



**Slovenská technická univerzita v
Bratislave
Stavebná fakulta**

Študentská vedecká konferencia
Akademický rok 2012/2013

Virtuálny monitoring SKPOS open source softvérom

Meno a priezvisko študenta:

Bc. Karol Smolík

Ročník, odbor:

2. ročník/2. stupeň,
geodézia a kartografia

Vedúci práce:

Ing. Branislav Droščák, PhD.,
prof. Ing. Ján Hefty, PhD.

Katedra:

geodetických základov

Obsah

Abstrakt	3
1 Úvod	4
1.1 Slovenská priestorová observačná služba - SKPOS	4
1.1.1 Infraštruktúra SKPOS	4
1.2 Koncept virtuálnej referenčnej stanice	4
2 Monitoring kvality sieťového riešenia.....	5
2.1 Monitoring pomocou fyzickej monitorovacej stanice	5
2.2 Monitoring pomocou virtuálneho riešenia s využitím konceptu VRS.....	6
3 Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS	7
3.1 RTKLIB	7
3.1.1 Určovanie polohy v reálnom čase pomocou softvéru RTKNAVI	8
3.1.2 Výstupy z RTKNAVI.....	9
3.2 Voľba testovacích bodov.....	9
3.3 Štatistické spracovanie	11
3.4 Automatizácia riešenia.....	12
3.5 Grafické rozhranie pre používateľov	14
4 Overenie správnosti virtuálneho riešenia.....	15
5 Prvé skúsenosti s monitoringom sieťového riešenia SKPOS	17
Záver	19
Literatúra	20

Abstrakt

Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS) je prístupná svojim používateľom od konca roku 2006. Od samotného počiatku svojou infraštruktúrou permanentných staníc GNSS reprezentuje aktívne geodetické základy Slovenska a zabezpečuje realizáciu referenčného systému ETRS89 na celom území štátu. Je preto nesmierne dôležité vykonávať nepretržitý monitoring kvality poskytovaného sieťového riešenia, ktorému sa predložená práca venuje, aby si bol správca ako aj používatelia služby istý jeho spoľahlivosťou. V jednotlivých kapitolách sa tak dočítate nielen o navrhnutej koncepcii virtuálneho monitoringu s využitím open source softvéru RTKLIB, ale aj o overení presnosti navrhnutého monitoringu prostredníctvom fyzických monitorovacích staníc. V závere práce sú prezentované aj prvé výsledky monitoringu, ktoré sú publikovateľné pomocou štandardného webového rozhrania.

Abstract

The Slovak real time positioning service (SKPOS) is accessible to their users since the end of the 2006. From the beginning of its establishment represents with the permanent GNSS stations infrastructure the active geodetic controls of Slovakia and realizes reference system ETRS89 in the whole country territory. It is very important to carry out continuous quality monitoring of the service network solution, which is the work focused on, to ensure the administrator and the users as well by its reliability. In the chapters below one can read not only about the proposal of the virtual monitoring by the open source software RTKLIB concept but also about the verification of its precision reached from real monitoring stations. Furthermore at the end the first results of the performed monitoring which can be published by standard web interface is presented.

1 Úvod

Slovenská priestorová observačná služba je prístupná svojim používateľom od konca roku 2006. V súčasnosti so svojou infraštruktúrou permanentných staníc GNSS reprezentuje aktívne geodetické základy Slovenska a predstavuje dôležitú súčasť Štátnej priestorovej siete. Podľa ods. (2), §4 zákona NR SR č. 215/1995 sa Geodetický a kartografický ústav Bratislava zaväzuje poskytovať kvalitné, moderné a dostupné služby pre používateľov využívajúcich GNSS prijímače pracujúce v národných geodetických referenčných systémoch. Táto úloha je realizovaná práve prostredníctvom Slovenskej priestorovej observačnej služby, ktorá realizuje referenčný systém ETRS89 na Slovensku. Keďže je nutné poznať kvalitu poskytovanej služby, je veľmi dôležité vykonávať jej nepretržitý monitoring.

1.1 Slovenská priestorová observačná služba - SKPOS

Podľa zákona č. 423/2003 Z. z. z 22. septembra 2003, ktorým sa mení a dopĺňa zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii a o zmene a doplnení zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov, sa permanentná služba globálnych navigačných systémov definuje ako sieť kooperujúcich staníc, ktorá spracúva a v reálnom čase poskytuje geocentrické súradnice na presnú lokalizáciu objektov a javov.

1.1.1 Infraštruktúra SKPOS

Slovenská priestorová observačná služba je vybudovaná na nasledujúcich pilieroch [1]:

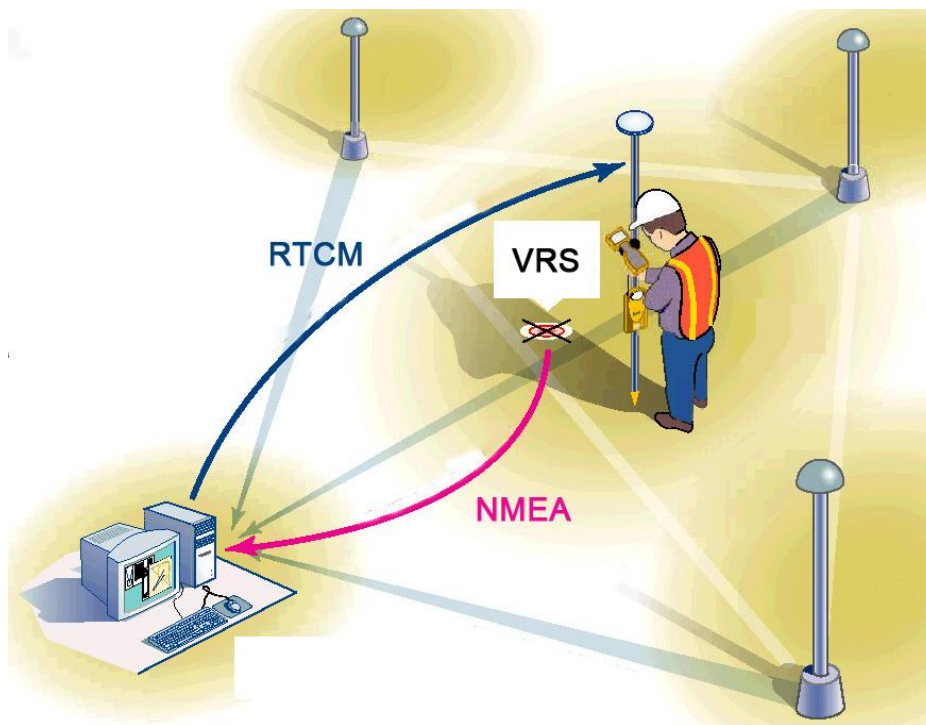
- legislatíva (zákony, smernice, štandardy, a i.),
- sieť referenčných staníc na príjem signálov GNSS umiestnených na geodetických bodoch,
- národné servisné centrum zriadené u správcu geodetických základov v Geodetickom a kartografickom ústave v Bratislave,
- virtuálna privátna sieť rezortu ÚGKK SR (WPS-WAN) slúžiaca na prenos dát z referenčných staníc do Národného servisného centra.

1.2 Koncept virtuálnej referenčnej stanice

SKPOS poskytuje korekcie svojim používateľom výlučne v koncepte virtuálnej referenčnej stanice (ďalej len VRS). Tento koncept je založený na existencii siete referenčných staníc nepretržite pripojených cez dátové spojenie s riadiacim centrom. Server v riadiacom centre priebežne zhromažďuje dáta zo všetkých prijímačov a tvorí databázu regionálnych korekcií – „Regional Area Corrections“. Tie sa využívajú na vytvorenie virtuálnej referenčnej stanice, ktorá sa nachádza len niekoľko metrov od

miesta, kde sa nachádza rover. Ten potom používa a interpretuje dáta z VRS rovnako, ako keby pochádzali z reálnej referenčnej stanice [2].

V praxi GNSS rover po úspešnej autorizácii posiela svoju približnú polohu vo forme NMEA GGA správy do riadiaceho centra. Prenos je zabezpečený mobilnými dátovými linkami ako GSM/GPRS. Riadiace centrum akceptuje túto polohu ako lokalitu pre novú virtuálnu referenčnú stanicu. Vypočíta korekcie pre túto VRS a odosiela ich do rovera v štandarde RTCM alebo inom proprietárnom formáte. Ako náhle ich rover prijme, vypočíta riešenie a aktualizuje svoju polohu (Obr. 1).



Obr. 1 Koncept virtuálne referenčnej stanice [2]

2 Monitoring kvality sieťového riešenia

V súčasnosti sú známe dve základné metódy monitoringu kvality sieťového riešenia:

- pomocou fyzickej monitorovacej stanice,
- pomocou virtuálneho riešenia s využitím konceptu VRS.

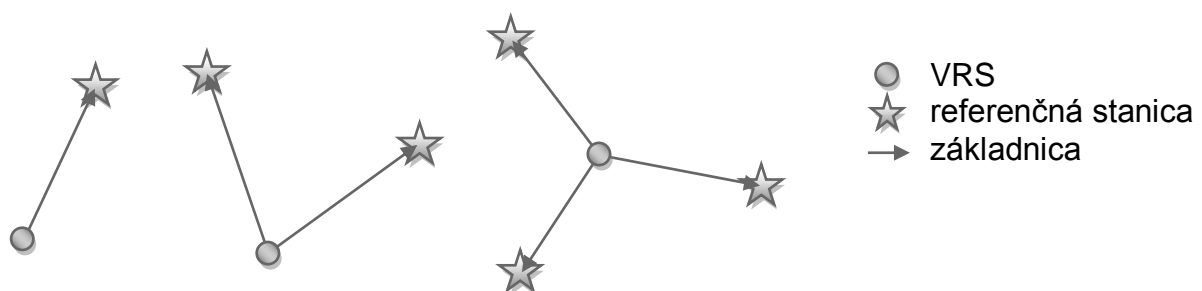
2.1 Monitoring pomocou fyzickej monitorovacej stanice

Metóda je založená na fyzickom umiestnení monitorovacej referenčnej stanice v teréne. Prijímač na monitorovacej stanici sa neustále pripája do observačnej služby a počíta svoje súradnice z korekčných dát zo sieťového riešenia. Rozdiel vypočítaných a referenčných súradníc monitorovacej stanice sú charakteristikou presnosti sieťového riešenia v danom čase a lokalite. Na monitorovanie celého

územie siete je potrebné umiestniť veľké množstvo monitorovacích staníc, nakoľko sieťové riešenie nie je homogénne v každej časti siete. Alebo je možnosť umiestniť iba niekoľko monitorovacích staníc no výsledky takéhoto riešenia síce monitorujú fungovanie služby, ale nemonitorujú jej kvalitu pre celú sieť, ale len pre lokality v ktorých sa stanice nachádzajú. Nevýhodou tohto riešenia sú vysoké ekonomické náklady na zriadenie monitorovacích staníc, potreba obstarania monitorovacieho softvéru a takmer nemožnosť kvalitatívne monitorovať celé záujmové územie. Túto cestu monitoringu zvolil aj Ústav geodézie, kartografie a DPZ Maďarska vo svojej sieti GNSSnet. Konkrétne boli použité 2 monitorovacie stanice, jedna je umiestnená v strede siete v zastavanom území Budapešti a druhá na okraji v menej využívannej časti Maďarska. Viac informácií o monitoringu siete GNSSnet.hu sa nachádza v [3] a [4].

2.2 Monitoring pomocou virtuálneho riešenia s využitím konceptu VRS

Princíp druhej metódy je založený na generovaní VRS a následne počítaní základnice tvorenej VRS a referenčnou stanicou. Do výpočtu vstupujú vygenerované korekcie pre VRS a observačné dáta z referenčnej stanice. VRS v tomto prípade slúži ako báza, jej súradnice sú známe, a počítané sú súradnice referenčnej stanice (Obr. 2). Tieto vypočítané súradnice sú porovnávané s referenčnou polohou stanice. Rozdiely medzi vypočítanými a referenčnými súradnicami sú kritériom kvality služby.



Obr. 2 Príklady základníc monitoringu virtuálneho riešenia

Výhodou tejto metódy je, že je možné monitorovať územie celej siete, a to bez nutnosti fyzického umiestnenia prijímača v teréne. Z čoho vyplývajú nižšie ekonomické náklady na zriadenie služby. Nevýhoda je, že monitoring je založený na virtuálnom riešení, čiže výsledky sa môžu od skutočných hodnôt líšiť.

Na virtuálnom riešení je založený aj monitoring siete permanentných staníc CZEPOS. Kde jadrom kontroly je špeciálny softvér MLS (Mervant-Lukeš-Software) vyvinutý na katedre vyššej geodézie Fsv ČVUT v Prahe. Územie Českej republiky bolo rozdelené na trojuholníky s vrcholmi v referenčných staniaciach. Ako testovacie body boli zvolené ťažiská trojuholníkov. Program MLS simuluje rover používateľa stojaceho na známom bode (v ťažisku trojuholníka) a pripája sa k sieti CZEPOS. V rámci každej oblasti (trojuholníka) sú testované 3 základnice – spojnice ťažiska s jednotlivými vrcholmi. Vyhodnocovaný je potom rozdiel referenčných a vypočítaných dĺžok základníc. Podrobnejšie informácie o tomto riešení je možné nájsť v [5] alebo [6].

3 Monitoring kvality sieťového riešenia SKPOS

Podľa ods. (2), §4 zákona NR SR č. 215/1995 sa Geodetický a kartografický ústav Bratislava zaväzuje poskytovať kvalitné, moderné a dostupné služby pre používateľov využívajúcich GNSS prijímače pracujúce v národných geodetických referenčných systémoch. Táto úloha je realizovaná prostredníctvom Slovenskej priestorovej observačnej služby, ktorá realizuje referenčný systém ETRS89 na Slovensku. Aj pre tieto skutočnosti je nutné vykonávať nepretržitý monitoring kvality služby. V súčasnosti je monitoring zabezpečovaný pomocou riadiaceho softvéru Trimble Pivot, ktorý nepretržite sleduje integritu siete a vykonáva monitoring jednotlivých jej súčastí [7]:

- monitoring súradníc referenčných staníc,
- kontrola kvality observačných dát,
- monitoring stavu ionosféry,
- monitoring stavu troposféry,
- predikcia geometrických chýb.

Ani jedna z uvedených kontrol však nereprezentuje skutočnú vonkajšiu kvalitu sieťového riešenia. Preto je záujem Geodetického a kartografického ústavu ako správcu služby vytvoriť monitoring pre územie celého Slovenska pracujúceho v reálnom čase.

Základné požiadavky na monitoring SKPOS kladené správcom služby:

- monitorované musí byť celé územie Slovenska,
- monitorovanie musí byť automatizované,
- v prípade záujmu majú byť výsledky dostupné pre používateľov služby,
- vyhnúť sa budovaniu množstva reálnych monitorovacích staníc,
- vyhnúť sa drahým softvérovým riešeniam.

Na základe uvedených požiadaviek a naštudovaných informácií sme sa rozhodli využiť virtuálne riešenie s využitím konceptu VRS. Jadrom kontroly riešenia je program RTKNAVI softvérového balíčka RTKLIB [8]. Riešenie je založené na tom, že program RTKNAVI simuluje rover stojaci na známom bode, pripája sa do SKPOS, a na základe sieťového riešenia v koncepte VRS počíta základnicu Rover – Referenčná stanica. Kritériom kvality sú potom odchýlky medzi vypočítanou a referenčnou (známou) polohou referenčnej stanice.

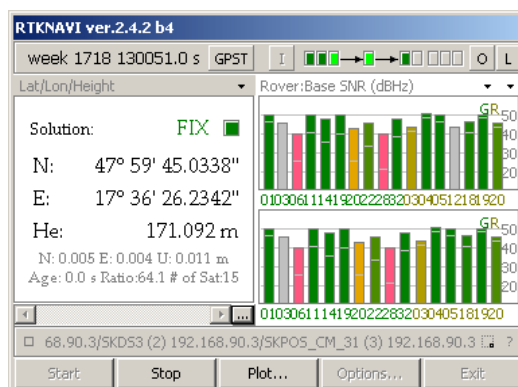
3.1 RTKLIB

RTKLIB je open source balíček programov pre štandardné a presné určovanie GNSS polohy vydávaný pod licenciou BSD-2. RTKLIB sa skladá z programových knižníc a aplikačných programov, ktoré sú napísané v jazyku ANSI C. Aplikačné rozhranie je dostupné pre operačné systémy Linux/Unix a Windows. RTKLIB má so svojimi štandardnými knižnicami nasledujúce vlastnosti [9]:

- podpora štandardných a presných algoritmov na určovanie polohy v systémoch: GPS, GLONASS, Galileo, QZSS a SBAS,
- podpora rôznych metód GNSS real-time a post-processing spracovania dát: Single-point, DGPS/DGNSS, Kinematic, Static, Moving-baseline, Fixed, PPP-Kinematic a PPP-Static,
- podpora štandardných formátov a protokolov pre GNSS spracovania: RINEX 2.10, 2.11, 2.12, 3.00, protokoly RTCM v. 2.3, 3.1, NTRIP 1.0, NMEA správy 0183 a ďalšie,
- podpora niektorých proprietárnych formátov: NovAtel: OEM4/V, OEM3, OEMStar, Superstar II, Hemisphere: Eclipse, Crescent, u-blox: LEA-4T, LEA-5T, LEA-6T, SkyTraq: S1315F, JAVAD GRIL/GREIS, Furuno GW-10-II/III,
- podpora externej komunikácie prostredníctvom: Serial portu, TCP/IP protokolu, NTRIP casteru a FTP/HTTP protokolu,
- poskytuje aplikačné programy a konzoly pre:
 - real-time spracovanie dát - RTKNAVI, RTKRCV
 - post-processing analýzy - RTKPOST, RNX2RTKP
 - vizualizáciu riešenia a observačných dát - RTKPLOT
 - konvertor RTCM správ do RINEX formátu - RTKCONV, CONVBIN
 - komunikačné nástroje - STRSVR, STR2STR
 - prehliadač zdrojovej tabuľky NTRIP casteru - NTRIPSRCBROWS

3.1.1 Určovanie polohy v reálnom čase pomocou softvéru RTKNAVI

Vstupné dáta pre výpočet polohy v reálnom čase tvoria observačné dáta z GNSS prijímačov a efemeridy družíc. V našom prípade, keďže je záujem čo najviac simulovať meranie v teréne, využívame vysielané efemeridy. Ako Base Station zadávame polohu testovacích bodov, čiže polohu VRS, ktorej korekčné dáta sú generované sieťovým riešením, do ktorého je pripájanie pomocou NTRIP casteru. Ako prístupovú službu (mountpoint) do siete používame službu SKPOS_CM_31, keďže ide v súčasnosti o najpoužívanejšiu službu. Ako rover vstupujú do riešenia observačné dáta z jednotlivých referenčných staníc pripojené taktiež pomocou NTRIP casteru (Obr. 3).



Obr. 3 Aplikačné rozhranie softvéru RTKNAVI

Okrem vstupných dát je potrebné vykonať základné nastavenia programu simulujúce čo najviac nastavenia používateľa SKPOS v teréne. A to nasledovné:

- Prijem signálov z družíc: GPS, GLONASS
- Metóda merania: statická
- Prijímané frekvencie: L1+L2
- Elevačná maska: 15°
- Ionosférické korekcie: vysielané
- Efemeridy družíc: vysielané
- Výpočet ambiquit: kontinuálny výpočet
- GLONASS ambiqutity: vypnuté

3.1.2 Výstupy z RTKNAVI

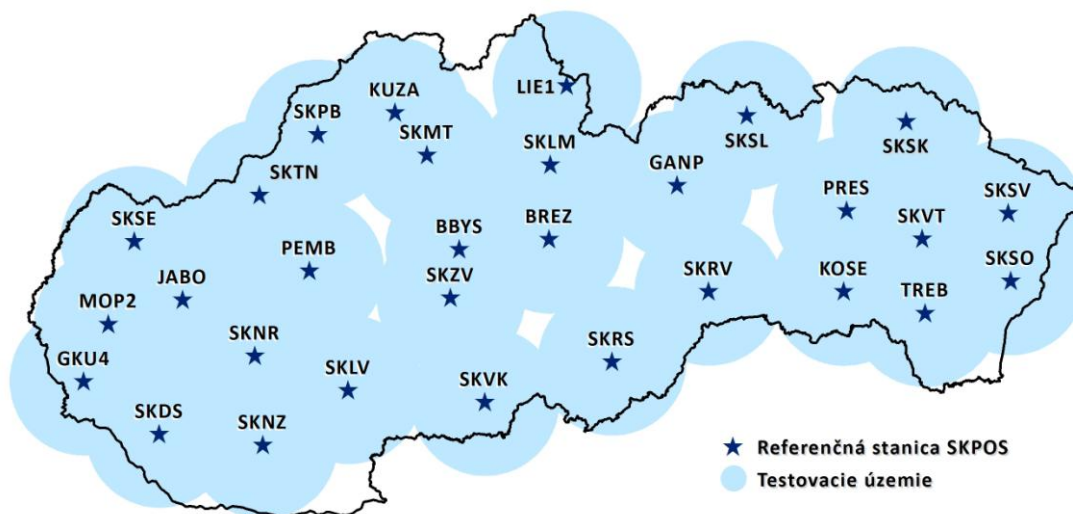
RTKNAVI nám umožňuje vytvárať a ukladať výsledky do súboru alebo poslať pomocou Serial portu, TCP a NTRIP servera. Je možné zvoliť formát výsledkov [9]:

- elipsoidické súradnice – $\phi/\lambda/h$,
- karteziánske súradnice – X/Y/Z,
- topocentrické súradnice základnice – E/N/U,
- NMEA-183 správa.

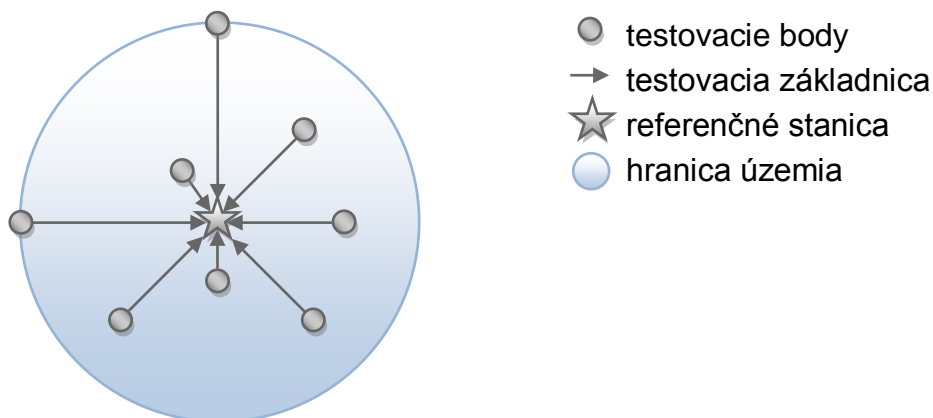
V našom riešení využívame výsledky vo forme elipsoidických súradníc so sekundovým intervalom záznamu do lokálneho súboru.

3.2 Voľba testovacích bodov

Slovensko je rozdelené na územia kruhového tvaru so stredom v referenčných staniách (Obr. 4). V rámci každého územia sú testovacie body volené vo vzdialenosti: 3km, 13km alebo 23km. Azimut testovacej základnice nadobúda hodnoty: 0°, 45°, 90°, ..., 315°. Kombináciou vzdialenosti a azimutov dostávame 24 polôh testovacieho bodu v rámci jedného územia (Obr. 5). Každé územie je testované raz za hodinu vždy inou kombináciou vzdialenosti a azimutu v rámci jedného dňa. Tieto kombinácie sú náhodne generované pre každé územie a každý deň. Taktiež poradie testovania území v rámci jednej hodiny je generované náhodne.

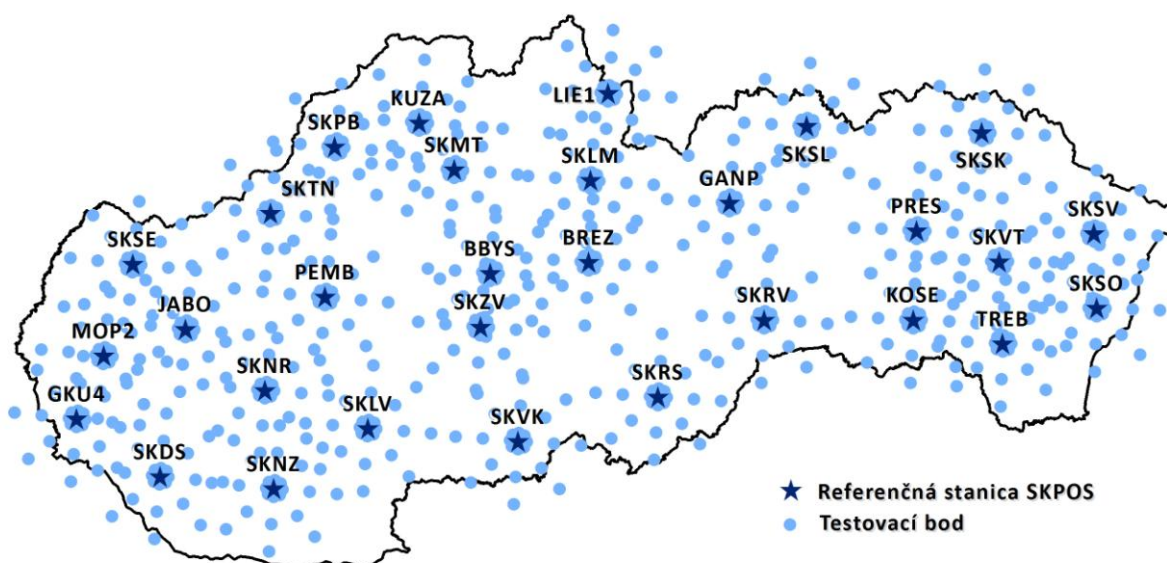


Obr. 4 Monitorované územia



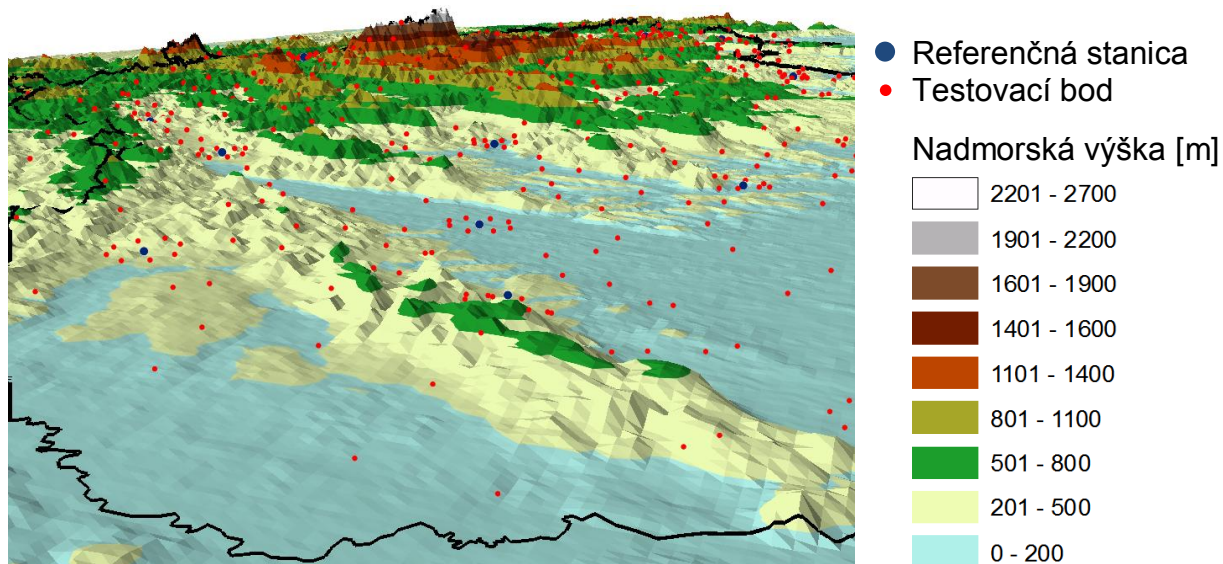
Obr. 5 Príklad náhodného generovania testovacích bodov počas ôsmich hodín

V súčasnosti SKPOS tvorí 30 referenčných staníc. Na to, aby sa celé územie Slovenska zmonitorovalo každú hodinu, testovanie je rozdelené na dve nezávislé riešenia: západ (15 testovacích území) a východ (15 testovacích území). Testovanie oboch riešení prebieha súbežne. Každé testovanie (meranie) trvá 2 minúty – čas odporúčaný pre RTK meranie v rámci SKPOS, stanovený usmernením Úradu geodézia, kartografie a katastra SR z roku 2010 [10]. Čiže v rámci jedného riešenia je vykonaných každú hodinu 15 meraní po 2 minúty. T. j. v rámci dňa pre obe riešenia celkovo 720 meraní (Obr. 6).



Obr. 6 Testovacie body počas jedného dňa

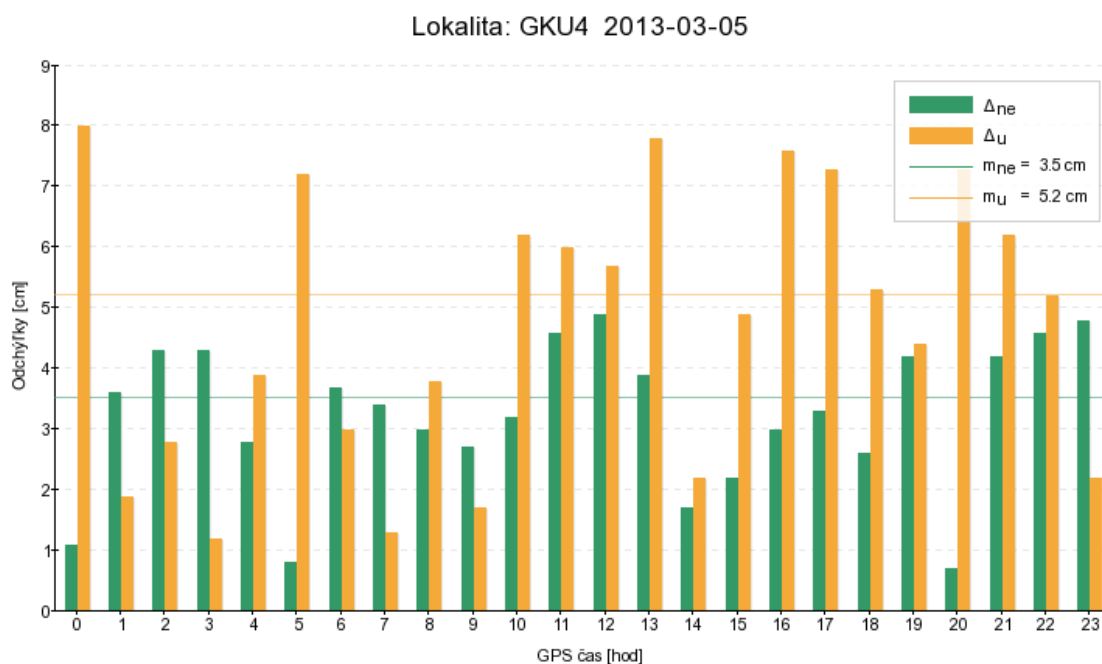
Testovacie body sú zadávané vo forme elipsoidických súradníc φ/λ . Aby to neboli fiktívne body s nulovou výškou, implementovali sme do RTKNAVI digitálny výškový model SRTM. A tak je pre každú polohu testovacieho bodu pomocou bilineárnej interpolácie určená aj výška (Obr. 7), ktorá spolu s polohou vystupuje v odosielanej nmea správe, na základe ktorej sa generujú korekcie.



Obr. 7 Poloha a výška testovacích bodov

3.3 Štatistické spracovanie

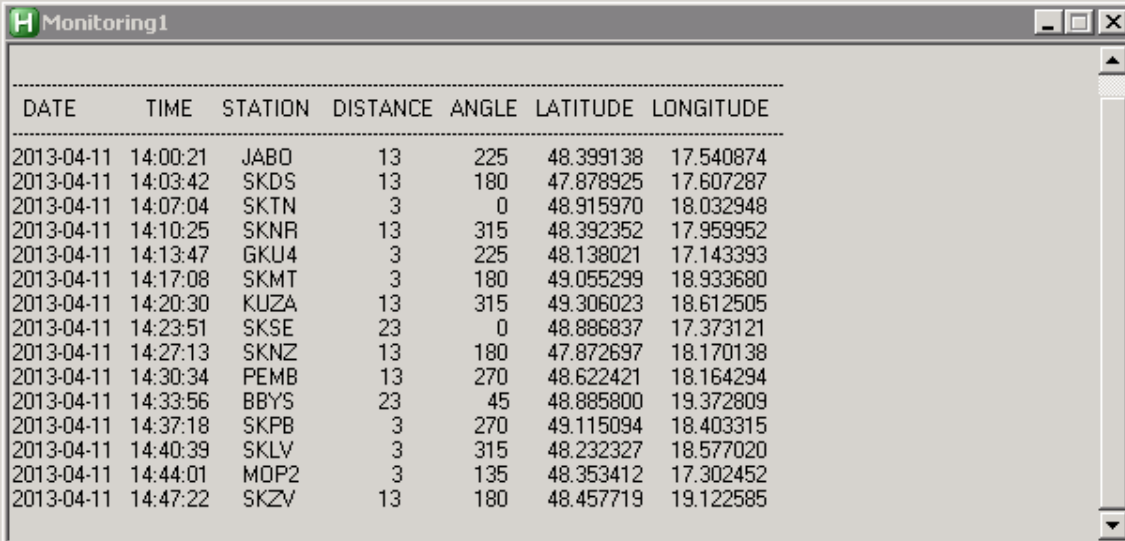
Namerané výsledky sa štatisticky spracovávajú. Najprv sú vylúčené všetky hodnoty, v ktorých nebolo dosiahnuté fixné riešenie. Následne sú pomocou Grubbsovho testu vylúčené odľahlé hodnoty. Z výsledných hodnôt je určovaný priemer súradníc $\varphi/\lambda/h$, ktoré budú transformované do lokálneho topocentrického súradnicového systému $n/e/u$ s počiatkom v referenčnej polohe referenčnej stanice. Výsledkom testovania je grafické znázornenie odchýlok v polohe Δ_{ne} a výške Δ_u pre každú testovaciu oblasť s hodinovým intervalom. Vodorovnými čiarami sú znázornené denné smerodajné odchýlky pre polohu m_{ne} a výšku m_u (Obr. 8).



Obr. 8 Grafického znázornenia odchýlok v polohe a výške

3.4 Automatizácia riešenia

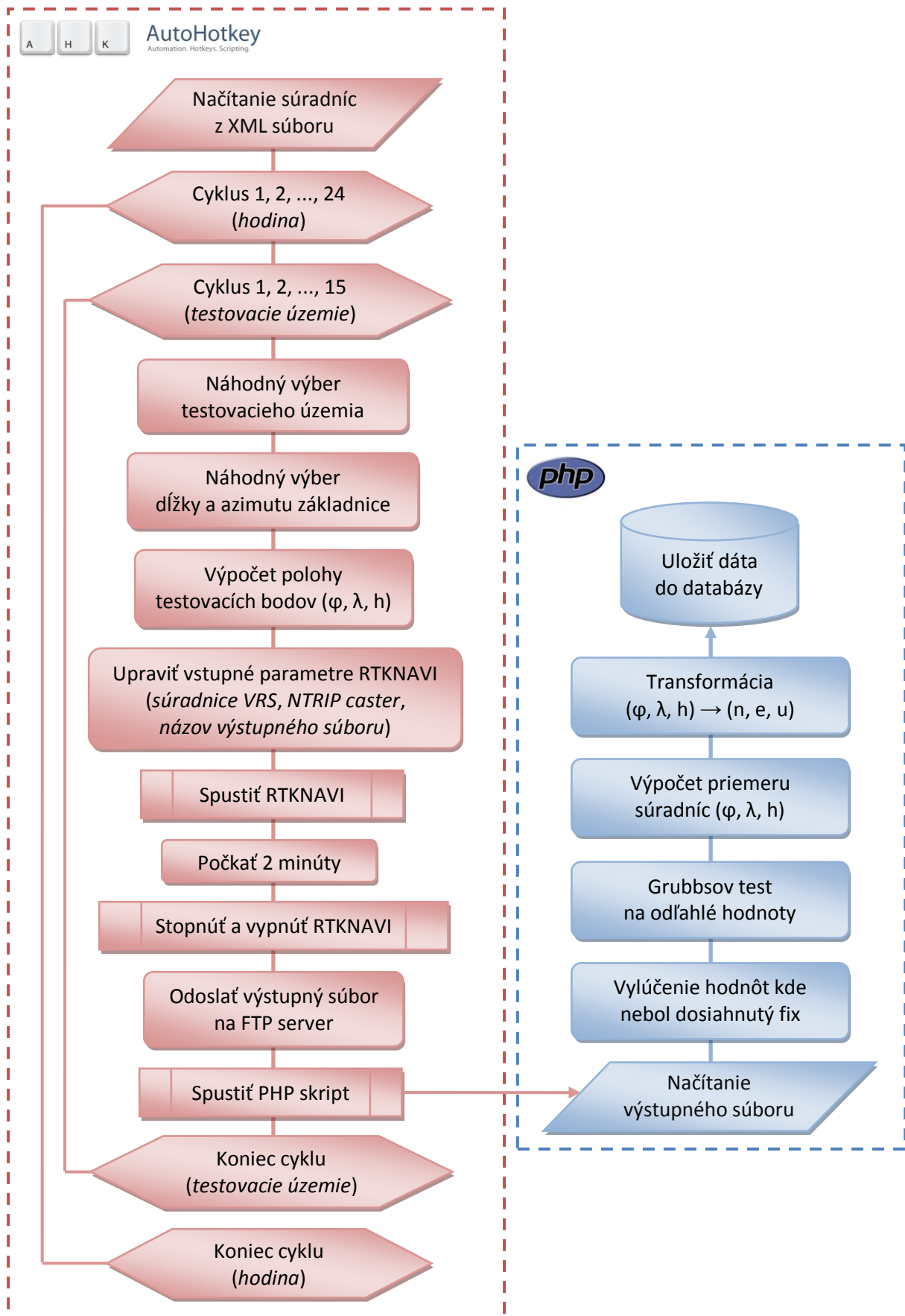
Celý monitoring pracuje automatizovane bez zásahu správcu služby. Všetky procedúry sú riadené softvérom (Obr. 9) napísaným v skriptovacom nástroji AutoHotkey [11]. Raz za deň sa načíta XML súbor s nastaveniami a súradnicami referenčných staníc. Každú hodinu sa spustí cyklus monitoringu, v rámci ktorého sa náhodne vyberie testovacie územie, a v rámci neho sa náhodne vygeneruje dĺžka a azimut základnice. Z nich sa priamou geodetickou úlohou vypočítajú súradnice testovacieho bodu a upraví sa vstupné parametre pre softvér RTKNAVI, ktorý sa spustí po dobu dvoch minút. Softvér po úspešnej inicializácii počíta polohu pre zadanú referenčnú stanicu a ukladá riešenie do výstupného súboru. Tento súbor je následne odosielaný na FTP server, štatisticky spracovávaný PHP skriptom (Kapitola 3.3), a výsledné odchýlky sú ukladané do databázy MySQL. Vývojový diagram riešenia je znázornený na Obr. 10.



The screenshot shows a window titled "Monitoring1" with a table of monitoring data. The table has seven columns: DATE, TIME, STATION, DISTANCE, ANGLE, LATITUDE, and LONGITUDE. The data is as follows:

DATE	TIME	STATION	DISTANCE	ANGLE	LATITUDE	LONGITUDE
2013-04-11	14:00:21	JABO	13	225	48.399138	17.540874
2013-04-11	14:03:42	SKDS	13	180	47.878925	17.607287
2013-04-11	14:07:04	SKTN	3	0	48.915970	18.032948
2013-04-11	14:10:25	SKNR	13	315	48.392352	17.959952
2013-04-11	14:13:47	GKU4	3	225	48.138021	17.143393
2013-04-11	14:17:08	SKMT	3	180	49.055299	18.933680
2013-04-11	14:20:30	KUZA	13	315	49.306023	18.612505
2013-04-11	14:23:51	SKSE	23	0	48.886837	17.373121
2013-04-11	14:27:13	SKNZ	13	180	47.872697	18.170138
2013-04-11	14:30:34	PEMB	13	270	48.622421	18.164294
2013-04-11	14:33:56	BBYS	23	45	48.885800	19.372809
2013-04-11	14:37:18	SKPB	3	270	49.115094	18.403315
2013-04-11	14:40:39	SKLV	3	315	48.232327	18.577020
2013-04-11	14:44:01	MOP2	3	135	48.353412	17.302452
2013-04-11	14:47:22	SKZV	13	180	48.457719	19.122585

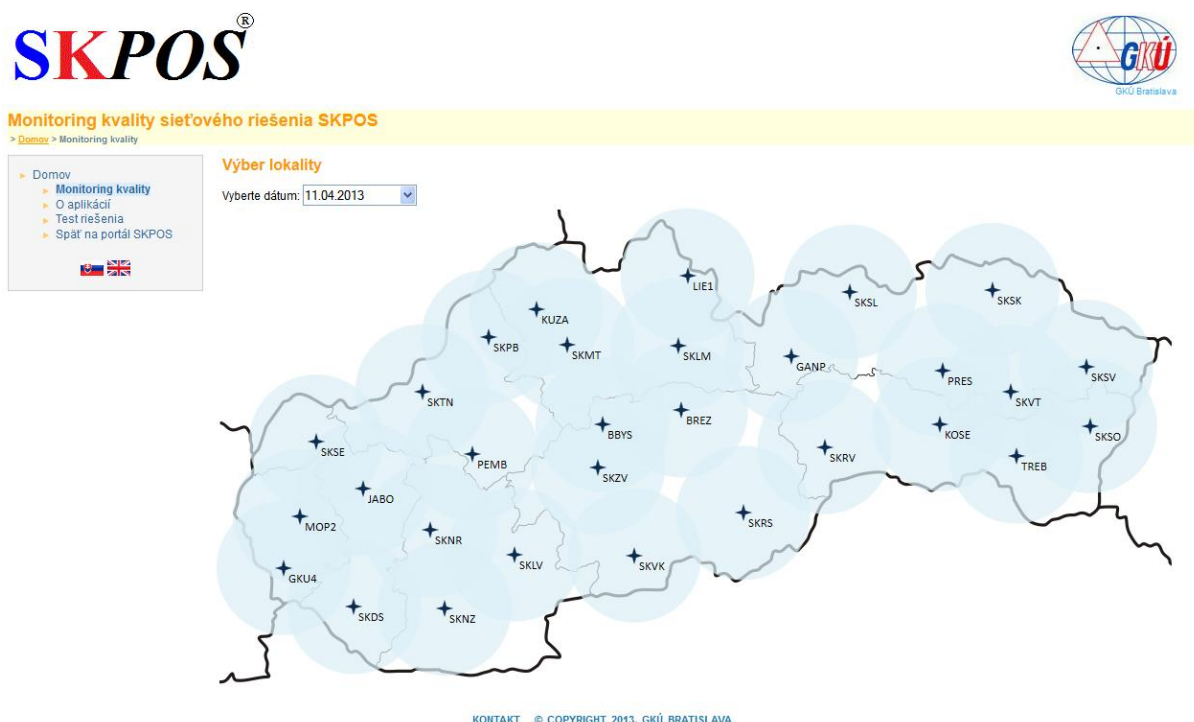
Obr. 9 Priebežné informácie zo softvéru na riadenie monitoringu



Obr. 10 Vývojový diagram riešenia monitoringu

3.5 Grafické rozhranie pre používateľov

Jednou z hlavných požiadaviek správcu služby bolo, aby výsledky monitoringu boli dostupné pre používateľov služby. Táto úloha je plnená webovou aplikáciou a používateľ si tak môže prezerať výsledky monitoringu bez nutnosti inštalácie alebo prevzatia súborov (Obr. 11). Aplikácia je prispôbená mobilným technológiám, čiže merač si môže overiť ešte priamo v teréne presnosť poskytovanej služby. Grafické rozhranie je vytvorené kombináciou jazykov HTML a CSS, dizajn vychádzal zo súčasného portálu SKPOS [12]. Dynamické prvky sú vytvorené v jazyku PHP a metódou AJAX (Asynchronous JavaScript + XML) sú odosielané na stranu klienta bez nutnosti znovu načítavať obsah celej stránky, čo výrazne zvyšuje rýchlosť načítania a pridáva na interaktivite.



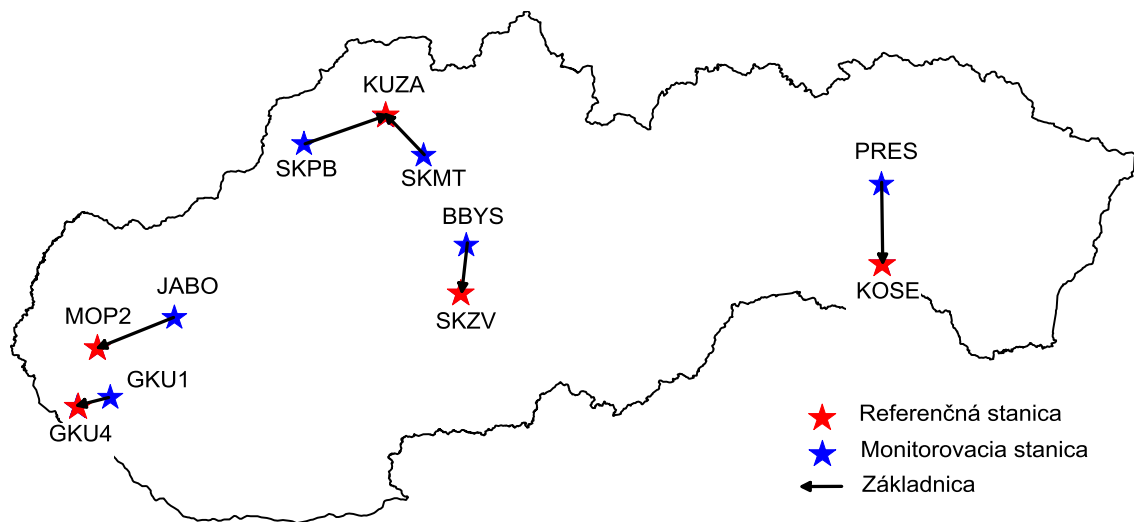
Obr. 11 Grafické rozhranie pre používateľov služby

Prvým krokom využívania aplikácie je voľba dátumu, pre ktorý chceme zobrazíť výsledky monitoringu. Následne sa vygeneruje mapa s referenčnými stanicami a monitorovanými lokalitami v stave, v akom sa nachádzali v príslušnom dátume. Teraz už stačí kliknúť na určitú lokalitu a zobrazí sa grafické znázornenie odchýlok v polohe a čase (Obr. 8).

V aplikácii sú okrem výsledkov publikované základné informácie o monitoringu a výstupy z jednotlivých testov na overenie presnosti riešenia. Aplikácia je dostupná v dvoch jazykových mutáciách: v slovenskej a anglickej.

4 Overenie správnosti virtuálneho riešenia pomocou dočasných monitorovacích staníc

Ako už bolo spomenuté v kapitole 2.2, výsledky virtuálneho riešenia sa môžu od skutočných hodnôt líšiť. Preto sme sa rozhodli vykonať test na overenie správnosti riešenia pomocou fyzických monitorovacích staníc. Tieto stanice sme zvolili v rôznych častiach Slovenska, tak aby pokrývali jednotlivé regióny: západ, stred, východ, sever, juh (Obr. 12). Zriadenie fyzických monitorovacích staníc je veľmi nákladné, preto sme využili bod GKU1 na ktorý sme umiestnili prijímač a na zriadenie ostatných staníc sme využili testovací server SKPOS, kde sme zo sieťového riešenia po dobu testu vylúčili niektoré referenčné stanice a tie použili ako monitorovacie. Základ testu tvorí výpočet základnice monitorovacia stanica → referenčná stanica, a v tom istom časovom okamihu výpočet základnice VRS → referenčná stanica, kde VRS je generovaná pre polohu monitorovacej stanice. Referenčné stanice boli volené tak, aby boli počítané rôzne dĺžky základníc.



Obr. 12 Rozloženie testovaných základníc

Test prebiehal počas piatich dní, zaznamenaných bolo celkovo 777 hodnôt. Výpočet v oboch prípadoch prebiehal softvérom RTKNAVI. Rozdiel medzi priamou základnicou a virtuálnym riešením nám predstavuje odchýlku virtuálneho monitoringu od skutočnej reálnej hodnoty v teréne. V Tab. 1 sú znázornené sumárne výsledky pre všetky základnice a v Tab. 2 pre konkrétnu základnicu BBYS → SKZV.

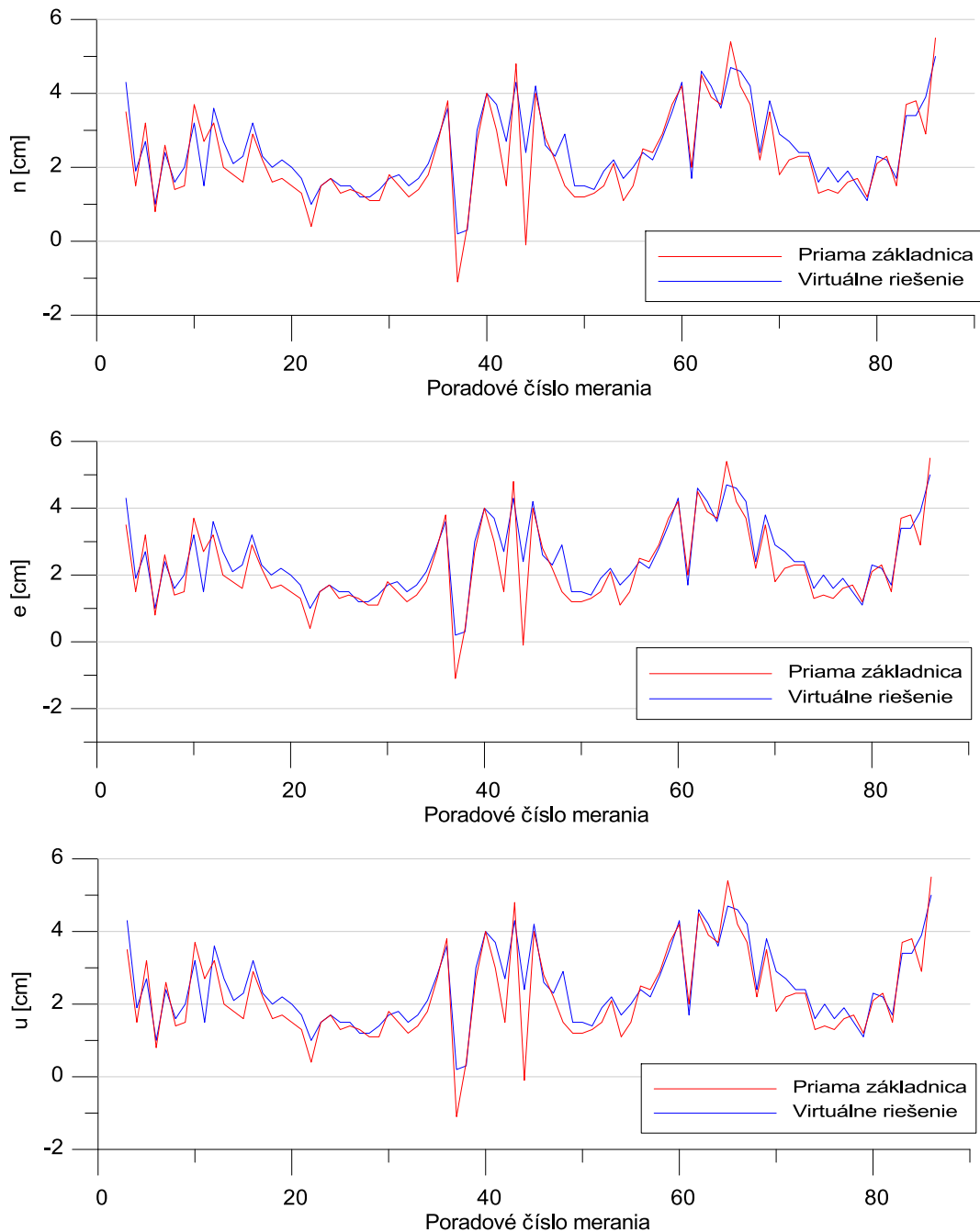
Tab. 1 Odchýlky virtuálneho riešenia od výpočtu priamej základnice

	n	e	u
Počet hodnôt	777	777	777
Minimálna hodnota	-3,2 cm	-1,7 cm	-3,0 cm
Maximálna hodnota	2,3 cm	2,7 cm	4,7 cm
Priemer	0,3 cm	0,3 cm	1,7 cm
Štandardná odchýlka	0,74 cm	0,99 cm	2,19 cm
Stredná chyba	0,09 cm	0,05 cm	0,28 cm

Tab. 2 Odchýlky virtuálneho riešenia od výpočtu priamej základnice: BBYS → SKZV

	n	e	u
Počet hodnôt	84	84	84
Minimálna hodnota	-2,5 cm	-1,2 cm	-3,0 cm
Maximálna hodnota	1,2 cm	1,3 cm	3,5 cm
Priemer	-0,2 cm	-0,1 cm	0,1 cm
Štandardná odchýlka	0,60 cm	0,39 cm	1,36 cm
Stredná chyba	0,07 cm	0,04 cm	0,15 cm

Na Obr. 13 je grafické znázornenie odchýlok oboch riešení voči referenčnej polohe referenčnej stanice. Z priebehu oboch dvoch riešení je možné vidieť určitý vzájomný posun. Čo môže byť do určitej miery spôsobené stabilitou a pohybom staníc, ktorých analýza je publikovaná napr. v [13], a teda nedokonalou znalosťou súradníc bodu použitého ako bázu pri priamom určení základnice.



Obr. 13 Grafické znázornenie odchýlok oboch riešení oproti referenčnej polohe referenčnej stanice

5 Prvé skúsenosti s monitoringom sieťového riešenia SKPOS

V priebehu druhého aprílového týždňa prebehlo úvodné spustenie monitoringu. Počas 5 dní bolo zaznamenaných približne 4000 meraní. Priemer odchýlok zo všetkých meraní v polohe je 1,5 cm a vo výške 2,6 cm. Čo je v súlade s očakávanými hodnotami, keďže presnosť služby SKPOS-cm je definovaná v polohe 2,5 cm a vo výške 4 cm [14]. Meranie taktiež preukázalo, že presnosť sieťového riešenia je v čase premenlivá, čomu svedčia niektoré hodnoty vysoko prevyšujúce priemer. Preto je nutné, aby používatelia služby svoje meranie opakovali s určitým časovým rozstupom. Štatistické charakteristiky všetkých meraní sa nachádza v Tab.3.

Tab. 3 Štatistické charakteristiky

	ne	u
Počet hodnôt	3767	3767
Minimálna hodnota	0,0 cm	0,1 cm
Maximálna hodnota	8,9 cm	13,2 cm
Priemer	1,5 cm	2,6 cm
Štandardná odchýlka	2,01 cm	3,22 cm
Stredná chyba	0,03 cm	0,05 cm

Okrem spracovania štatistiky všetkých meraní sme sa pozreli, ako sa správajú odchýlky pri jednotlivých dĺžkach základníc (Tab. 4). V súčasnosti sa testovacie body generujú vo vzdialenostiach 3 km, 13 km a 23 km od referenčnej stanice. Nárastom dĺžky základníc narastá aj odchýlka v polohe, vo výškach nastáva takmer zanedbateľná zmena. Pričom riešenie monitoringu je založené na testovaní extrémnych hodnôt (dĺžka základnice až 23 km), v skutočnosti sa VRS generuje len niekoľko metrov od merača. Preto môžeme odchýlky z monitoringu pokladať za maximálne, aké môžu nastať.

Tab. 4 Štatistické charakteristiky podľa dĺžok základníc

Dĺžka základnice	3 km		13 km		23 km	
	ne	u	ne	u	ne	u
Počet hodnôt	1265	1265	1257	1257	1245	1245
Minimálna hodnota	0,0 cm	0,1 cm	0,1 cm	0,1 cm	0,1 cm	0,1 cm
Maximálna hodnota	2,4 cm	10,8 cm	6,9 cm	10,5 cm	8,9 cm	13,2 cm
Priemer	0,5 cm	2,4 cm	1,9 cm	2,5 cm	2,7 cm	2,7 cm
Štandardná odchýlka	0,60 cm	2,83 cm	2,21 cm	3,22 cm	3,05 cm	3,64 cm
Stredná chyba	0,01 cm	0,07 cm	0,06 cm	0,09 cm	0,10 cm	0,12 cm

Záver

Predložená práca poukazuje na možnosti monitoringu sieťového riešenia a predovšetkým opisuje monitoring kvality Slovenskej priestorovej observačnej služby. Poukazuje, že aj bez finančných prostriedkov, bez nutnosti budovania monitorovacích staníc, a s využitím open source softvéru sa dá vytvoriť plnohodnotný monitoring celého územia Slovenska. Monitoring neposkytuje informácie o presnosti konkrétnych meraní v teréne, ktoré sú závislé od dĺžky observácie, vnútornej presnosti prístroja a pod., ale poskytuje informácie o sieťovom riešení, teda s akou presnosťou dokáže služba generovať virtuálne referenčné stanice. Zavedenie monitoringu do ostrej prevádzky by poskytovalo správcovi, ale aj samotným používateľom dôležité informácie o kvalite sieťového riešenia v jednotlivých lokalitách a v ľubovoľnom čase. Používateľ by si tak pred, počas aj po skončení merania mohol overiť presnosť služby v záujmovej lokalite. Zavedenie monitoringu kvality by bolo ďalším krokom k skvalitneniu poskytovaných služieb SKPOS.

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel poďakovať Geodetickému a kartografickému ústavu Bratislava a vedúcemu mojej práce Ing. Branislavovi Droščákovi, PhD. za cenné rady a pripomienky a umožnenie pracovať na tomto projekte.

Literatúra

- [1] GKÚ web: <http://www.gku.sk> – webová stránka Geodetického a kartografického ústavu Bratislava.
- [2] Landau, H. - Vollath, U. – Chen, X. 2002. Virtual reference station systems. In *Journal of Global Positioning Systems*. Vol. 1, no. 2, p. 137-143.
- [3] Horváth, T.: *GNSSnet.hu system monitoring and quality control*. 17th Conference of the EUPOS ISC, Novi Sad Serbia, 2010.
- [4] GNSSnet web: www.gnssnet.hu – webová stránka siete permanentných staníc GNSSnet.
- [5] Lukeš, Z. – Mervant, L. – Rezníček, J. – Šnajdrová, M. 2010. Kontrola presnosti síťového řešení CZEPOS v reálnom čase. In *Seminár s medzinárodnou účasťou Družicové metody v geodezii a katastru*. Brno : Vysoké učení technické v Brne, fakulta stavební, 2010.
- [6] CZEPOS web: <http://czeapos.cuzk.cz> – webová stránka siete permanentných staníc GNSS Českej republiky.
- [7] Trimble GPSNet SOFTWARE: *Technical Notes*. [Online]. Dostupné na internete: <<http://www.evsgps.com/PDFS/Datasheet-survey-Trimble-GPSNet-Software.pdf>>
- [8] RTKLIB web: <http://www.rtklib.com> – webová stránka open source softvéru RTKLIB.
- [9] Takasu, T. 2011. *RTKLIB ver. 2.4.1 Manual*. [Online]. Dostupné na internete: <http://www.rtklib.com/prog/manual_2.4.1.pdf>
- [10] Usmernenie Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky. 2010. V ktorom sa stanovujú základné postupy na využívanie Slovenskej priestorovej observačnej služby.
- [11] Web AutoHotkey: <http://www.autohotkey.com> – webová stránka skriptovacieho nástroja AutoHotkey.
- [12] SKPOS web: <http://www.skpos.gku.sk> – webová stránka Slovenskej priestorovej observačnej služby.
- [13] Droščák, B. 2010. SKPOS permanent stations stability monitoring. In *International Symposium on Global Navigation Satellite Systems*. Brussel, Belgium, 2010.
- [14] Ferienc, D. – Leitmannová, K. – Šalátová, E. 2007. Využije Slovenskú priestorovú observačnú službu doprava? In *Geoinformačné systémy v doprave*. Bratislava: Stavebná fakulta, STU v Bratislave, 2007.