_32_ns2	
Bod	J24-511						
Dátum	10.11.2022						
Čas	11:44-11:46	11:48-11:50	11:51-11:53	11:54-11:56	11:57-11:59	12:00-12:02	
Názov T02	J24-511_32_1	J24-511_ns_1	J24-511_ns2_1	J24-511_32_2	J24-511_ns_2	J24-511_ns2_2	
Inicializačný čas	10s	11,5s	12s	11,5s	10s	12s	
Počet družíc	20	23	21	20	23	22	
STD po 2 min.	Hz: 0.004m, V: 0.009m	Hz: 0.008m, V: 0.015m	Hz: 0.010m, V: 0.020m	Hz: 0.004m, V: 0.007m	Hz: 0.009m, V: 0.016m	Hz: 0.010m, V: 0.019m	
Súradnice	φ	48°57'47.02670"	48°57'47.02716"	48°57'47.02638"	48°57'47.02703"	48°57'47.02725"	48°57'47.02665"
	λ	20°30'12.39473"	20°30'12.39458"	20°30'12.39356"	20°30'12.39453"	20°30'12.39431"	20°30'12.39341"
	h	566.359	566.349	566.325	566.357	566.373	566.367
Poznámka	HDOP: 0.65	HDOP: 0.60	HDOP: 0.57	HDOP: 0.64	HDOP: 0.55	HDOP: 0.66	
	VDOP: 1.78	VDOP: 1.26	VDOP: 1.17	VDOP: 1.24	VDOP: 1.00	VDOP: 1.08	
	PDOP: 1.89	PDOP: 1.39	PDOP: 1.30	PDOP: 1.40	PDOP: 1.14	PDOP: 1.27	

Obr. 5: Ukážka elektronického zápisníka

Pomocou Rezortnej transformačnej služby (RTS) prevádzkovej GKÚ boli merané súradnice v geodetickom referenčnom systéme ETRS89 pretransformované z tvaru elipsoidických súradníc $\phi\lambda h$ do geocentrických karteziánskych súradníc XYZ. Zvyšná výpočtová časť bola spracovaná v programe Microsoft Excel. Súradnice XYZ z testovania boli porovnané s oficiálnymi referenčnými súradnicami získanými z aplikácie Mapový klient ZBGIS, čím vznikli súradnicové rozdiely dX , dY a dZ . Tieto rozdiely ale dostatočne nepribližujú horizontálne a vertikálne zložky a z hľadiska jednoduchšej interpretácie výsledkov bolo treba geocentrické súradnice transformovať do lokálneho topocentrického systému NEU (North, East, Up). Pre výpočet hodnôt dN , dE a dU bol použitý vzťah (1) podľa [6]:

$$\begin{bmatrix} n \\ e \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\phi \cos\lambda & -\sin\phi \sin\lambda & \cos\phi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\phi \cos\lambda & \cos\phi \sin\lambda & \sin\phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} \quad (1)$$

Pre výpočet horizontálnych odchýlok bol použitý vzťah (2):

$$\Delta p = \sqrt{n^2 + e^2} \quad (2)$$

Hodnoty referenčných a meraných súradníc a výpočty súradnicových rozdielov pre jednotlivé lokality sú súčasťou Prílohy E – 1.1.3. Výpočty horizontálnych a vertikálnych odchýlok sú súčasťou Prílohy E – 1.1.4.

Tab. 2 obsahuje zhrnutie a vzájomné porovnanie priemerných hodnôt a maximálnych odchýlok zo všetkých meraní na 33 bodoch ŠPS. Pri využití konceptu NRS došlo k zhoršeniu odchýlok a maximálnych odchýlok. Je potrebné pripomenúť,

že tieto merania boli uskutočnené v rôznych vzdialenostiach od najbližšej referenčnej stanice, niektoré boli len niekoľko kilometrov od stanice, zatiaľ čo iné boli vzdialené až 20 a viac kilometrov.

Tab. 2: Porovnanie kvalitatívnych parametrov všetkých uskutočnených testovacích meraní [3]

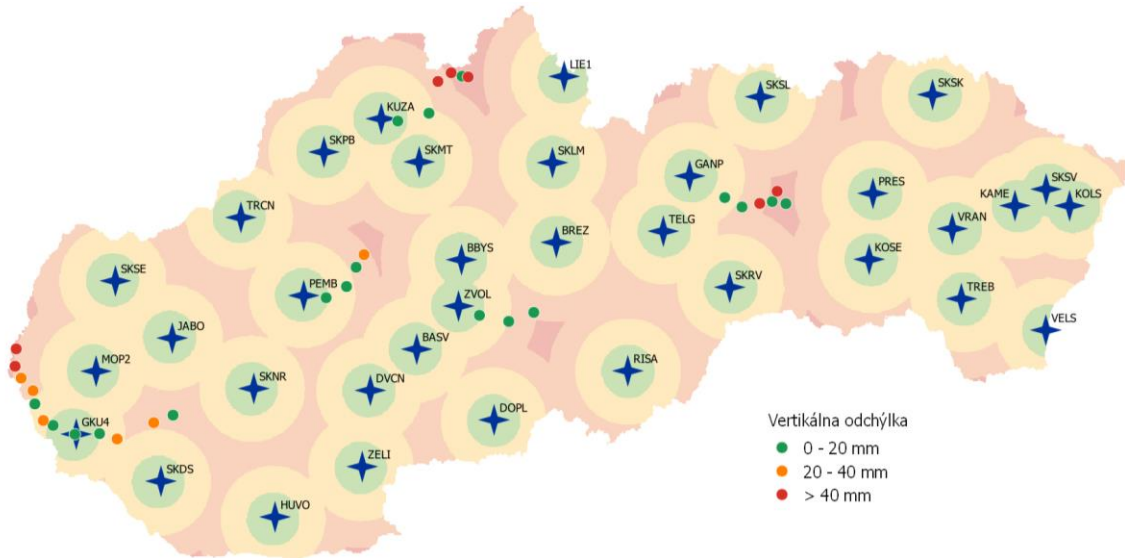
	Koncept Virtuálna referenčná stanica	Koncept Najbližšia referenčná stanica
Inicializačný čas	12 s	11 s
Počet družíc	19	23
PDOP	1.3	1.2
Horizontálna odchýlka	18 mm	21 mm
Vertikálna odchýlka	24 mm	29 mm
Max. horizontálna odchýlka	70 mm	110 mm
Max. vertikálna odchýlka	85 mm	166 mm

Pre koncept NRS bolo popri porovnaní kvalitatívnych parametrov vypracované aj porovnanie vplyvu vzdialenosti od najbližšej referenčnej stanice na presnosť merania. Na Slovensku sa pri meraní môže rover dostať do maximálnej vzdialenosti 37 km od referenčnej stanice SKPOS. So zámerom otestovať extrémny prípad bol zo šiestich meraných lokalít v posledných štyroch simulovaný výpadok niektorých staníc, aby bola možná dosiahnutá vzdialenosť až na úrovni 60 km (tieto merania sú v zápisníkoch označené ako SKPOS_CM_32_ns2). Porovnanie priemerných a maximálnych horizontálnych a vertikálnych odchýlok v závislosti na vzdialenosti od referenčnej stanice je uvedené v Tab. 3. Vo vzdialenosti 20 a viac km bolo dosiahnutých viac odľahlých hodnôt v horizontálnom aj vertikálnom smere.

Tab. 3: Priemerné a maximálne hodnoty odchýlok od referenčnej polohy podľa vzdialenosti od stanice pri koncepte NRS [3]

Vzdialenosť od ref. stanice	Horizontálna odchýlka		Vertikálna odchýlka	
	Priemer	Max	Priemer	Max
0 – 10 km	19 mm	33 mm	7 mm	11 mm
10 – 20 km	23 mm	59 mm	15 mm	40 mm
20 a viac km	18 mm	110 mm	29 mm	166 mm

S narastajúcou vzdialenosťou od referenčnej stanice sa prejavil aj nárast odchýlok vo vertikálnej zložke, čo je možné vidieť na Obr. 6.



Obr. 6: Odchýlky od referenčných súradníc vo vertikálnej zložke [3]

3.2 Testy v areáli TPS GKÚ na Trnávke

Nasledujúce dve testovacie merania sa uskutočnili v areáli technicko-prevádzkového strediska GKÚ v Bratislave, k.ú. Trnávka. Voľba stanovišťa bola zámerne zvolená tak, aby simulovali sťažené podmienky merania (zákryt vyššou vegetáciou vedľa prijímačov), s ktorými sa môže geodet bežne v praxi stretnúť. Hlavným cieľom testu bolo porovnať rovnaké prístroje observujúce v rovnakých, t.j. sťažených podmienkach a zistiť vhodnosť použitia jednotlivých mountpointov.

3.2.1 Test mountpointu SKPOS_CM_31 vs. SKPOS_CM_32

Cieľom tohto testu bolo porovnať kvalitatívne parametre mountpointu SKPOS_CM_31 s mountpointom SKPOS_CM_32 pomocou sieťového RTK merania. 24-hodinový test bol vykonaný dňa 12.1.2023 s najnovšími rovermi Trimble R12 (v.č. 6236F00927 a 6236F00932) umiestnenými na dvoch statívoch vedľa seba, vid'. Obr. 7.



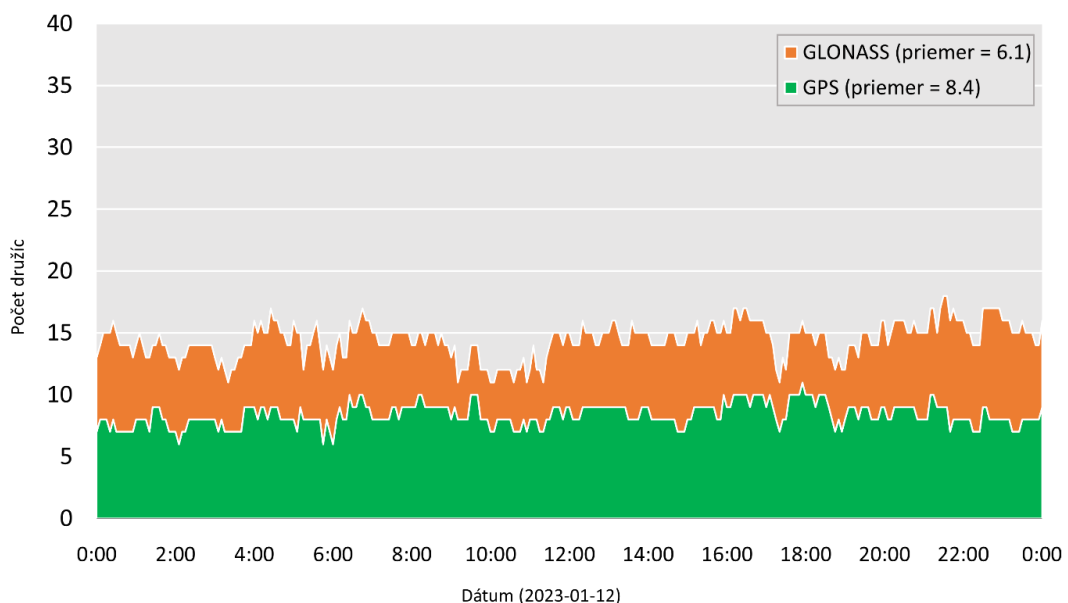
Obr. 7: Testovacie meranie 31 vs. 32 v sťažených podmienkach, k.ú. Trnávka

Pri simultánnom meraní bol jeden prijímač pripojený na mountpoint SKPOS_CM_31 a prijímal korekcie vo formáte RTCM 3.1 pre systémy GPS a GLO, a druhý na mountpoint SKPOS_CM_32, kde prijímal korekcie vo formáte RTCM 3.2 MSM5 pre systémy GPS, GLO, GAL a BDS. Bol zvolený minútový interval záznamu a elevačná maska 10°. Od testu sa očakával prínos družíc Galileo a BeiDou v sťažených podmienkach merania.

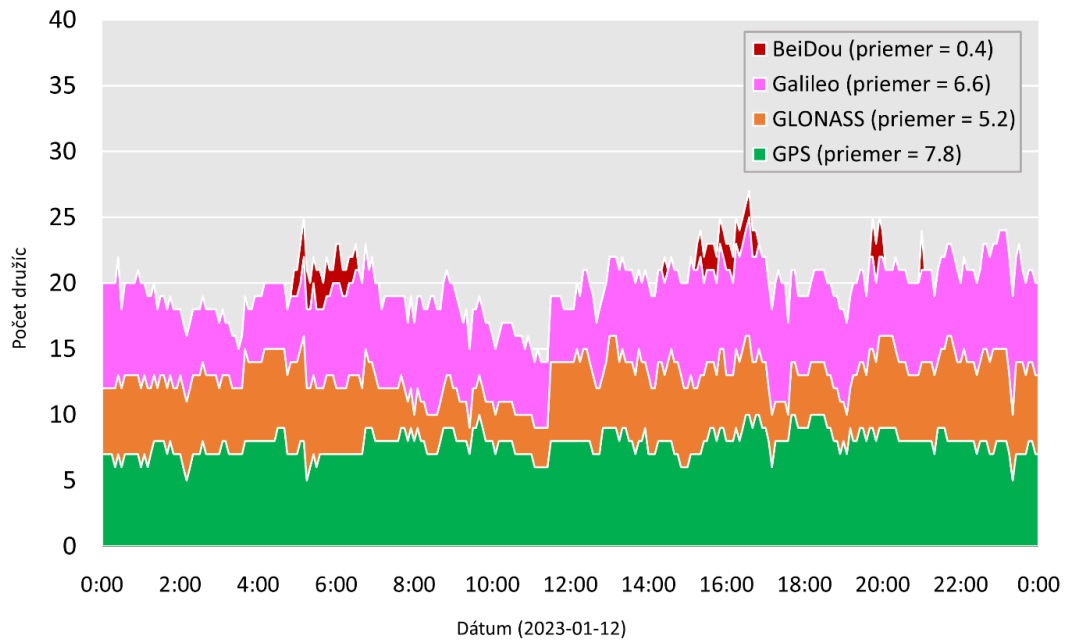
Všetky namerané dáta boli uložené do prijímača, následne presunuté do kontrolera a spolu s protokolom merania GPS a zákazkou exportované na USB kľúč a do počítača. V tomto prípade sa použil rozšírený protokol merania GPS doplnený o údaje o fixovaných družiciach (viď. Príloha C.1 a Príloha E – 1.2.2).

Nakoľko rover Trimble R-12 neumožňoval interval záznamu väčší ako jedna minúta a konštelácia družíc v priebehu jednej minúty sa mení len nepatrne, výsledný minútový záznam z merania bol manuálne upravený na 5-minútový záznam a obsahoval celkovo 288 observácií z daného dňa (viď. Príloha B.2 a Príloha E – 1.2.1). Výpočtová časť bola spracovaná v programe Microsoft Excel.

Na Obr.8 a 9 sú zobrazené informácie o počte observovaných družíc počas 24 hodín. Počet reprezentuje iba fixované družice, z ktorých sa počíta výsledná poloha. V skutočnosti, prijímač prijíma signály aj z iných družicových systémov (napr. SBAS), resp. aj nefixovaných družíc GPS, GLO, GAL, BDS, ktoré sa v danom čase napr. nachádzali nízko nad horizontom, alebo z iného dôvodu ich algoritmus riadiaceho softvéru SKPOS vyhodnotil ako menej vhodné. Je možné vidieť miernu degradáciu počtu GPS a GLONASS družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_32. Je to spôsobené tým, že tento mountpoint používa iný algoritmus na generovanie sieťových korekcií, starostlivejšie si vyberá medzi družicami a ak sa v jednej lokalite alebo pozícii nachádzajú dve družice, kde jedna je kvalitnejšia a druhá je menej kvalitná, tak nekvalitnejšiu družicu vylúči, aby meranie nebolo ovplyvnené. Dokopy pri GPS a GLONASS je to približne o 1,5 družice menej oproti mountpointu SKPOS_CM_31 za 24 hodín, čo je nízky počet.

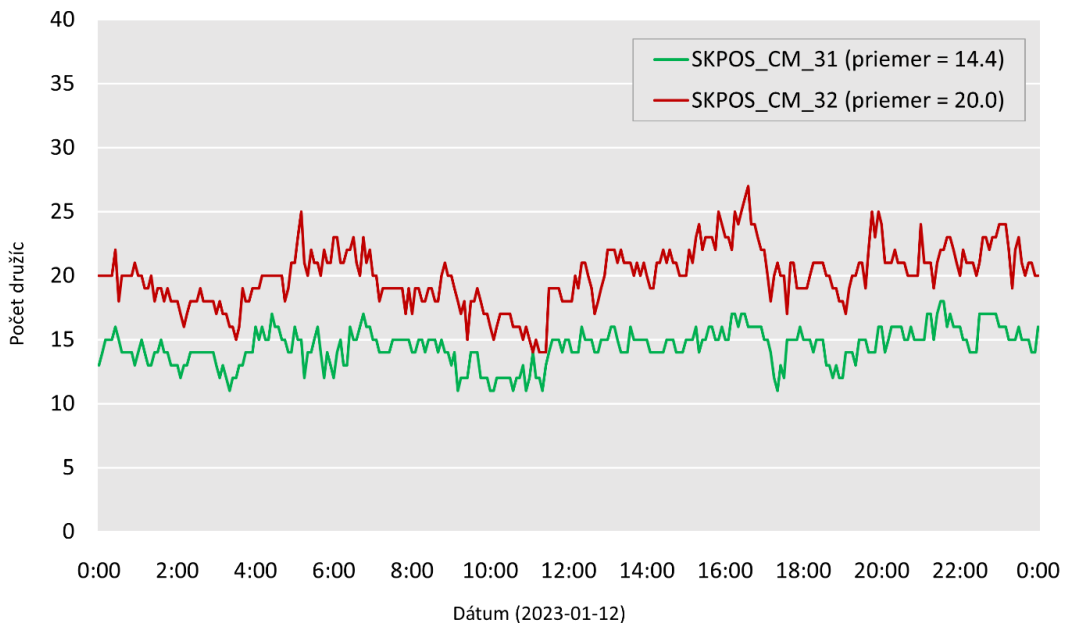


Obr. 8: Počet observovaných družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_31



Obr. 9: Počet observovaných družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_32

Z Obr. 10 po sčítaní družíc je vidieť, že pri použití všetkých družicových systémov bolo dosiahnutých priemerne o 5,5 družice viac, čím sa potvrdil očakávaní prínos družíc Galileo a BeiDou. Vo všeobecnosti však neplatí, že čím viac družíc, tým lepšie a presnejšie riešenie.



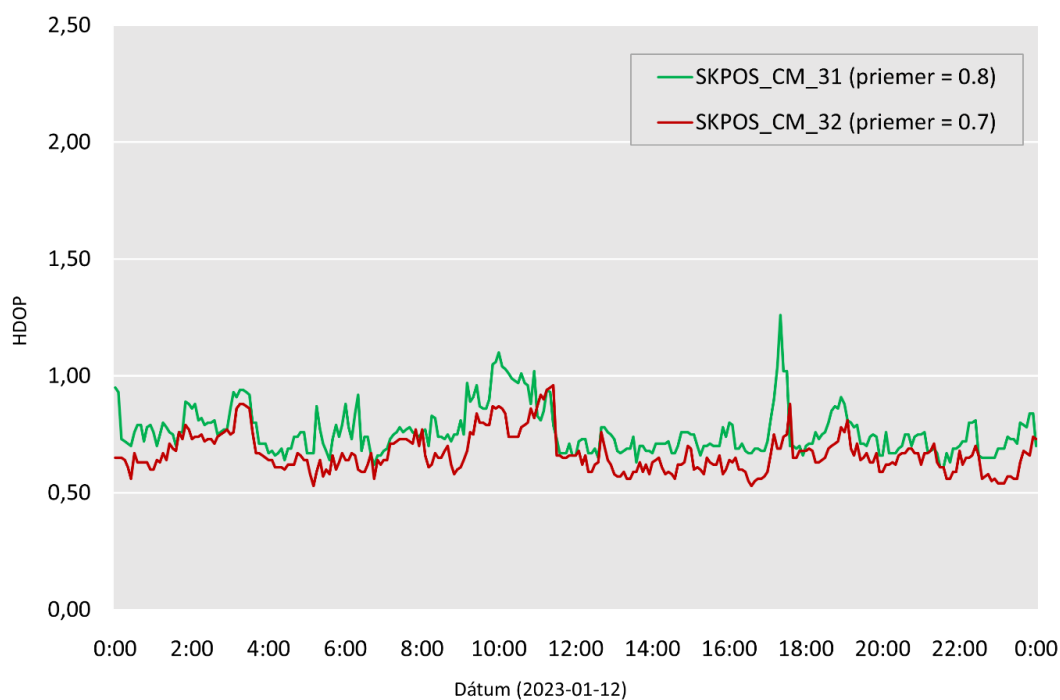
Obr. 10: Porovnanie počtu observovaných družíc medzi jednotlivými mountpointami

Ďalším faktorom ovplyvňujúcim výslednú presnosť určovania polohy je počet družíc a tiež ich geometrické rozloženie nad horizontom. To vyjadruje faktor zníženia presnosti (z angl. Dilution of Precision – DOP). Čím menšie číslo, tým lepšia konštelácia družíc. V priebehu merania boli skúmané tri druhy parametra DOP:

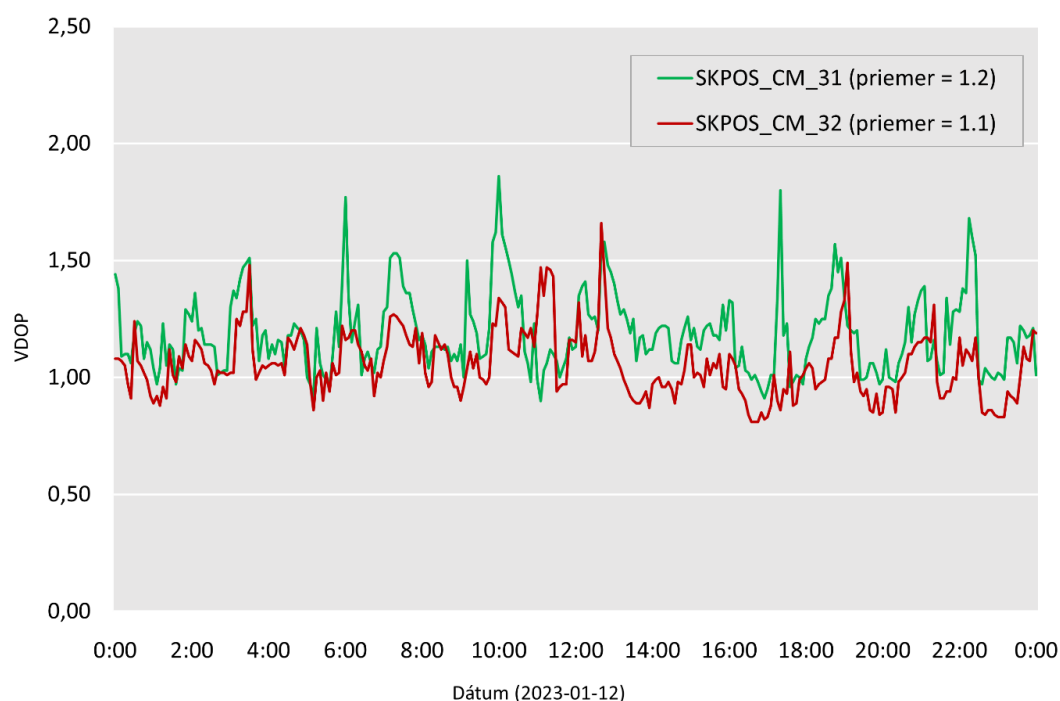
- HDOP = faktor zníženia presnosti horizontálnej polohy

- VDOP = faktor zníženia presnosti určenia výšky
- PDOP = faktor zníženia presnosti priestorovej polohy [6]

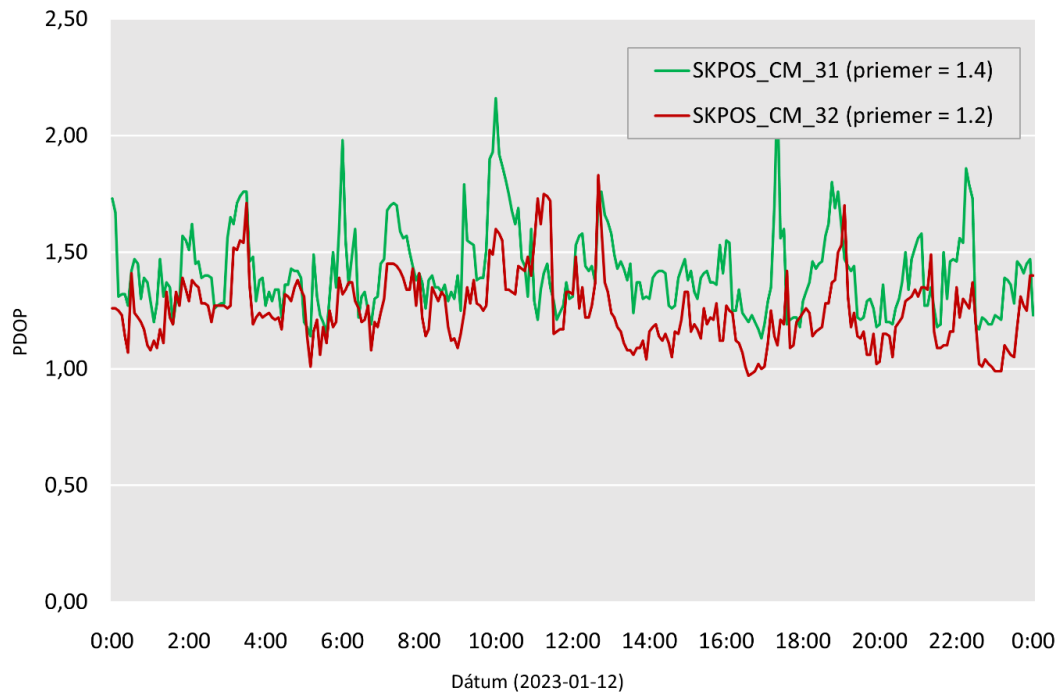
Keďže pri meraní bol zákryt vyššou vegetáciou, tak či už pri využití iba družíc GPS a GLONASS, alebo v porovnaní so všetkými družicovými systémami, priemerné hodnoty parametra HDOP, VDOP a PDOP boli prakticky nezmenené, resp. o 0,1-0,2 boli dosiahnuté lepšie hodnoty na mountpointe SKPOS_CM_32 (Obr. 11-13).



Obr. 11: Porovnanie hodnôt parametrov HDOP medzi jednotlivými mountpointami



Obr. 12: Porovnanie hodnôt parametrov VDOP medzi jednotlivými mountpointami



Obr. 13: Porovnanie hodnôt parametrov PDOP medzi jednotlivými mountpointami

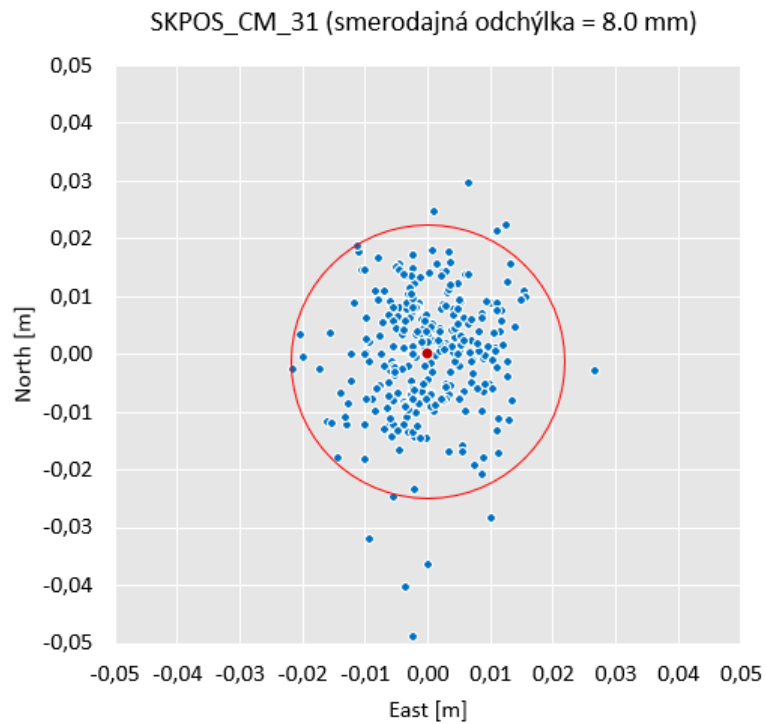
Posledným skúmaným kvalitatívnym parametrom boli odchýlky súradníc voči ich priemernej hodnote z 24-hodinového merania. Najprv bolo 288 súradníc pre každé stanovisko pretransformovaných pomocou RTS do geocentrických karteziánskych súradníc XYZ v systéme ETRS89. Boli vypočítané aritmetické priemery oboch stanovísk, od ktorých odčítaním meraných súradníc vznikli súradnicové rozdiely dX , dY a dZ , ktoré boli pomocou vzťahu (1) prepočítané do lokálneho topocentrického systému NEU. Následne boli vypočítané smerodajné odchýlky pre polohu σ_P a výšku σ_U pomocou vzťahu (3):

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n N_i^2}{n-1}}, \sigma_E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n E_i^2}{n-1}}, \sigma_P = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_E^2}, \sigma_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_i^2}{n-1}} \quad (3)$$

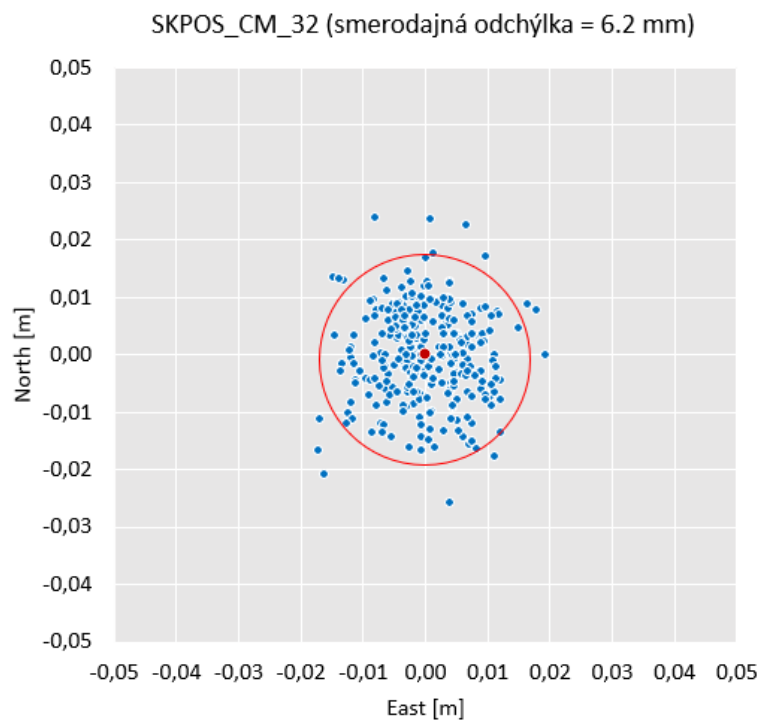
Bol vykonaný test odľahlých hodnôt pre prípadné vylúčenie niektorých meraní (viď. Príloha E – 1.2.3). Test bol vykonaný na zvolenej hladine významnosti $\alpha = 1\%$, takže súčiniteľ konfidencie bol $t=3$ a pre výpočet medznej odchýlky bol použitý vzťah (4):

$$\delta = \sigma * t \quad (4)$$

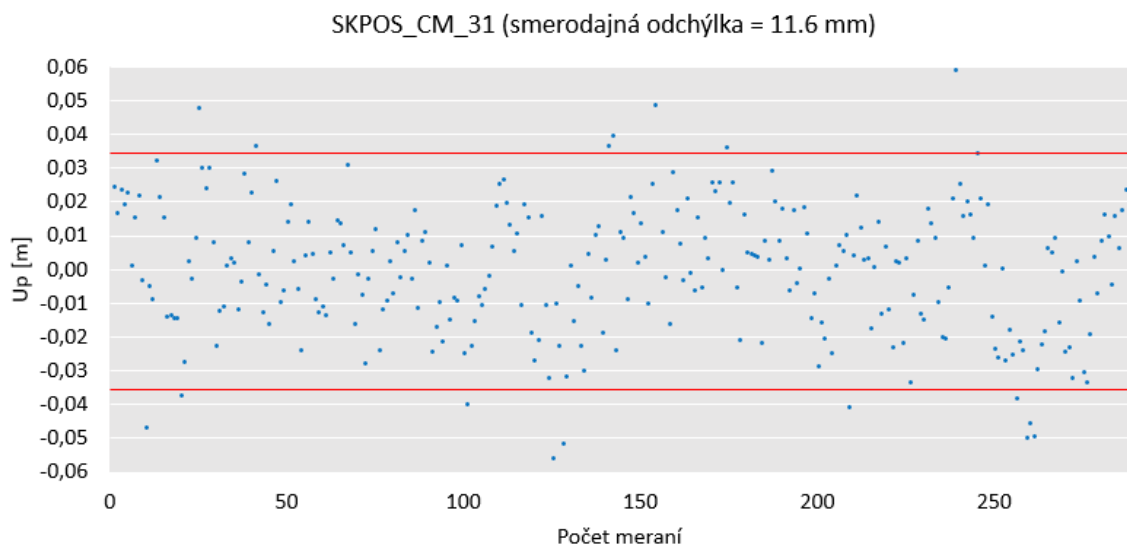
Medzné odchýlky na Obr. 14-17 sú vyznačené červenou farbou v tvare kružníc, resp. úsečiek. Pri použití všetkých družicových systémov je možné vidieť menší rozptyl hodnôt, a takisto bola dosiahnutá lepšia smerodajná odchýlka o 1,8 mm v polohe a o 1,5 mm vo výške. Testovacím meraním bolo po vylúčení odľahlých hodnôt dokázané splnenie maximálnej horizontálnej odchýlky 0,02 m a maximálnej vertikálnej odchýlky 0,04 m, ktorú podľa smernice [5] SKPOS garantuje pri meraní kinematickými metódami.



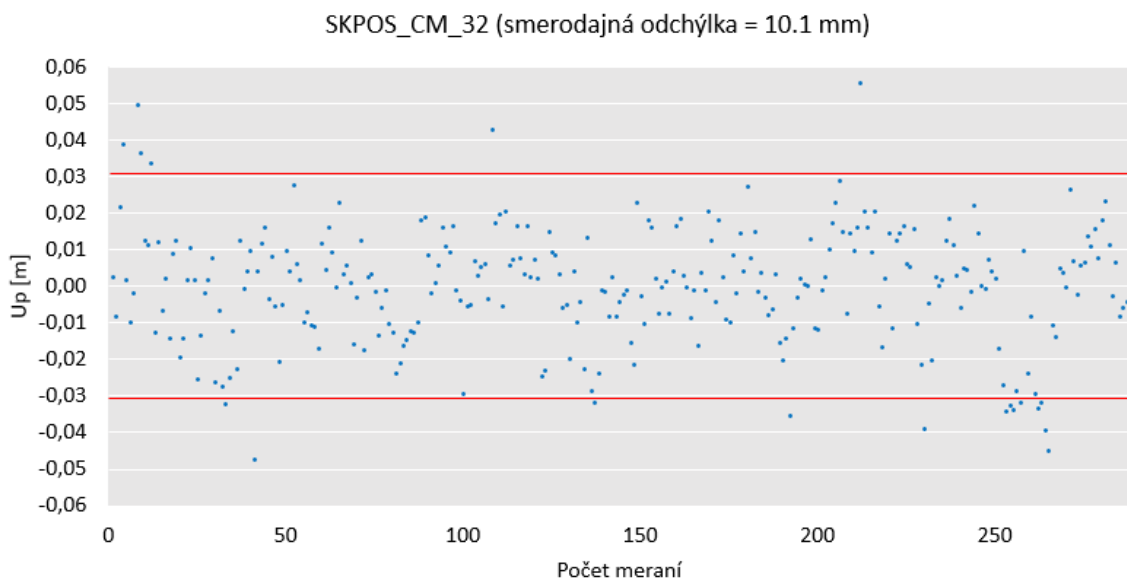
Obr. 14: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_31



Obr. 15: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32



Obr. 16: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_31



Obr. 17: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32

Posledným krokom bolo zameranie sa na hľadanie možných súvislostí medzi odľahlými hodnotami dvoma spôsobmi, vid'. Príloha E – 1.2.4. Prvý spôsob skúmal, či odľahlá hodnota v konkrétnom čase v horizontálnej zložke pri mountpointe SKPOS_CM_31 bola taktiež odľahlou pri mountpointe SKPOS_CM_32. Rovnakým spôsobom bola skúmaná aj vertikálna zložka. Pri druhom spôsobe to bolo naopak a predmetom skúmania boli mountpointy, či došlo k odľahlej hodnote v rovnakom čase v horizontálnom aj vertikálnom smere. Prvým spôsobom nebola zistená zhodnosť v čase v horizontálnej zložke a pri vertikálnej zložke sa jednalo o jednu hodnotu. Pri druhom spôsobe boli pri mountpointe SKPOS_CM_31 tri hodnoty odľahlé naraz v oboch smeroch a pri mountpointe SKPOS_CM_32 to boli dve hodnoty. Následne pri týchto hodnotách bolo skúmané, či bolo v danom momente dosiahnutých viac družíc a lepšia hodnota PDOP oproti priemernej hodnote z daného dňa. Nakoľko výsledky nepotvrdili

jednoznačnú súvislosť medzi horizontálnymi a vertikálnymi odchýlkami, počtom družíc a parametrom PDOP, môžeme konštatovať, že odľahlé hodnoty majú náhodný charakter.

3.2.2 Test mountpointu SKPOS_CM_32 vs. NRS

Meranie, spracovanie a vyhodnotenie tohto testu prebiehalo identicky ako pri predchádzajúcom teste, avšak kvalitatívne parametre boli porovnávané medzi mountpointom SKPOS_CM_32 a konceptom NRS. 24-hodinový test bol spustený dňa 25.1.2023 na obed a bol meraný najnovšími rovermi Trimble R12 (v.č. 6236F00927 a 6236F00932) umiestnenými na dvoch statívoch vedľa seba, vid'. Obr. 18.



Obr. 18: Testovacie meranie 32 vs. NRS v sťažených podmienkach, k.ú. Trnávka

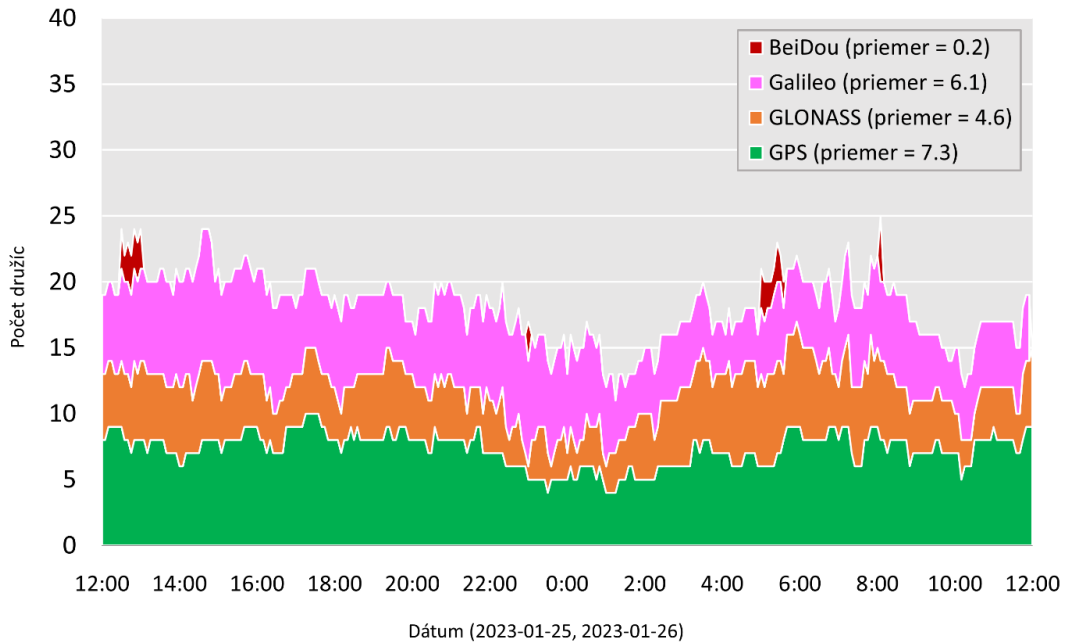
Na obidvoch prijímačoch boli prijímané korekcie vo formáte RTCM 3.2 MSM5 pre systémy GPS, GLO, GAL a BDS. Bol zvolený minútový interval záznamu a elevačná maska 10°. Od testu sa očakával prínos konceptu najbližšia referenčná stanica v sťažených podmienkach merania.

Opäť boli všetky namerané dáta uložené do prijímača, následne presunuté do kontrolera a spolu s rozšíreným protokolom merania GPS doplneným o údaje o fixovaných družiciach (vid'. Príloha C.2 a Príloha E – 1.3.2) a zákazkou exportované na USB kľúč a do počítača.

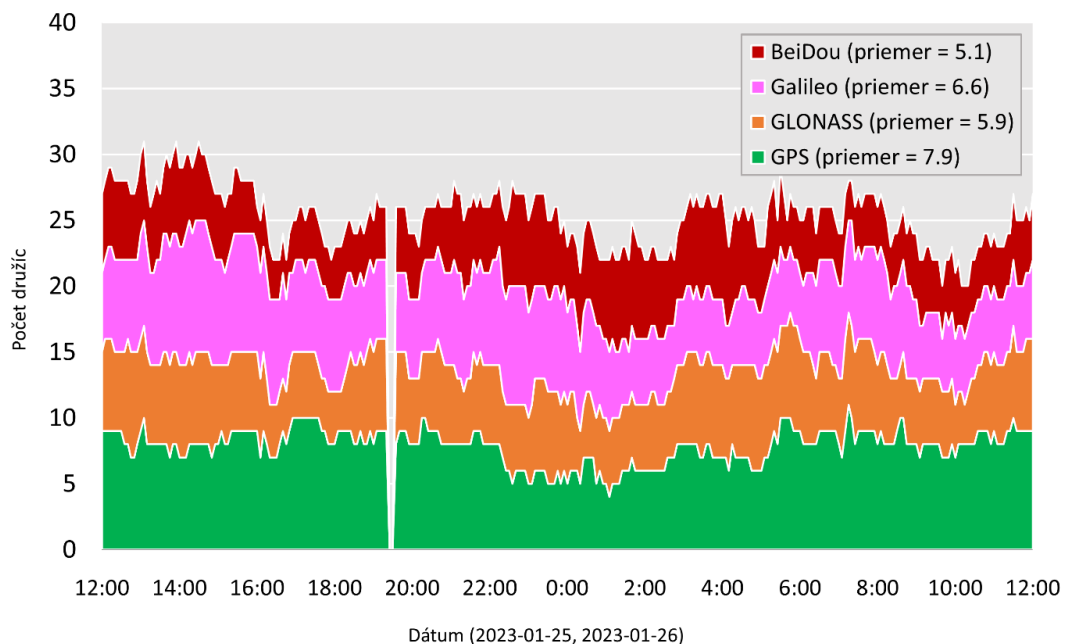
Taktiež bol výsledný minútový záznam manuálne upravený na 5-minútový záznam a obsahoval celkovo 286 observácií z daného dňa (vid'. Príloha B.3 a Príloha E – 1.3.1). Počas merania v koncepte NRS došlo dňa 25.1.2023 v čase 19:20-19:35 k 15-minútovému výpadku z dôvodu straty internetového signálu, a teda z tohto časového úseku nie sú dostupné dáta. Výpočtová časť bola spracovaná v programe Microsoft Excel.

Na Obr. 19 a 20 sú zobrazené informácie o počte observovaných družíc počas 24 hodín. Použitím konceptu NS je možné vidieť mierny nárast počtu družíc systémov GPS, GLONASS a Galileo, a zároveň značný nárast družíc systému BeiDou. Táto skutočnosť mohla byť spôsobená viacerými dôvodmi. Jedným z nich je, že pri mountpointe SKPOS_CM_32, RTXNet Processor riadiaceho softvéru SKPOS vnútorným algoritmom obmedzuje družice BeiDou. Ďalším dôvodom je, že pri koncepte

VRS výsledný počet fixovaných družíc pozostáva iba z tých družíc, ktoré sú simultánne viditeľné všetkými referenčnými stanicami, z ktorých je generovaná VRS. Naopak pri koncepte NRS sú do riešenia započítané všetky simultánne viditeľné družice najbližšej referenčnej stanice, čo sa prejavilo na náraste počtu družíc BeiDou.

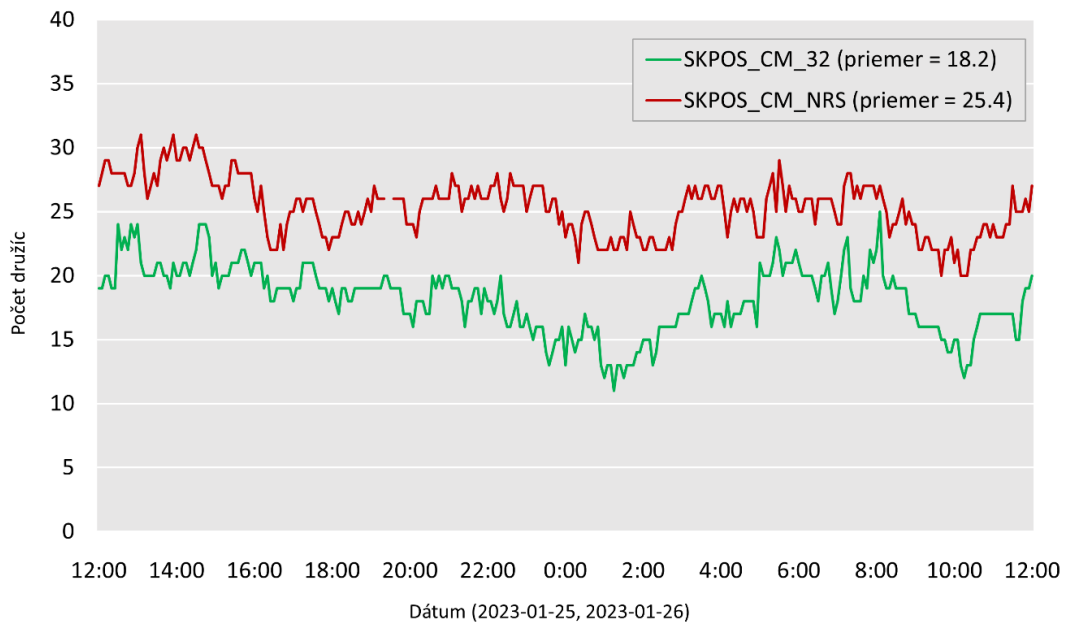


Obr. 19: Priemerný počet družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_32



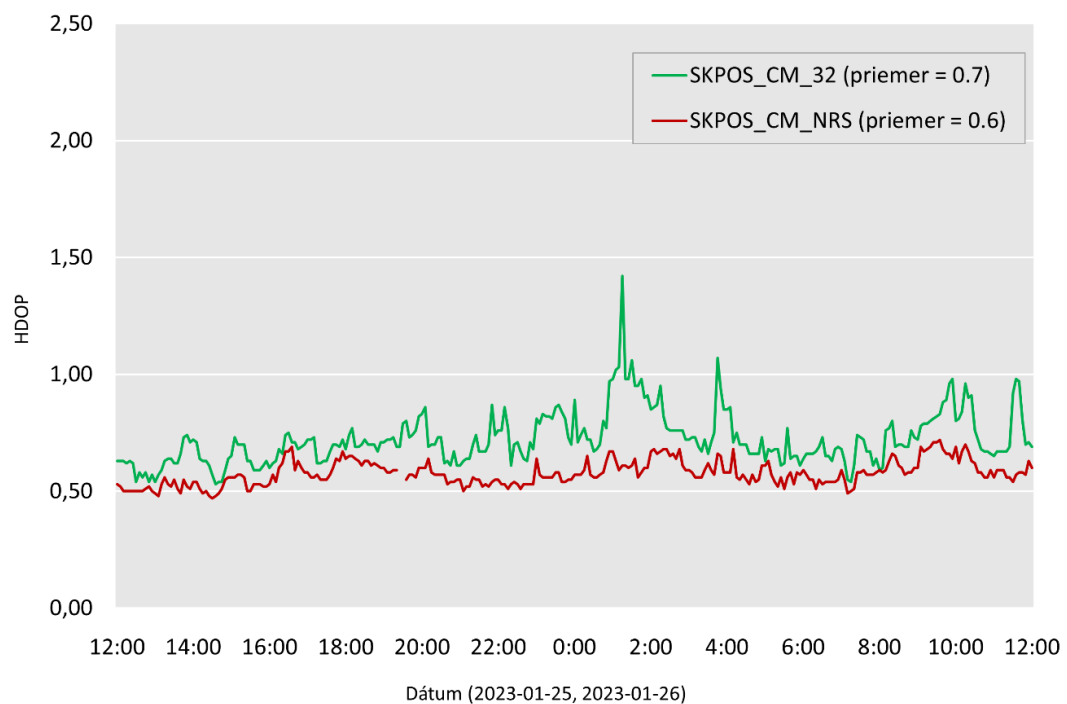
Obr. 20: Priemerný počet družíc pri použití konceptu NRS

Z Obr. 21 po sčítaní počtu družíc je zrejmé, že pri použití konceptu NRS bolo dosiahnutých priemerne o 7 družíc viac, čím sa potvrdil očakávaní prínos tohto konceptu vo väčšom počte družíc.

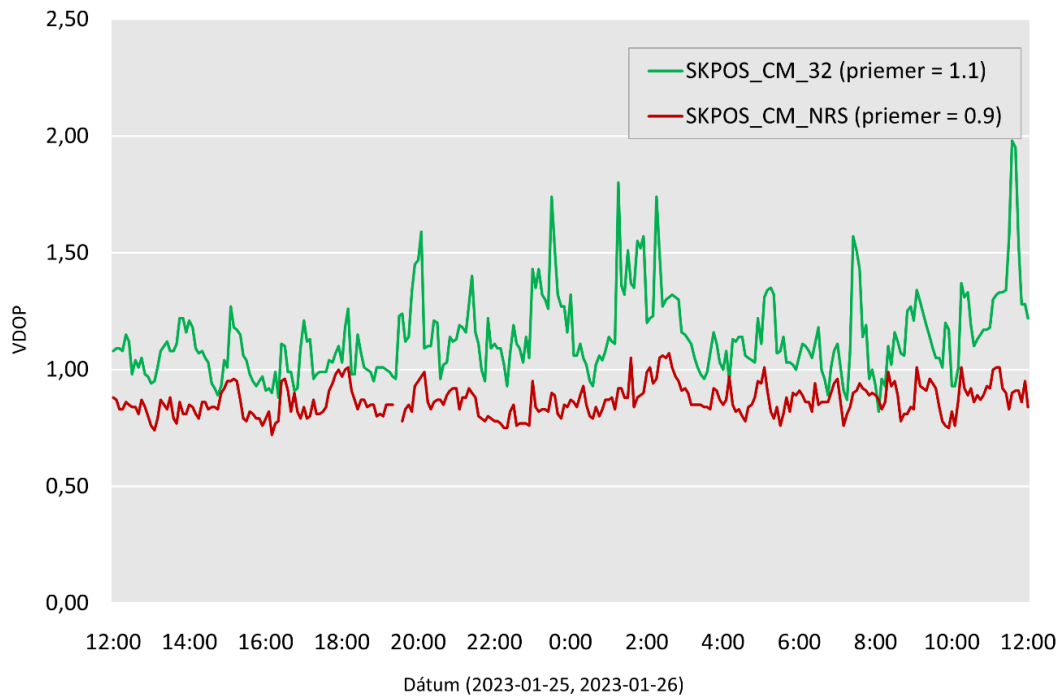


Obr. 21: Porovnanie počtu observovaných družíc medzi jednotlivými mountpointami

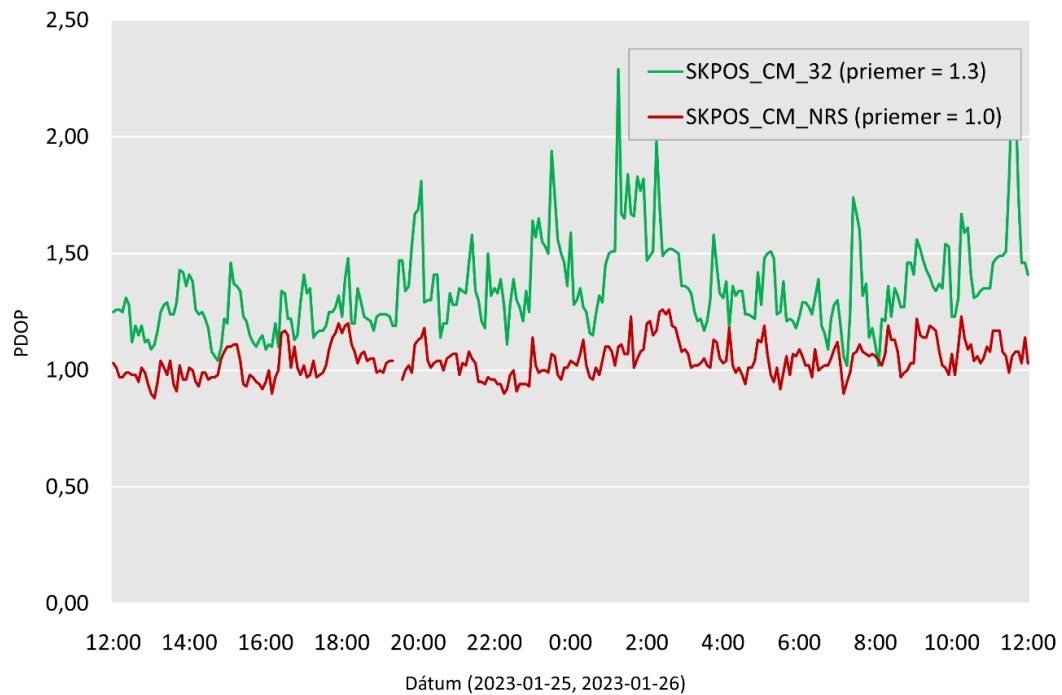
Z Obr. 22-24 je vidieť, že v sťažených podmienok sú konceptom NRS dosiahnuté hodnoty približne o 0,1-0,3 hodnoty DOP lepšie a priebeh je plynulejší, bez výrazných skokov, čo je zapríčinené tým, že riadiaci softvér si starostlivejšie vyberá družice, ktoré použije.



Obr. 22: Porovnanie hodnôt parametrov HDOP medzi jednotlivými mountpointami



Obr. 23: Porovnanie hodnôt parametrov VDOP medzi jednotlivými mountpointami

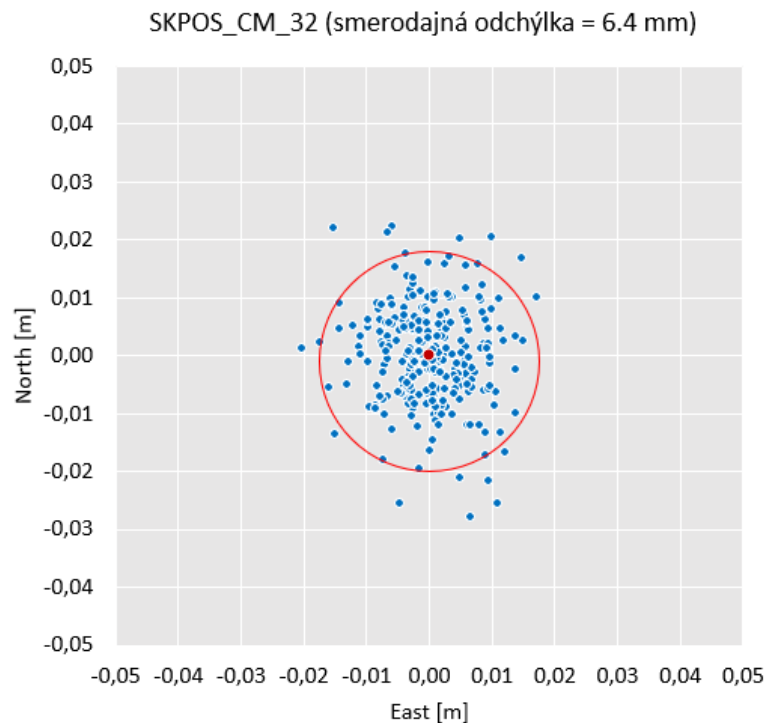


Obr. 24: Porovnanie hodnôt parametrov PDOP medzi jednotlivými mountpointami

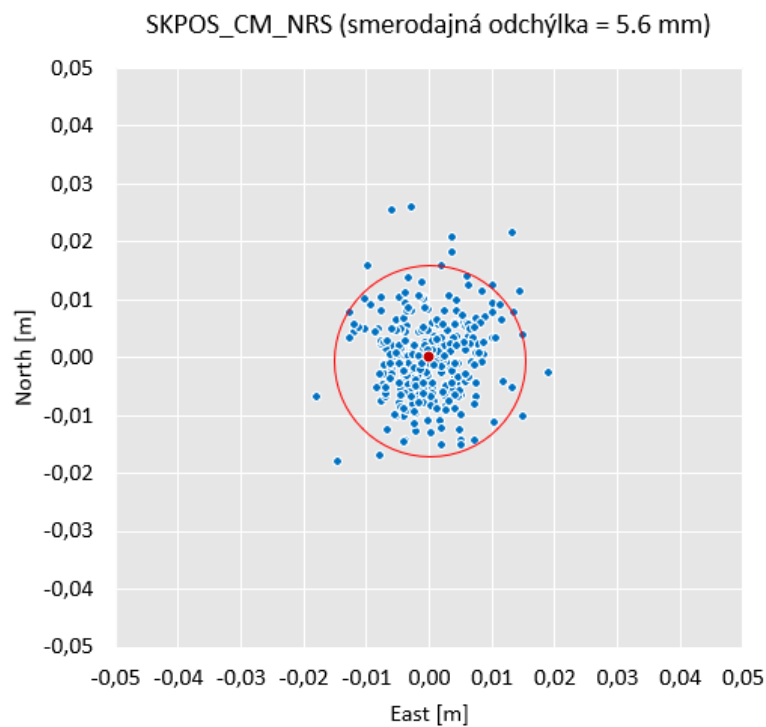
Posledným skúmaným kvalitatívnym parametrom boli odchýlky súradníc voči ich priemernej hodnote z 24-hodinového merania. Po transformovaní súradníc, vypočítaní aritmetických priemerov, súradnicových rozdielov a vypočítaní smerodajných odchýlok pomocou vzťahu (3) bol vykonaný test odľahlých hodnôt (viď. Príloha E – 1.3.3).

Medzné odchýlky vypočítané pomocou vzťahu (4) sú na Obr. 25-28 zaznačené červenou farbou v tvare kružníc, resp. úsečiek. Pri použití konceptu NS je možné vidieť menší rozptyl hodnôt, a takisto bola dosiahnutá lepšia smerodajná odchýlka o 0,8 mm

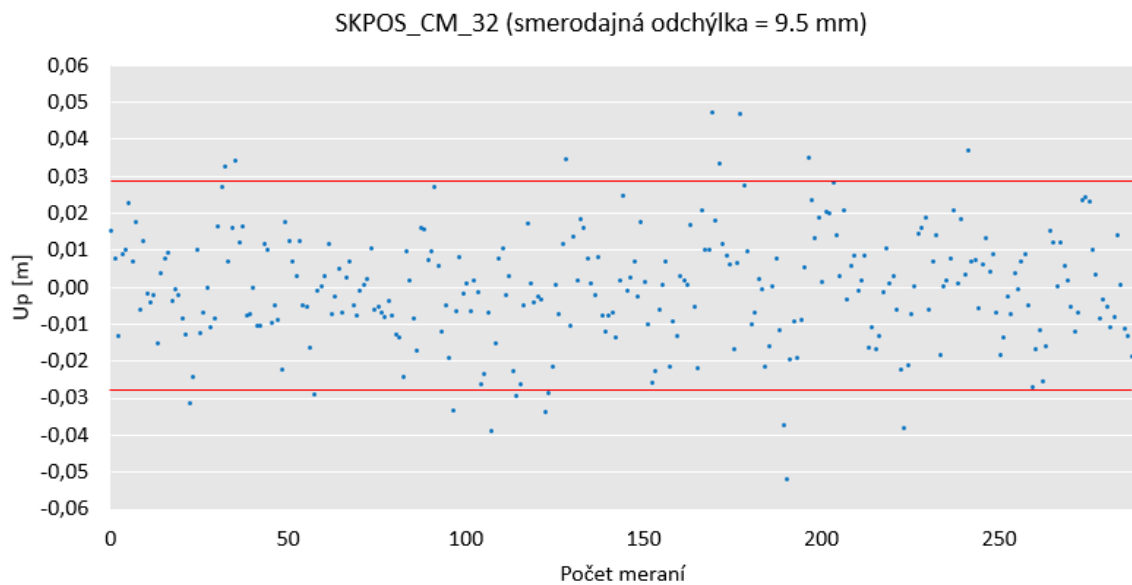
v polohe a o 1,1 mm vo výške. Testovacím meraním bolo po vylúčení odľahlých hodnôt dokázané splnenie maximálnej horizontálnej odchýlky 0,02 m a maximálnej vertikálnej odchýlky 0,04 m, ktorú podľa smernice [5] SKPOS garantuje pri meraní kinematickými metódami.



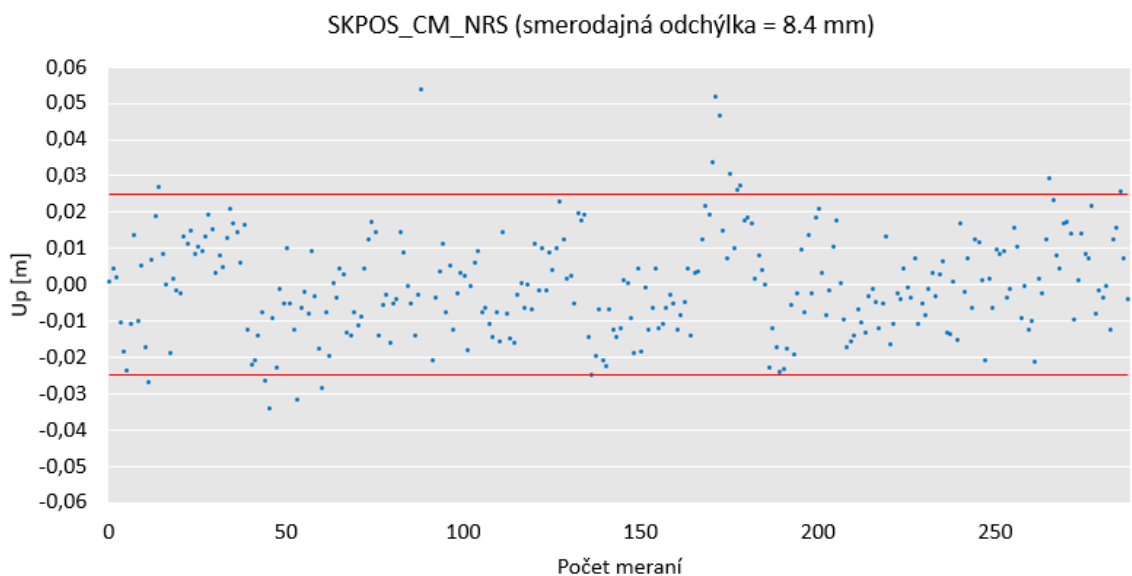
Obr. 25: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32



Obr. 26: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri koncepte NRS



Obr. 27: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32



Obr. 28: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri koncepte NRS

Posledným krokom bolo zameranie sa na hľadanie možných súvislostí medzi odľahlými hodnotami dvoma spôsobmi, vid'. Príloha E – 1.3.4. Prvý spôsob skúmal, či odľahlá hodnota v konkrétnom čase v horizontálnej zložke pri mountpointe SKPOS_CM_32 bola taktiež odľahlou pri koncepte NRS, a týmto spôsobom bola skúmaná aj vertikálna zložka. Pri druhom spôsobe to bolo naopak a predmetom skúmania boli mountpoint a nový koncept, či došlo k odľahlej hodnote v rovnakom čase v horizontálnom aj vertikálnom smere. Prvým spôsobom bola zistená zhodnosť v jednom čase v horizontálnej zložke a pri vertikálnej zložke sa jednalo o dve hodnoty. Pri druhom spôsobe bola pri mountpointe SKPOS_CM_32 jedna hodnota odľahlá naraz v oboch smeroch a pri koncepte NRS to boli dve hodnoty. Následne pri týchto hodnotách bolo skúmané, či bolo v danom momente dosiahnutých viac družíc a lepšia hodnota PDOP oproti priemernej hodnote z daného dňa.

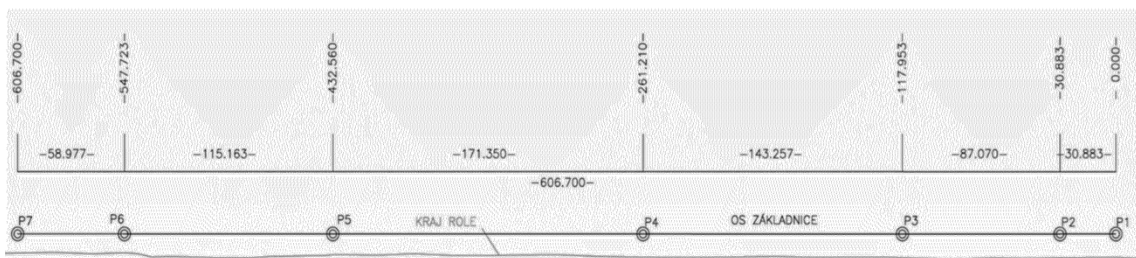
Nakoľko výsledky nepotvrdili jednoznačnú súvislosť medzi horizontálnymi a vertikálnymi odchýlkami, počtom družíc a parametrom PDOP, môžeme konštatovať, že tak, ako pri predchádzajúcom teste, aj pri tomto teste majú odľahlé hodnoty náhodný charakter.

4 Testovanie služby SKPOS_mm

Nasledujúce testovacie meranie bolo zamerané na milimetrovú službu SKPOS_mm. Uskutočnilo sa na novej geodetickej kalibračnej základnici Viničné, okres Pezinok, slúžiacu pre overovanie presnosti elektronických diaľkometerov v teréne. Vybudovanie siedmich pilierov (Obr. 29 a 30) s pracovným označením P1 až P7 (majú aj pridelené čísla bodov v rámci ŠNS a čísla pilierov v rámci ŠPS) bolo dokončené v decembri roku 2020. Pilieri sú hĺbkovo stabilizované, okolo ktorých je betónový základ s klincovou nivelačnou značkou (Obr. 29 vpravo) [7].



Obr. 29: Lokalizácia bodov základnice Viničné (vľavo) a ukážka jedného z pilierov (vpravo)



Obr. 30: Schéma pilierov základnice Viničné [8]

Na polohový monitoring pilierov základnice bola vykonaná 72-hodinová kampaň GNSS [8], ktorá bola spustená dňa 20.9.2022 na obed a ukončená dňa 23.9.2022 na obed. Bola meraná starším roverom R8S (v.č. 5529R00303), rovermi Trimble R10 model 2 (v.č. 5842F00343, 5842F00355, 5842F00537, 5842F00540, 5850F00571) a najnovším roverom Trimble R12 (v.č. 6221F00097) umiestnenými na pilieroch s nútenou centráciou. Počas merania bola zvolená elevačná maska 10° a interval záznamu súradníc 30 sekúnd, čo je doporučený interval pre observácie dlhšie ako 6 hodín vykonané statickou metódou s využitím SKPOS podľa smernice SKPOS [5].

Všetky namerané dáta vo formáte T02/T04 boli pomocou softvéru ConvertToRINEX prevedené do štandardného formátu RINEX verzia 3.04. Výsledkom konverzie boli súbory obsahujúce navigačné správy všetkých družicových systémov (GPS, GLO, GAL, BDS) a observačné dáta. V ďalšom priebehu spracovania bolo použitých 28 observačných súborov (štyri denné/poldenné RINEX súbory pre sedem pilierov).

Zápisníky merania rovermi sú súčasťou Prílohy A.2 a Prílohy E – 2.3.

Spracovanie súradníc bodov realizoval kolega z Oddelenia SKPOS vo vedeckom softvéri Bernese GNSS Software Version 5.2 v epoche 2008.5, a tieto súradnice s ich smerodajnými odchýlkami uvedené v Tab. 4 boli v nasledujúcom spracovaní považované ako referenčné.

Tab. 4: Referenčné súradnice bodov a ich smerodajné odchýlky z Bernese 5.2 v ETRS89, realizácia ETRF2000, epocha 2008.5

Bod	X [m]	Y [m]	Z [m]	σ_X [m]	σ_Y [m]	σ_Z [m]
P1	4062293.3791	1265725.1411	4735785.3887	0.0005	0.0002	0.0005
P2	4062280.7299	1265702.5040	4735802.1687	0.0005	0.0002	0.0005
P3	4062245.0753	1265638.6958	4735849.4783	0.0005	0.0002	0.0005
P4	4062186.4154	1265533.7024	4735927.3274	0.0005	0.0002	0.0005
P5	4062116.2560	1265408.1223	4736020.4430	0.0005	0.0002	0.0005
P6	4062069.1004	1265323.7156	4736083.0360	0.0005	0.0002	0.0005
P7	4062044.9469	1265280.4940	4736115.0764	0.0005	0.0002	0.0005

4.1 Spracovanie v SKPOS Online Postprocessing

SKPOS Online Postprocessing umožňuje spracovať statické merania bez nutnosti externého softvéru. Prístup pre registrovaných používateľov je cez webový prehliadač po prihlásení sa do portálu SKPOS. Vstupnými údajmi pre nové výpočty boli RINEX súbory z merania na jednotlivých pilieroch, samostatne pre každý deň, a to z toho dôvodu, že služba SKPOS Online Postprocessing umožňuje spracovanie najviac 24-hodinových observácií. Výpočet prebieha plne automatizovane a bez možnosti úpravy nastavení, s výnimkou úpravy výšky antény. Výpočet pozostáva zo spracovania kombinácie individuálnych základníc medzi určeným bodom a šiestimi najbližšími referenčnými stanicami SKPOS. V prípade neúspešného spracovania niektorej zo základníc je výsledný výpočet vykonaný s nižším počtom základníc. Výsledné súradnice sú v záväznom geodetickom referenčnom systéme ETRS89 (ETRF2000, epocha 2008.5). Výstupom boli reporty vo formáte PDF (viď. Príloha D.1 a Príloha E – 2.1.1) [1].

Do programu Microsoft Excel boli z reportov prepísané výsledné súradnice (pre každý deň a každý pilier) v tvare geocentrických karteziánskych súradníc XYZ. Boli

vypočítané aritmetické priemery pre každý pilier, od ktorých odčítaním referenčných súradníc vznikli súradnicové rozdiely dX, dY a dZ, ktoré boli pomocou vzťahu (1) prepočítané do lokálneho topocentrického systému NEU. Smerodajné odchýlky z reportov boli taktiež prepísané do programu Microsoft Excel a na ich prepočítanie do systému NEU bol použitý program Matlab a vzťah (5) podľa [6]:

$$R = \begin{bmatrix} -\sin\varphi \cos\lambda & -\sin\varphi \sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi \cos\lambda & \cos\varphi \sin\lambda & \sin\varphi \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_{NEU} = R \cdot \Sigma_{XYZ} \cdot R^T \quad (5)$$

Výpočty súradnicových rozdielov a hodnoty prepočítaných smerodajných odchýlok pre jednotlivé piliere sú súčasťou Prílohy E – 2.1.2.

Tab. 6 obsahuje porovnanie referenčných súradníc jednotlivých pilierov voči aritmetickým priemerom vypočítaným z riešení v službe SKPOS Online Postprocessing (Tab. 5). Presnosť statického merania je závislá od dĺžky základnice, dĺžky observácie, geometrickej konfigurácie družíc a počtu simultánne meraných družíc. Presnosť vypočítaných súradníc jednotlivých pilierov pomocou služby SKPOS Online Postprocessing dosahovala v priemere hodnoty $\sigma_X = 8$ mm, $\sigma_Y = 3$ mm a $\sigma_Z = 9$ mm a v softvéri Bernese 5.2 $\sigma_X = 0.5$ mm, $\sigma_Y = 0.2$ mm a $\sigma_Z = 0.5$ mm. Rozdiely vo výškovej zložke dU sú v rozmedzí -4 cm až +3 cm a majú náhodný charakter. Väčšie odchýlky súradníc môžu byť spôsobené rozdielnym spôsobom spracovania, v porovnaní so sofistikovaným vedeckým softvérom Bernese 5.2. Bližšie skúmanie tejto skutočnosti nebolo predmetom práce.

Tab. 5: Priemerné súradnice bodov a ich smerodajné odchýlky zo služby SKPOS Online Postprocessing v ETRS89, realizácia ETRF2000, epocha 2008.5

Bod	X [m]	Y [m]	Z [m]	σ_X [m]	σ_Y [m]	σ_Z [m]
P1	4062293.371	1265725.135	4735785.404	0.008	0.003	0.009
P2	4062280.721	1265702.512	4735802.161	0.008	0.003	0.009
P3	4062245.093	1265638.707	4735849.502	0.008	0.003	0.009
P4	4062186.428	1265533.715	4735927.344	0.008	0.003	0.009
P5	4062116.267	1265408.134	4736020.455	0.008	0.003	0.009
P6	4062069.078	1265323.713	4736083.013	0.008	0.003	0.009
P7	4062044.966	1265280.506	4736115.114	0.008	0.003	0.009

Tab. 6: Porovnanie referenčných súradníc so súradnicami zo služby SKPOS Online Postprocessing

Bod	Rozdiely		
	dN	dE	dU
P1	- 18 mm	3 mm	- 5 mm
P2	1 mm	- 10 mm	9 mm
P3	- 1 mm	- 6 mm	- 31 mm
P4	0 mm	- 8 mm	- 23 mm
P5	3 mm	- 8 mm	- 18 mm
P6	- 1 mm	- 4 mm	33 mm
P7	- 9 mm	- 5 mm	- 42 mm

4.2 Spracovanie v Trimble Business Center

Program Trimble Business Center (TBC) je komerčný softvér, ktorý je okrem iných funkcií používaný aj na spracovanie statických meraní. V rámci spracovania v programe TBC bolo vykonané porovnanie výsledkov riešení s fixovaním na dve VRS v rôznych vzdialenostiach od určovaných bodov (100 m, 1 km, 5 km, 10 km a 20 km) vs. s fixovaním priamo na dve, resp. tri najbližšie okolité stanice SKPOS (GKU4, MOP2, resp. GKU4, JABO, MOP2).

Postup spracovania v programe TBC pre každé zo siedmich riešení zvlášť bol nasledovný:

1. Založenie projektu s nastavenými jednotkami „metric“.
2. Import nameraných dát vo formáte T02/T04, zapísanie dátumu a času merania na každom pilieri a nastavenie výšky antény podľa hodnôt v zápisníkoch.
3. 3.1 V prípade riešenia s VRS výber dvoch bodov v rôznych vzdialenostiach od určovaných bodov a vloženie ich súradníc v elipsoidickom tvare $\phi\lambda h$. Cez SKPOS Online Obchod generovanie údajov pre vybrané VRS a následne ich import do programu TBC.
3.2 V prípade druhého typu riešenia výber dvoch, resp. troch najbližších referenčných staníc SKPOS k určovaným bodom a vloženie ich elipsoidických súradníc $\phi\lambda h$ z [1]. Opäť cez SKPOS Online Obchod generovanie údajov pre vybrané dve, resp. tri referenčné stanice a následne ich import do programu TBC.
4. Spracovanie základníc, čím sa vyriešia ambiguity medzi referenčným a určovaným bodom.

5. Vyrovnávanie siete a uloženie reportu (viď. Príloha D.2 a Príloha E – 2.2.1).
6. Nakoniec export elipsoidických súradníc $\phi\lambda h$ všetkých pilierov.

Do programu Microsoft Excel boli vložené vypočítané súradnice každého piliera pretransformované na karteziánske súradnice XYZ cez RTS. Z hodnôt boli vypočítané dva aritmetické priemery pre každý pilier, jeden samostatne z výpočtov s VRS a druhý s referenčnými stanicami. Následne boli vypočítané súradnicové rozdiely v lokálnom topocentrickom systéme NEU podľa vzťahu (1) a prepísané k nim prislúchajúce smerodajné odchýlky z reportov pretransformované podľa vzťahu (5).

Výpočty súradnicových rozdielov a hodnoty prepočítaných smerodajných odchýlok pre jednotlivé piliere a riešenia sú súčasťou Prílohy E – 2.2.2.

Tab. 8 obsahuje porovnanie referenčných súradníc jednotlivých pilierov voči aritmetickým priemerom vypočítaným z riešení VRS a riešení s referenčnými stanicami v programe TBC (Tab. 7). Presnosť vypočítaných súradníc jednotlivých pilierov pomocou programu TBC dosahovala pri riešení s VRS v priemere hodnoty $\sigma_X = 3.2$ mm, $\sigma_Y = 1.3$ mm a $\sigma_Z = 3.5$ mm a pri riešení s referenčnými stanicami v priemere hodnoty $\sigma_X = 4.1$ mm, $\sigma_Y = 1.8$ mm a $\sigma_Z = 4.5$ mm. Presnosť vypočítaných súradníc v softvéri Bernese 5.2 opäť dosiahla priemerné hodnoty $\sigma_X = 0.5$ mm, $\sigma_Y = 0.2$ mm a $\sigma_Z = 0.5$ mm. Je zrejmé, že pri použití VRS boli dosiahnuté o niečo presnejšie výsledky. Vyhodnotenie preukázalo, že smerodajné odchýlky pri riešení s referenčnými stanicami majú podobnú hodnotu ako smerodajné odchýlky z riešení VRS vo vzdialenostiach 5-10 km.

Tab. 7: Priemerné súradnice bodov a ich smerodajné odchýlky z programu TBC v ETRS89, realizácia ETRF2000, epocha 2008.5

Bod	Typ riešenia	X [m]	Y [m]	Z [m]	σ_X [m]	σ_Y [m]	σ_Z [m]
P1	VRS 100m-20km	4062293.376	1265725.142	4735785.384	0.0032	0.0013	0.0035
	2-3 ref. stanice	4062293.381	1265725.145	4735785.396	0.0042	0.0018	0.0046
P2	VRS 100m-20km	4062280.727	1265702.505	4735802.165	0.0032	0.0013	0.0035
	2-3 ref. stanice	4062280.732	1265702.507	4735802.176	0.0042	0.0018	0.0045
P3	VRS 100m-20km	4062245.073	1265638.697	4735849.475	0.0031	0.0013	0.0034
	2-3 ref. stanice	4062245.079	1265638.700	4735849.487	0.0042	0.0018	0.0045
P4	VRS 100m-20km	4062186.413	1265533.703	4735927.323	0.0031	0.0013	0.0034
	2-3 ref. stanice	4062186.418	1265533.706	4735927.335	0.0041	0.0018	0.0045
P5	VRS 100m-20km	4062116.254	1265408.123	4736020.439	0.0031	0.0013	0.0034
	2-3 ref. stanice	4062116.258	1265408.126	4736020.450	0.0041	0.0018	0.0045
P6	VRS 100m-20km	4062069.098	1265323.716	4736083.032	0.0032	0.0013	0.0035
	2-3 ref. stanice	4062069.103	1265323.719	4736083.043	0.0041	0.0018	0.0045
P7	VRS 100m-20km	4062044.945	1265280.494	4736115.072	0.0031	0.0013	0.0034
	2-3 ref. stanice	4062044.949	1265280.497	4736115.084	0.0041	0.0018	0.0044

Tab. 8: Porovnanie referenčných súradníc so súradnicami z programu TBC

Bod	Typ riešenia	Rozdiely		
		dN	dE	dU
P1	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	3 mm
	2-3 ref. stanice	- 3 mm	- 3 mm	- 7 mm
P2	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	3 mm
	2-3 ref. stanice	- 2 mm	- 2 mm	- 7 mm
P3	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	2 mm
	2-3 ref. stanice	- 3 mm	- 3 mm	- 9 mm
P4	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	3 mm
	2-3 ref. stanice	- 2 mm	- 3 mm	- 8 mm
P5	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	3 mm
	2-3 ref. stanice	- 3 mm	- 2 mm	- 7 mm
P6	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	3 mm
	2-3 ref. stanice	- 2 mm	- 3 mm	- 8 mm
P7	VRS 100m-20km	1 mm	1 mm	3 mm
	2-3 ref. stanice	- 3 mm	- 2 mm	- 8 mm

5 Záver

Cieľom práce bolo otestovať vybrané služby, ktoré poskytuje SKPOS, pomocou GNSS meraní.

Na otestovanie služby poskytujúcej dáta pre spracovanie v reálnom čase SKPOS_cm boli vykonané tri testovacie merania na vybrané mountpointy SKPOS. Test č. 1 vykonaný v šiestich rôznych lokalitách Slovenska preukázal prínos konceptu najbližšia referenčná stanica (NRS), ktorý sa prejavil najmä zvýšením počtu fixovaných družíc v priemere o 4, čo má význam najmä v sťažených podmienkach merania. Nepatrne došlo k zníženiu inicializačného času o 1 sekundu a takisto k zníženiu hodnoty PDOP o 0.1, čo sú de facto zanedbateľné hodnoty. Dôležité je však poznamenať, že boli preukázané porovnateľné výsledky konceptov virtuálnej referenčnej stanice (VRS) a NRS do vzdialenosti 20 km od najbližšej referenčnej stanice. Avšak vo vzdialenosti nad 20 km pri meraní v koncepte NRS došlo k nárastu počtu odľahlých hodnôt. Z výsledkov tak vyplýva, že koncept NRS je vhodné použiť pri vzdialenostiach do 20 km od referenčnej stanice a ideálne v zhoršených podmienkach merania. Test č. 2 vykonaný v areáli technicko-prevádzkového strediska Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (GKÚ), k.ú. Trnávka, preukázal prínos družicových systémov Galileo a BeiDou v sťažených podmienkach. V priemere sa počet družíc zvýšil o viac ako 5 družíc, došlo k zníženiu hodnoty HDOP, VDOP a PDOP o 0.1-0.2 a bola dosiahnutá lepšia smerodajná odchýlka o 1,8 mm v polohe a o 1,5 mm vo výške. Test č. 3 taktiež vykonaný v areáli na Trnávke preukázal prínos konceptu NRS v sťažených podmienkach. V priemere sa počet družíc zvýšil o viac ako 7 družíc, došlo k zníženiu hodnoty HDOP, VDOP a PDOP o 0.1-0.3 a bola dosiahnutá lepšia smerodajná odchýlka o 0,8 mm v polohe a o 1,1 mm vo výške. Posledným krokom pri teste č. 2 a 3 bolo zameranie sa na hľadanie možných súvislostí medzi odľahlými hodnotami, ktoré prekročili stanovené medzné odchýlky v polohe a výške. Nakoľko výsledky v kapitole 3.2 nepotvrdili jednoznačnú súvislosť medzi horizontálnymi a vertikálnymi odchýlkami, počtom družíc a parametrami PDOP, môžeme konštatovať, že odľahlé hodnoty majú náhodný charakter.

Na otestovanie služby poskytujúcej dáta pre dodatočné spracovanie (postprocessing) SKPOS_mm bolo vykonané spracovanie statických meraní na geodetickej kalibračnej základnici Viničné dvoma spôsobmi, a to službou SKPOS Online Postprocessing a komerčným softvérom Trimble Business Center (TBC). Súradnice z obidvoch výpočtov boli porovnávané voči súradniciam spočítaným na GKÚ vo vedeckom softvéri Bernese 5.2, ktoré boli považované ako referenčné. Z výsledkov vyplýva, že súradnice vypočítané v programe TBC vykazujú menšie odchýlky voči referenčným súradniciam ako súradnice vypočítané cez službu SKPOS Online Postprocessing, čo platí aj pre ich smerodajné odchýlky. Nakoľko výpočet pomocou služby SKPOS Online Postprocessing prebieha plne automatizovane, bez možnosti úpravy nastavení a výberu referenčných staníc, a zároveň služba nevyužíva presné efemeridy družíc, môžeme konštatovať, že výsledky z SKPOS Online Postprocessing dosahujú väčšie rozdiely voči referenčným súradniciam ako výsledky z TBC.

Na základe výsledkov z testovania centimetrovej služby SKPOS_cm sa GKÚ rozhodlo, že nový koncept najbližšia referenčná stanica bude v blízkej dobe implementovaný do služieb SKPOS.

Zoznam použitých zdrojov

- [1] *Slovenská priestorová observačná služba* [online]. Geodetický a kartografický ústav Bratislava, 2023 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://skpos.gku.sk/o-skpos.php>
- [2] *Terminologický slovník* [online]. Bratislava: Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, 2020. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.skgeodesy.sk/sk/terminologicky-slovník/>
- [3] SMOLÍK, Karol, Martin FERIANC a Simona BUTKOVSKÁ. Test RTK merania na najbližšiu referenčnú stanicu v službe SKPOS. In: *Seminár s mezinárodnou účasťou, Družicové metódy v geodézii a katastru, Sborník príspevků*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, 2023. s. 40-45. ISBN 978-80-86433-81-3
- [4] DROŠČÁK, Branislav. *Technická správa: Štátna priestorová sieť – výpočet súradníc a charakteristík presností bodov Štátnej priestorovej siete v systéme ETRS89 a referenčnom rámci ETRF2000*. Bratislava: Geodetický a kartografický ústav Bratislava, 2011.
- [5] *Smernica na vykonávanie geodetických meraní prostredníctvom Slovenskej priestorovej observačnej služby*. Bratislava: Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, 2016. ISBN 978-80-89831-03-6.
- [6] HEFTY, Ján, Ladislav HUSÁR. *Družicová geodézia – Globálny polohový systém*. Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2008. ISBN 978-80-227-2807-2
- [7] ORAVEC, Lukáš. *Projekt výškovej kontroly pilierov geodetickej kalibračnej základnice Viničné*. Martin: Geodetický a kartografický ústav Bratislava, 2021.
- [8] KORČÁK, Peter. Kalibrácia geodetických prístrojov. In: *Kalibračné združenie SR, 55. zhromaždenie spojené s konferenciou*. Štrbské Pleso, 2023.

Zoznam obrázkov

Obr. 1: Sieť referenčných staníc SKPOS (stav k 22.5.2023) [1].....	10
Obr. 2: Princíp konceptu VRS (vľavo) a NRS (vpravo).....	13
Obr. 3: Vybrané lokality (modrá farba) a vzdialenosť od referenčných staníc [3].....	14
Obr. 4: Ukážka merania v ideálnych (vľavo) a sťažených podmienkach (vpravo).....	15
Obr. 5: Ukážka elektronického zápisníka	16
Obr. 6: Odchýlky od referenčných súradníc vo vertikálnej zložke [3].....	18
Obr. 7: Testovacie meranie 31 vs. 32 v sťažených podmienkach, k.ú. Trnávka	18
Obr. 8: Počet observovaných družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_31	19
Obr. 9: Počet observovaných družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_32	20
Obr. 10: Porovnanie počtu observovaných družíc medzi jednotlivými mountpointami	20
Obr. 11: Porovnanie hodnôt parametrov HDOP medzi jednotlivými mountpointami ...	21
Obr. 12: Porovnanie hodnôt parametrov VDOP medzi jednotlivými mountpointami ...	21
Obr. 13: Porovnanie hodnôt parametrov PDOP medzi jednotlivými mountpointami....	22
Obr. 14: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_31	23
Obr. 15: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32.....	23
Obr. 16: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_31	24
Obr. 17: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32.....	24
Obr. 18: Testovacie meranie 32 vs. NRS v sťažených podmienkach, k.ú. Trnávka	25
Obr. 19: Priemerný počet družíc pri použití mountpointu SKPOS_CM_32	26
Obr. 20: Priemerný počet družíc pri použití konceptu NRS.....	26
Obr. 21: Porovnanie počtu observovaných družíc medzi jednotlivými mountpointami	27
Obr. 22: Porovnanie hodnôt parametrov HDOP medzi jednotlivými mountpointami ...	27
Obr. 23: Porovnanie hodnôt parametrov VDOP medzi jednotlivými mountpointami ...	28
Obr. 24: Porovnanie hodnôt parametrov PDOP medzi jednotlivými mountpointami....	28
Obr. 25: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32.....	29
Obr. 26: Odchýlky voči priemernej polohe v horizontálnej rovine pri koncepte NRS ..	29

Obr. 27: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri mountpointe SKPOS_CM_32.....	30
Obr. 28: Odchýlky voči priemernej polohe vo vertikálnej rovine pri koncepte NRS	30
Obr. 29: Lokalizácia bodov základnice Viničné (vľavo) a ukážka jedného z pilierov (vpravo)	32
Obr. 30: Schéma pilierov základnice Viničné [8].....	32

Zoznam tabuliek

Tab. 1: Prehľad vlastností služieb a produktov [1].....	11
Tab. 2: Porovnanie kvalitatívnych parametrov všetkých uskutočnených testovacích meraní [3].....	17
Tab. 3: Priemerné a maximálne hodnoty odchýlok od referenčnej polohy podľa vzdialenosti od stanice pri koncepte NRS [3].....	17
Tab. 4: Referenčné súradnice bodov a ich smerodajné odchýlky z Bernese 5.2 v ETRS89, realizácia ETRF2000, epocha 2008.5	33
Tab. 5: Priemerné súradnice bodov a ich smerodajné odchýlky zo služby SKPOS Online Postprocessing v ETRS89, realizácia ETRF2000, epocha 2008.5	34
Tab. 6: Porovnanie referenčných súradníc so súradnicami zo služby SKPOS Online Postprocessing	35
Tab. 7: Priemerné súradnice bodov a ich smerodajné odchýlky z programu TBC v ETRS89, realizácia ETRF2000, epocha 2008.5	36
Tab. 8: Porovnanie referenčných súradníc so súradnicami z programu TBC	37

Zoznam použitých skratiek

DOP	Dilution of Precision
ETRF2000	European Terrestrial Reference Frame 2000
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
GKÚ	Geodetický a kartografický ústav Bratislava
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HDOP	Horizontal Dilution of Precision
NEU	North East Up
NMEA	National Marine Electronics Association
NRS	Najbližšia referenčná stanica
PDOP	Position (3D) Dilution of Precision
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real Time Kinematic
RTS	Rezortná transformačná služba
SKPOS	Slovenská priestorová observačná služba
ŠNS	Štátna nivelačná sieť
ŠPS	Štátna priestorová sieť
ŠTS	Štátna trigonometrická sieť
TBC	Trimble Business Center
VDOP	Vertical Dilution of Precision
VRS	Virtual Reference Station

Zoznam príloh

A Ukážky zápisníkov

- A.1 SKPOS_CM – Test č. 1 (lokalita Spišské Vluchy)
- A.2 SKPOS_MM (základnica Viničné)

B Ukážky protokolov merania GPS

- B.1 SKPOS_CM – Test č. 1 (lokalita Hriňová)
- B.2 SKPOS_CM – Test č. 2 (mountpoint SKPOS_CM_31)
- B.3 SKPOS_CM – Test č. 3 (mountpoint SKPOS_CM_32)

C Ukážky rozšírených protokolov merania GPS

- C.1 SKPOS_CM – Test č. 2 (mountpoint SKPOS_CM_31)
- C.2 SKPOS_CM – Test č. 3 (mountpoint SKPOS_CM_32)

D Ukážky reportov

- D.1 SKPOS_MM – SKPOS Online Postprocessing
- D.2 SKPOS_MM – Trimble Business Center (VRS 100 m)

E Obsah priloženého CD