

SKÚSENOSTI Z ANALÝZY HARDVÉRU REFERENČNÝCH STANÍC SKPOS

EXPERIENCE FROM ANALYSIS OF SKPOS REFERENCE STATION HARDWARE

Ing. Pavol Ceizel, Ing. Karol Smolík, Ing. Branislav Droščák, PhD. ¹⁾

Abstract

Quality and availability monitoring of SKPOS plays a key role in its continuous operation. The quality control is done in the form of continuous monitoring of services and their components through absolute control system and other processing software or applications. Monitoring is divided into integrity monitoring of the network and its individual components, monitoring of the provided network solution, the availability of services, flow of corrections with its delays and content, monitoring and analysis of time series of coordinates of permanent reference stations. Watching and plotting of time series with topocentric coordinates of reference stations SKPOS forced us to perform additional analyses to detect anomalies obviously caused by the hardware of these stations. In the article below the analyses are described and the obtained results gradually described and evaluated.

1 Úvod

Monitoring kvality a dostupnosti Slovenskej priestorovej observačnej služby (ďalej SKPOS) patrí ku kľúčovým úlohám pri zabezpečovaní jej plynulého a najmä bezchybného chodu. Kontrola je vykonávaná formou nepretržitého monitorovania služby a jej komponentov prostredníctvom riadiaceho softvéru, ďalších spracovateľských softvérov, alebo rôznych aplikácií. Monitorovanie je rozdelené na sledovanie integrity siete a jej jednotlivých súčastí, na sledovanie kvality poskytovaného sieťového riešenia, na sledovanie dostupnosti služby, toku korekcií, ich oneskorení a obsahu a na sledovanie a analyzovanie časových radov súradníc permanentných referenčných staníc. Práve pri sledovaní a vykresľovaní časových radov topocentrických súradníc referenčných staníc SKPOS sme zaznamenali anomálny vývoj časových radov súradníc niektorých staníc, čo nás prinútilo vykonať viaceré analýzy s cieľom odhaliť zistené anomálie týkajúce sa zrejme hardvéru týchto staníc. V texte nižšie sú popísané a vyhodnotené získané výsledky z vykonaných analýz.

2 Výpočet presných súradníc referenčných staníc a tvorba časových radov

Výpočet presných súradníc referenčných staníc SKPOS je v súčasnosti na Geodetickom a kartografickom ústave Bratislava (ďalej GKÚ) vykonávaný rutinne pre každý deň vedeckým softvérom Bernese verzia 5.2 [1]. Ako prvé sú počítané denné riešenia, ktoré sú kombinované do týždenných ukladaných v tvare SINEX. Údaje súborov SINEX sú použité na vykreslenie časových radov topocentrických súradníc referenčných staníc SKPOS v systéme ETRS89. Metodike spracovania a vykresľovania časových radov sa bližšie venuje príspevok [2].

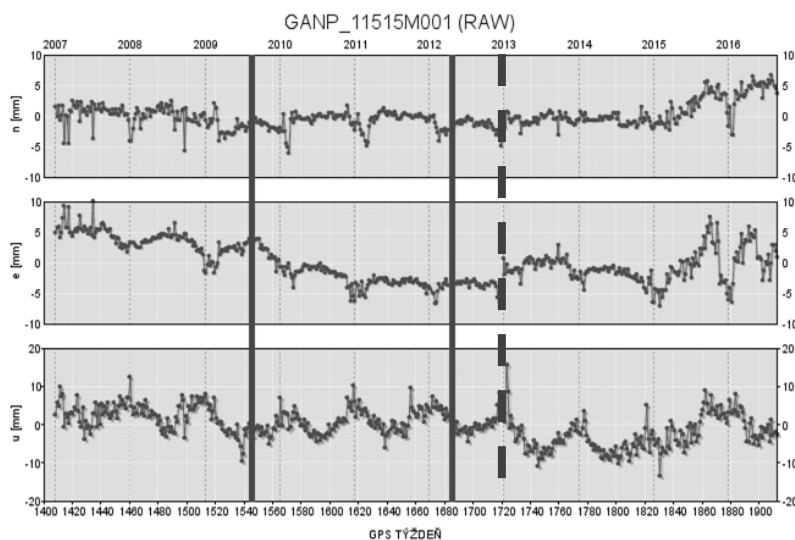
1) Ing. Pavol Ceizel, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, e-mail: pavol.ceizel@skgeodesy.sk

Ing. Karol Smolík, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, e-mail: karol.smolik@skgeodesy.sk

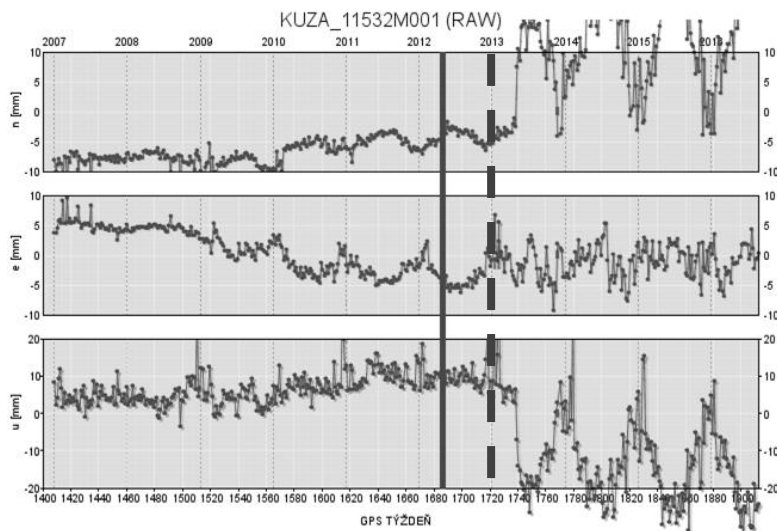
Ing. Branislav Droščák, PhD., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, e-mail: branislav.droscak@skgeodesy.sk

3 Detekcia anomálneho správania sa niektorých časových radov súradníc

V poslednom období sme v rámci rutinných výpočtov a vykresľovania časových radov topocentrických súradníc permanentných referenčných staníc SKPOS, podľa metodiky uvedenej v kapitole vyššie, spozorovali pri niektorých stanicích nezvyčajné správanie sa ich časových radov, prejavujúce sa v podobe zvýšenej variácie jednotlivých komponentov súradníc, pozri (obr.1 a 2). (Pozn. Vertikálne neprerušované línie na obr.1 a 2 zobrazujú okamihy výmeny prijímača na stanici a prerušované línie zobrazujú okamihy prechodu na inú verziu výpočtového softvéru, čo sa môže niekedy prejaviť skokom v súradniciach v časových radoch).



Obr. 1 Relatívna poloha stanice GANP v ETRS89 - komponenty n, e, u [mm].



Obr. 2 Relatívna poloha stanice KUZA v ETRS89 - komponenty n, e, u [mm].

Zvláštne bolo, že spozorované anomálie sa týkali nie jednej, ale viacerých staníc SKPOS. Konkrétne boli anomálie spozorované na referenčných staniciach GANP (Gánovce), KUZA (Žilina), SKSV (Snina), SKTN (Trenčín) a SKVK (Veľký Krtíš). Ich rozloženie v rámci Slovenska sa nachádza na obr. 3. Ďalším podozrivým zistením bolo, že okamihy začiatkov

anomálneho správania sa časových radov súradníc týchto staníc boli na jednotlivých stanicach odlišné a aj ich charakter bol odlišný (pozri tab. 1 s popisom zistených anomálií). Na základe týchto zistení sme sa rozhodli vylúčiť hypotézu, že zistené anomálie by boli spôsobené tým istým faktorom. Je potrebné podotknúť, že kvalita poskytovaných služieb SKPOS nebola týmto anomálnym správaním sa uvedených staníc postihnutá, nakoľko milimetrové, až centimetrové rozptyly sú výrazne eliminované poskytovaným sieťovým riešením a správca priebežne prepočítaval a podľa potreby upravoval súradnice referenčných staníc.



Obr. 3 Rozmiestnenie problematických staníc SKPOS.

Tab.1 Popis zistených anomálií časových radov

Stanica	Odhad dátum začiatku „problému“	Popis „problému“
GANP	Marec 2015	Zväčšenie rozptylu v zložkách n , e .
SKTN	Apríl 2012	Zväčšenie rozptylu a nadobudnutie klesajúceho trendu v zložke u .
KUZA	Marec 2013	Výrazná periodicitá s amplitúdou až 2.5 cm v zložkách n , u .
SKVK	Február 2014	Skokový vývoj so zväčšeným rozptylom hodnôt a klesajúcim trendom v zložke u .
SKSV	Júl 2014	Nadobudnutie klesajúceho trendu v zložke e .

4 Analýza anomálií

Analýzou všetkých časových radov súradníc permanentných referenčných staníc SKPOS sme prišli k záveru, že zistené anomálie na niektorých stanicach (tab.1) nemá na svedomí výpočet, ale pravdepodobne hardvér týchto referenčných staníc, prípadne kvalita ich stabilizácie, alebo vplyv lokálnej geodynamiky. Aby sme vylúčili prípadný vplyv používaného softvéru konvertujúceho ukladané údaje v binárnom tvare prijímačom do tvaru RINEX (nástroje runpkr.exe, TEQC.exe), vykonali sme konvertovanie aj pomocou iných nezávislých nástrojov. Výsledok experimentu bol negatívny a nepotvrdil problém týchto softvérov. Ďalším krokom bolo otestovanie hardvérových komponentov jednotlivých referenčných staníc. Tie na jednotlivých stanicach pozostávajú z antény, prijímača a kábla, ktorý spája anténu s prijímačom. Za týmto účelom bolo vykonaných niekoľko experimentov, ktoré sú ďalej popísané.

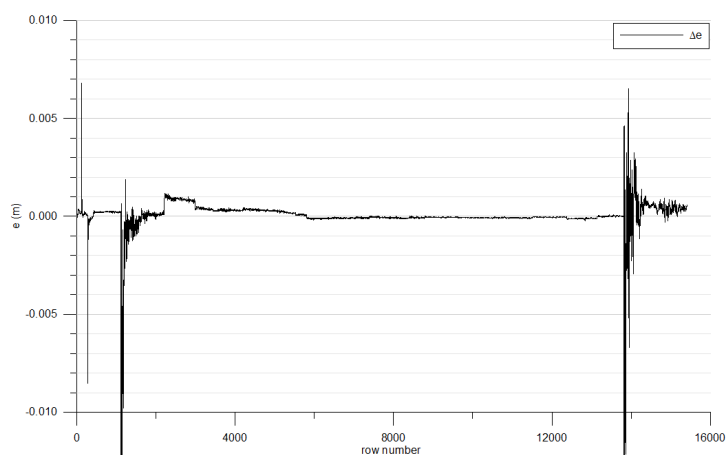
4.1 Kontrola prijímačov

Ako prvé sme sa zamerali na kontrolu používaných prijímačov a odhalenie ich potenciálnych problémov. Pretože sme nechceli vykonať nepodložené zásahy do kontinuálneho chodu referenčných staníc ich výmenou, rozhodli sme sa otestovať prijímače nasadením druhého (kontrolného) prijímača pripojením na rovnakú referenčnú anténu pomocou rozbočovača, t.j. na jednu anténu boli súčasne pripojené dva prijímače (pozri schému na obr. 4).



Obr. 4 Schéma pripojenia dvoch prijímačov na jednu anténu.

Takouto formou sme v priebehu roka 2015 postupne otestovali stanice KUZA, SKTN, SKVK a GANP, pričom na každej stanici bol kontrolný prijímač pripojený približne jeden mesiac. Na výpočet rozdielov oboch prijímačov boli použité výsledky získané prostredníctvom softvéru Trimble Pivot Platform, riadiacim softvérom služby SKPOS, do ktorého boli oba prijímače súčasne zapojené. Rozdiely boli vykresľované s hodinovým a 15 minútovým krokom. Príklad zobrazenia rozdielov komponentu „e“ na stanici SKTN je uvedený na obr. Obr. 5. Štatistické informácie z porovnania prijímačov vykonaných na všetkých referenčných staniciach sa nachádzajú v Tab. 2. Štatistické hodnoty uvedené v tab.2 (priemer, medián, STD - štandardná odchýlka) sú vypočítané z absolútnej hodnoty rozdielu súradníc z oboch prijímačov.



Obr. 5 Ukážka rozdielu v zložke e medzi dvomi prijímačmi napojenými na jednu anténu na stanici SKTN.

Tab.2 Štatistiky z porovnania dvoch prijímačov súčasne pripojených na jednu anténu na jednotlivých staniciach.

stanica	GANP [mm]			KUZA [mm]			SKTN [mm]			SKVK [mm]		
	n	e	u	n	e	u	n	e	u	n	e	u
súradnica												
priemer	5,17	14,91	0,09	0,21	0,29	0,53	0,12	0,11	0,30	2,03	1,54	2,86
STD	0,07	0,08	0,09	0,77	1,48	2,51	0,88	1,24	1,24	2,01	2,37	2,45
medián	5,17	14,91	0,06	0,13	0,13	0,15	0,04	0,11	0,49	1,38	0,43	2,71

Na všetkých testovaných stanicích vyšli minimálne, v prípade stanice GANP konštantné, rozdiely vo všetkých súradniciach medzi oboma prijímačmi. Výnimkou bola iba stanica SKVK, kde vykreslené rozdiely boli odlišné. Získané výsledky nasvedčovali, že testované prijímače by mali byť v poriadku a detekovaná anomália by mohla byť spôsobená anténou, káblom, prípadne stabilizáciou alebo podložíom. Za antény hovoria najmä fakty, že všetky majú už cca 10 rokov a pochádzajú z jednej série. Je preto možné, že im postupne končí životnosť. Protiargumentom však môže byť názor zástupcov rôznych partnerských inštitúcií zaoberajúcim sa spracovaním referenčných staníc, že drvivú väčšinu hardvérových porúch pri referenčných stanicích GNSS má na svedomí prijímač.

4.2 Kontrola antén

Druhým krokom bola kontrola činnosti antén. Pre malý počet náhradných antén sme sa rozhodli skontrolovať predovšetkým stanice GANP a KUZA. Stanica GANP bola zvolená preto, lebo je zapojená do EPN (EUREF Permanent Network) a IGS (International GNSS service) siete staníc, čo znamená, že má vyššiu prioritu. Stanica KUZA bola zvolená z toho dôvodu, že oproti ostatným staniciam SKPOS dosahuje najextrémnejšie odchýlky v súradniciach.

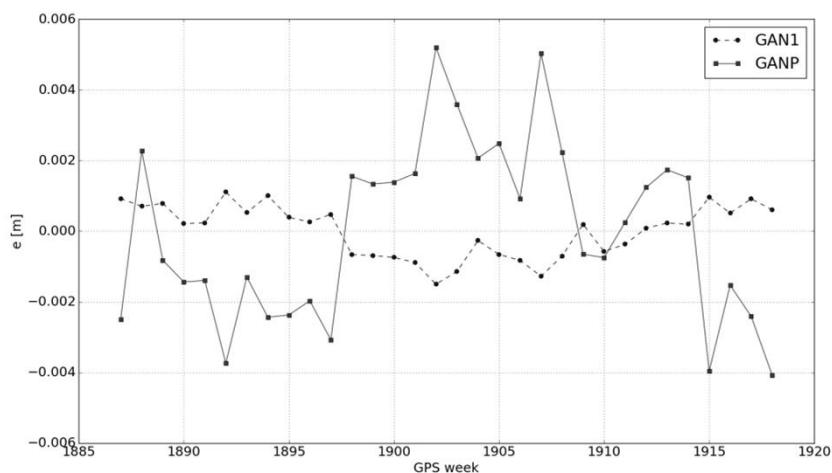
4.2.1 Kontrola stanice GANP

Za účelom analýzy stanice GANP bolo na pilier stanice GANP pripevnené rameno s druhou anténou (obr.6), ktorá bola pripojená na druhý prijímač. Porovnaním výsledkov malo byť odhalené, či sa jedná o problém s anténou, alebo prípadne so stabilizáciou. Za účelom dosiahnutia čo možno najvyššej presnosti, boli obe antény pripojené na rutinné spracovanie vo vedeckom softvéri Bernese 5.2.



Obr. 6 Referenčná stanica GANP s dvoma anténami.

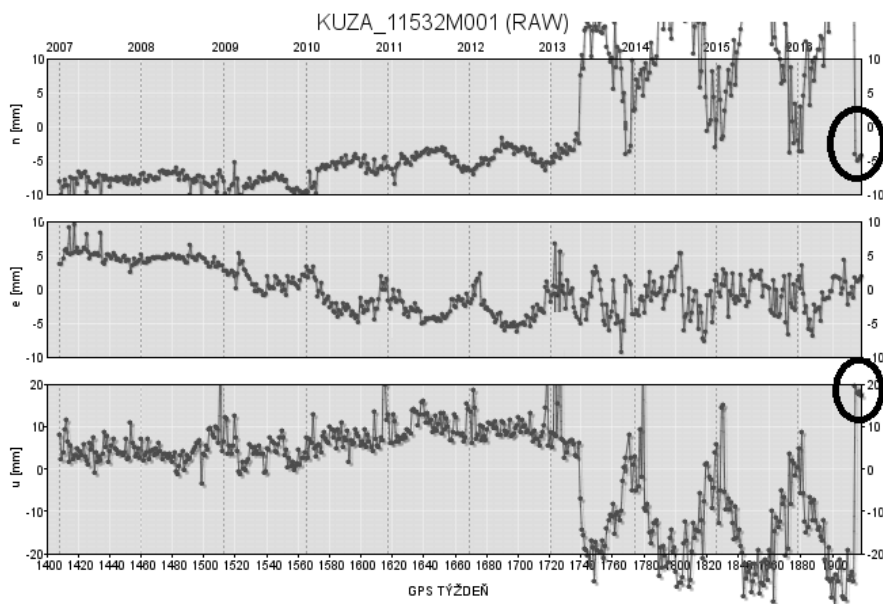
Súradnice oboch staníc GANP a GAN1 (GAN1 označuje názov druhej antény pripevnenej na pilier stanice GANP) sú od 9. marca 2016 neustále monitorované a z výsledkov z doterajšieho obdobia (spracovaných je cca 9 mesiacov) je už možné prehlásiť, že stanica GAN1 dosahuje hladší priebeh s menším rozptylom hodnôt. Naopak, súradnice stanice GANP pokračovali v skokovitejšom trende a s väčším rozptylom hodnôt. Na obr. 7 je zobrazené porovnanie súradnicovej zložky e pre stanice GANP a GAN1. Aj na základe týchto výsledkov bola hypotéza považujúca za dôvod anomálie vplyv stabilizácie alebo pohybu podložia jednoznačne zamietnutá a ostalo pri hľadaní problému v anténe alebo prijímači.



Obr. 7 Zobrazenie priebehu súradnicovej zložky e staníc GANP a GAN1.

4.2.2 Kontrola stanice KUZA

Na stanici KUZA bolo rozhodnuté otestovať anténu jej výmenou. Dňa 14.9.2016 tak došlo k výmene antény, ale aj prijímača. Vplyv výmeny antény s prijímačom sa ihneď odzrkadlil na súradniciach stanice (pozri Obr. 8). Nové hodnoty jednotlivých zložiek súradníc (na obr. 8 zvýraznené v elipse) sú odlišné a zdajú sa byť v rovnakom intervale, ako boli počas bezproblémového chodu stanice KUZA do roku 2013. Situácia sa na prvý pohľad zdá byť vyriešená, ale na vyslovenie jednoznačného záveru je potrebné ešte niekoľko týždňov resp. mesiacov počkať a analyzovať ďalší vývoj časového radu.



Obr. 8 Relatívna poloha stanice KUZA v ETRS89 - komponenty n , e , u [mm].

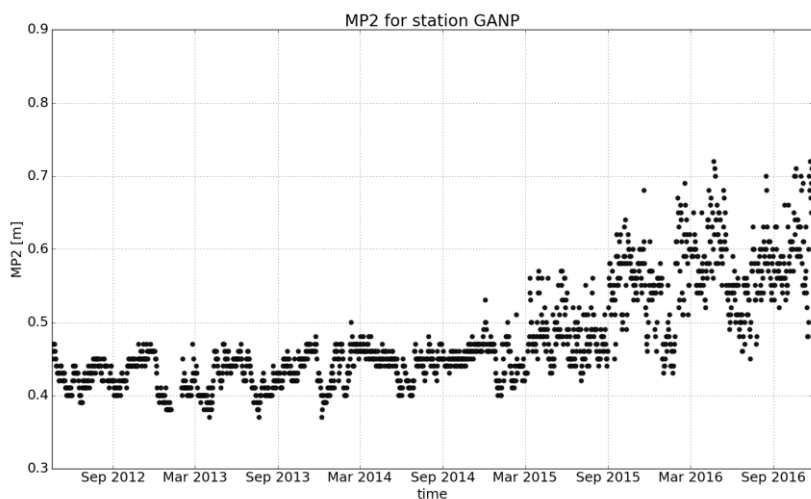
4.3 Analýza vybraných parametrov pomocou nástroja TEQC

Pomocou programu TEQC [3] slúžiaceho na spracovávanie a analýzu údajov GNSS boli postupne získané údaje popisujúce kvalitu observačných údajov z testovaných staníc. Nástrojom TEQC boli sledované najmä parametre ako efekt multipath (MP1 a MP2), počet

observácií, percento observácií a pomer počtu observácií ku sklzom v počítaní celých cyklov (cycle slips). Porovnaním výsledkov boli pri niektorých staniciach spozorované významné rozdiely v niektorých parametroch, ktorých začiatky korešpondovali so začiatkami anomálií detekovaných v časových radoch.

4.3.1 Analýza parametrov multipath (MP1 a MP2) na stanici GANP

Hodnoty parametrov MP1 a MP2 charakterizujú efekt viaccestného šírenia sa signálu (multipath) pre jednotlivé stanice. Napr. z priebehu parametra MP2 stanice GANP (Obr. 9) je evidentná zmena v trende a zväčšenie rozptylu hodnôt parametra v období marca 2015. Tento dátum korešponduje s dátumom, kedy bolo spozorované aj anomálne správanie sa vývoja časového radu súradníc stanice GANP (Obr. 1). Rovnaké hodnoty parametra MP2 boli vypočítané softvérom TEQC aj pre kontrolnú anténu GAN1. Vypočítané hodnoty a rozptyl boli rovnaké ako na stanici GANP v čase jej bezproblémového chodu, t.j. do roku 2014. Keďže stanice GANP a GAN1 sú od seba vzdialené iba pol metra, je nepravdepodobné, že odlišné hodnoty v parametri MP2 by boli zaznamenané iba na jednej z nich. Zistené a aj opticky viditeľné zhoršenie parametra MP2 na stanici GANP je s najväčšou pravdepodobnosťou prejavom problému niektorej časti jej hardvéru.



Obr. 9 Hodnoty parametra MP2 vypočítané na stanici GANP.

Na ostatných kontrolovaných staniciach nebol efekt rozdielného parametra MP2 zistený, resp. zmena nebola taká výrazná.

5 Záver

Hľadanie príčin anomálneho správania sa permanentných staníc a odhaľovanie prípadných porúch ich hardvérových komponentov je ťažká a dlhotrvajúca úloha. V príspevku bolo predstavených niekoľko spôsobov ako sme pri tejto úlohe postupovali v sieti staníc SKPOS. Napriek tomu, že analýzy sú vykonávané už rok a pol, stále nevieme jednoznačne povedať, ktorý z hardvérových komponentov je problémový a ako sa podobným situáciám vyhnúť v budúcnosti. V súčasnosti pracujeme na ich odstránení výmenou oboch komponentov. Na stanici KUZA prebehla kompletná výmena prijímača aj antény s pravdepodobne pozitívnym efektom. Na stanici GANP je naplánovaná taktiež výmena antény aj prijímača. Vymenené komponenty plánujeme podrobiť ďalším analýzám, aby bola odhalená chybná časť.

Literatúra

- [1] DACH, R. - LUTZ, S. - WALSER, P. – FRIDEZ, P. (Eds): *Bernese GNSS Software Version 5.2. [User manual]*. Astronomical Institute, Universtiy of Bern, Bern Open Publishing. DOI: 10.7892/boris.72297; ISBN: 978-3-906813-05-9, 2015.
- [2] Droščák, B.: *Časové rady permanentných staníc SKPOS (2007-2013)*. In: *Zborník referátov „Nové poznatky z realizácie a interpretácie geodetických meraní – Tatry 2013.“*, KGZ SvF STU, SSGK, GKÚ, Štrbské Pleso, 21.-22. november 2013. ISBN 978-80-89626-001-4.
- [3] L. H. Estey and C. M. Meertens: *TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data*. In: *GPS Solutions* (pub. by John Wiley & Sons), Vol. 3, No. 1, pp. 42-49, doi:10.1007/PL00012778, 1999.