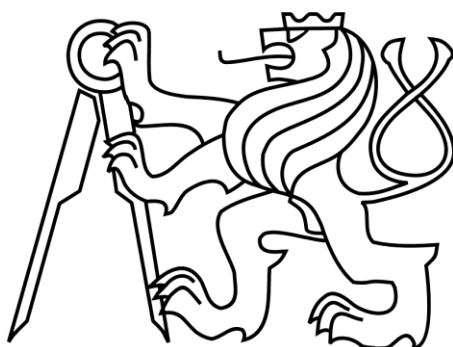


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

OBOR GEODÉZIE A KARTOGRAFIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**GNSS přijímač Trimble R9s, zpracování GNSS dat programem
GAMIT/GLOBK**

**GNSS receiver Trimble R9s, GNSS data processing with
GAMIT/GLOBK software**

Vedoucí práce: Ing. Michal SEIDL, Ph.D.

Katedra speciální geodézie

Květen 2018

Bc. Václav STEIDL



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Steidl Jméno: Václav Osobní číslo: 410910
Zadávající katedra: Katedra speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: GNSS přijímač Trimble R9s, zpracování GNSS dat programem GAMIT/GLOBK
Název diplomové práce anglicky: GNSS receiver Trimble R9s, GNSS data processing with GAMIT/GLOBK software

Pokyny pro vypracování:

Testování přijímače GNSS Trimble R9s v různých režimech provozu s následným zpracováním dat pomocí softwaru GAMIT/GLOBK

Seznam doporučené literatury:

B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger a nd J. Collins, GPS Theory and Practice, Wien, 2001, ISBN 3-211-83534-2

Trimble Navigation Limited, Trimble R9s Receiver - Getting started guide, Sunnyvale, California, 2016

Trimble Navigation Limited, Trimble NetR9 GNSS Receiver - User guide, Dayton, Ohio, 2010

T. A. Herring, R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky, Introduction to GAMIT/GLOBK 10.6, MIT, 2015

T. A. Herring, R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky, GAMIT Reference manual 10.6, MIT, 2015

T. A. Herring, M. A. Floyd, R. W. King, S. C. McClusky, GLOBK Reference manual 10.6, MIT, 2015

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Michal Seidl, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 22.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá přístrojem Trimble R9s a možnostmi nastavení přístroje pro použití jako základnová stanice pro RTK, permanentní stanice a pro statické měření. Dále se práce zabývá zpracováním GNSS dat v programech GAMIT/GLOBK s následným porovnáním s programy Trimble Business Center, Trimble Total Control a Leica Geomatic Office.

Klíčová slova

Trimble R9s, RTK, statické měření, Trimble Installation Manager, GAMIT/GLOBK, GNSS, GPS, Trimble Business Center, Trimble Total Control, Leica Geomatic Office

Abstract

The diploma thesis deals with Trimble R9s and the possibilities of setting the device for use as a base station for RTK, permanent station and for static measurement. Furthermore, it describes GNSS data processing with GAMIT/GLOBK followed by comparison with programs Trimble Business Center, Trimble Total Control and Leica Geomatic Office.

Keywords

Trimble R9s, RTK, static measurement, Trimble Installation Manager, GAMIT/GLOBK, GNSS, GPS, Trimble Business Center, Trimble Total Control, Leica Geomatic Office

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „GNSS přijímač Trimble R9s, zpracování GNSS dat programem GAMIT/GLOBK“ vypracoval samostatně.

Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne

(podpis autora)

Poděkování

V první řadě tímto děkuji vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Michalu Seidlovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při zpracovávání této práce.

V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia a své partnerce Bc. Barboře Vášové za podporu a pomoc při zpracování této práce.

Obsah

Úvod	1
1 Technologie GNSS	2
1. 1 Satelitní systémy	2
1. 1. 1 GPS NAVSTAR	3
1. 1. 2 GLONASS	4
1. 1. 3 Další systémy	4
1. 2 Metody měření	5
1. 2. 1 Statická metoda	5
1. 2. 2 RTK	6
1. 3 Poskytované služby referenčních stanic v ČR	6
1. 3. 1 CZEPOS	6
2 Přístroj Trimble R9s	8
2. 1 Popis přístroje	8
2. 2 Způsoby ovládání	10
2. 2. 1 Přední panel	10
2. 2. 2 Webové rozhraní	11
2. 2. 3 Trimble Installation Manager	20
2. 2. 4 Trimble ACCESS a Trimble DL App	23
2. 2. 5 Aplikační soubory	25
3 Síť GFÚ	26
3. 1 Terestrické měření sítě	26
3. 2 Zpracování naměřených hodnot	27

4 Metody měření	30
4. 1 RTK základnová stanice.....	30
4. 1. 1 Nastavení přijímače.....	31
4. 1. 2 Kontrolní zaměření metodou RTK se základnovou stanicí.....	32
4. 1. 3 Kontrolní zaměření metodou RTK se službou CZEPOS	34
4. 1. 4 Zpracování měření	34
4. 2 Statické měření	36
4. 2. 1 Nastavení	37
4. 2. 2 Kontrolní zaměření	38
4. 3 Permanentní stanice	38
4. 3. 1 Nastavení	38
4. 3. 2 Kontrolní zaměření	39
5 GAMIT/GLOBK	40
5. 1 Popis software a využití	40
5. 2 Zpracování dat spojnice GOPE – NKOS	41
5. 2. 1 Postup výpočtu.....	43
5. 2. 2 Připojení výsledného řešení na polohu GOPE.....	47
5. 3 Porovnání s komerčními programy	48
5. 3. 1 Předzpracování dat	48
5. 3. 2 Výpočet aproximační funkce	49
5. 3. 3 Testování shodnosti programů	53
Závěr	56
Použité zkratky	59
Zdroje	60
Seznam obrázků	63
Seznam tabulek	64
Seznam příloh	65

Úvod

Cílem této diplomové práce je testování přístroje Trimble R9s a jeho nastavení pro tři typy měření, které jsou: základnová stanice pro RTK, permanentní stanice a pro statické měření. Druhým cílem je zpracování GNSS dat v programu GAMIT/GLOBK a následné porovnání výsledků s programy Trimble Business Center, Trimble Total Control a Leica Geomatic Office. Tato část diplomové práce navazuje na autorovu bakalářskou práci, která se týkala zpracování GNSS dat v programech Trimble Business Center, Trimble Total Control a Leica Geomatic Office.

V první kapitole je stručně popsána technologie GNSS. Jsou zde uvedeny základní informace o této technologii, o satelitních systémech, metodách měření a o poskytovaných službách pro korekce metody RTK v České republice.

Druhá kapitola je zaměřena na přístroj Trimble R9s. Jsou zde popsány jednotlivé možnosti nastavení a ovládání přijímače. Dále kapitola pojednává o aplikačních a klonovacích souborech, které slouží pro uložení a přenos nastavení přístroje.

Třetí kapitola se týká tvorby sítě GFÚ a jejího terestrického zaměření totální stanicí a následného zpracování.

Čtvrtá kapitola pojednává o nastavení přístroje Trimble R9s pro základnovou stanici, permanentní stanici a statické měření. V kapitole jsou uvedena jednotlivá nastavení a testování jejich funkčnosti. Dále je v kapitole popsáno zaměření a zpracování kontrolního zaměření pomocí metody RTK se základnovou stanicí a metody RTK se službou CZEPOS. Pro tyto dvě metody je zde uveden způsob zpracování následného porovnání s terestrickým zaměřením sítě.

Poslední kapitola se zabývá zpracováním GNSS dat v programu GAMIT/GLOBK. V kapitole je popsán základní postup výpočtu pomocí tohoto programu na datech stanice NKOS. Dále je zde popsáno zpracování získaných dat pro porovnání s programy Trimble Business Center, Trimble Total Control a Leica Geomatic Office.

V závěru práce je zhodnoceno porovnání metody RTK se základnovou stanicí a metody RTK se službou CZEPOS. Dále je v závěru hodnocen program GAMIT/GLOBK a porovnán s výsledky z programů zpracovaných v bakalářské práci.

1 Technologie GNSS

Globální navigační satelitní systémy slouží pro určování prostorové polohy za pomoci rádiových signálů z družice přijímačem. Tato technologie byla prvotně používána pouze v armádě, kde také vznikla. Postupem času došlo k zpřístupnění této technologie i mimo armádu. Nyní je tato technologie využívána nejen v geodetických oborech, ale také v dopravě, zemědělství, logistice a dalších oborech, kde se uplatní znalost polohy. Běžný člověk se s touto technologií setkává např. při použití chytrých mobilních zařízení nebo navigací v autech. V geodézii tato technologie doplňuje běžné terestrické metody měření a v některých případech je nahrazuje.

1. 1 Satelitní systémy

Satelitní systémy jsou vyvíjeny a provozovány jednotlivými státy nebo mezinárodními společenstvími. Systémy jsou vojenské i civilní. Označení GNSS platí pro systémy, kterými lze určit prostorová poloha na jakémkoliv místě Země v jakýkoliv čas. Do GNSS patří systémy GPS NAVSTAR, GLONASS, Galileo a BeiDou 2 (Compass). Kromě GNSS systémů existují i systémy lokální jako například QZSS (pro Japonsko) a IRNSS (pro Indii).

Satelitní systémy se skládají ze tří segmentů:

- kosmický
- řídicí
- uživatelský

Kosmický segment je tvořen družicemi na oběžné dráze Země. Jednotlivé systémy se liší podle počtu družic, jejich umístěním a tím, zda jsou družice geostacionární (pro lokální systémy nebo doplnění globálních systémů) nebo obíhají Zemi v určitých drahách.

Řídicí segment je tvořen pozemními stanicemi. Stanice mají řídicí a monitorovací funkce. Systémy mají také jednu hlavní řídicí stanici a případně záložní řídicí stanici. Monitorovací stanice sbírají data z družic, na jejich základě se počítají efemeridy družic, opravy hodin družic a vyhodnocuje se „zdraví“ družic. Hlavní řídicí stanice toto vyhodnocuje a předává řídicím stanicím, které komunikují s družicemi a odesílají jim tyto

údaje. Řídící stanice také korigují dráhy družic a opravují chod atomových hodin. Počty a rozmístění stanic jsou pro každý systém různé.

Uživatelský segment tvoří GNSS přijímače uživatelů. Těchto přijímačů je velké množství a liší se způsobem použití, počtem a typem přijímaných frekvencí, počtem kanálů, schopností využít fázové měření a použitým hardware (anténa, hodiny a další) a softwarem přijímače. Běžné přijímače (například v mobilním telefonu) pracují pouze s kódovým měřením. Přesnost určení polohy tímto přijímačem je v řádu metrů. Přijímače pro geodetické účely pracují s fázovým měřením na různých nosných vlnách. Používají také kvalitní antény a hodiny. Tyto přijímače dosahují centimetrové až milimetrové přesnosti podle druhu použité metody a přesnosti přijímače.

Přístroje přijímají signály z družic. Signály jsou sestaveny z nosné vlny, dálkoměrného kódu a navigační zprávy. Nosné vlny a dálkoměrné kódy se liší podle jednotlivých systémů. Některé dálkoměrné kódy jsou také šifrované pro omezené použití např. pouze pro armádu. Navigační zprávy obsahují čas vyslání zprávy, efemeridy družice, almanach, koeficienty ionosférických modelů a stav družice.

V této kapitole bylo čerpáno z [1].

1. 1. 1 GPS NAVSTAR

Jedná se vojenský systém, který spravuje ministerstvo obrany USA. Tento systém byl zpočátku budován pouze pro vojenské účely, ale postupem času byl s určitým omezením zpřístupněn veřejnosti. V roce 2000 došlo ke zrušení omezení a tím se velmi zlepšila přesnost pro civilní uživatele.

Kosmický segment tvoří 27 družic v šesti oběžných drahách. Tyto oběžné dráhy jsou skloněny oproti rovníku o 55° . Výška oběhu nad povrchem Země je 22 200 km. Oběžná doba družice je 11 hodin a 58 minut. Aktuálně je aktivních 31 GPS družic ze tří bloků. Družice posledního bloku IFF vysílají signál na vlnách L1, L2, L2C a L5.

Řídící segment je tvořen hlavní řídicí stanicí na vojenské základně v Colorado Springs, alternativní řídicí stanicí, 11 řídicími stanicemi a 16 monitorovacími stanicemi. Rozmístění stanic je znázorněno na následující obrázku. *V této kapitole bylo čerpáno z [1],[17].*

1. 1. 2 GLONASS

GLONASS je vojenský systém zpravovaný Ruskými kosmickými silami pro potřeby Ruské federace.

Kosmický segment tvoří 24 družic rozmístěných do 3 orbitálních rovin vzájemně posunutých o 120° . V každé dráze se nachází 8 družic posunutých o 45° . Dráhy jsou skloněny o $64,8^\circ$ od rovníku. Oběžná dráha je ve výšce 19 100 km a doba oběhu je 11 hodin 15 minut. Aktuálně je aktivních 23 družic. Družice nejnovějšího bloku Uran-K vysílají signál na vlnách L1PT, L2PT, L3PT, L5R a L2CR

Řídicí segment je složen z jednoho řídicího střediska, 3 rozšířených stanic, 5 povelových stanic a 10 monitorovacích stanic. Stanice jsou rozmístěny po oblasti ruské federace a jedna monitorovací stanice je umístěna v Tádžikistánu.

V této kapitole bylo čerpáno z [1],[20].

1. 1. 3 Další systémy

Mezi další GNSS systémy se řadí Galileo a BeiDou 2 (Compass). Oba tyto systémy se v aktuální době uvádějí do provozu, ale zatím nemají plnou operační schopnost.

Galileo je civilní systém vytvořený Evropskou unií a spravovaný Evropskou kosmickou agenturou. Kosmický systém by měl tvořit 30 družic v režimu 27 + 3 záložní. Družice by měly být umístěny ve třech orbitálních rovinách skloněných od sebe o 120° . Odklon drah družic do rovníku by měl být 56° . Oběžná dráha by se měla nacházet ve výšce 23 222 km. Galileo zahájil provoz v listopadu roku 2016. V té době bylo na orbitě 18 družic. Aktuálně je na orbitě 18 družic a 13 z nich je aktivních. Plná operační schopnost se předpokládá v roce 2019. V roce 2020 by měl být systém plně aktivní v konstelaci 30 družic. *Čerpáno z [1],[14],[15].*

BeiDou 2 (Compass) je systém, který spravuje Čínská lidová republika. BeiDou 2 navazuje na lokální systém BeiDou 1. Název Compass byl používán mezi lety 2007-2012. Kosmický systém by měl mít v plném provozu 35 družic, z toho 27 družic na střední oběžné dráze (ve výšce 21 528 km, oběžná doba 12 hodin 53 minut, ve třech rovinách skloněných od sebe o 120° a odklon od rovníku o 55°), 5 družic na geostacionární dráze (58.75° E, 80° E, 110.5° E, 140° E a 160° E) a 3 na geosynchronní dráze (ve výšce

35 786 km, odklon od rovníku 55°). Systém BeiDou 1 byl spuštěn v roce 2000 a fungoval jenom pro oblast Číny jako aktivní systém, kdy musel uživatel požádat o určení polohy. V roce 2011 měl systém 10 satelitů a začal poskytovat služby na globální úrovni. Od roku 2012 je systém pasivní a přijímač určuje polohu sám (jako u ostatních systémů). Aktuálně je na orbitě 28 satelitů. V provozu je 15 satelitů (6 geostacionárních, 3 geosynchronní a 6 ve střední oběžné dráze). Plné zprovoznění systému by mělo být v roce 2020. Čerpáno z [16],[18],[19].

1. 2 Metody měření

Obecně lze geodetické metody rozdělit do dvou skupin, metody postprocessingu a metody v reálném čase. Metody postprocessingu jsou metody, při kterých je nutné měření z terénu zpracovat následovně v kanceláři. Mezi metody postprocessingu se řadí:

- Statická metoda
- Rychlá statická metoda
- Metoda stop and go
- Kinematická metoda

Metody v reálném čase umožňují získání souřadnic již v terénu v okamžiku zaměření bodu. Přesnost těchto metod je v závislosti na použitých korekcích v řádu cm. Zde je zástupcem metoda RTK.

1. 2. 1 Statická metoda

Tato metoda se používá pro přesné určení souřadnic. Princip metody je současné měření dvou a více přijímačů, přičemž jeden přijímač musí být umístěn na bodě o známých souřadnicích. Výsledek je relativní vztah (vektor) mezi přijímači. U této metody je observace na bodě v řádu hodin až dnů. Využití této metody je pro budování sítí nebo například pro sledování pohybů v geodynamické síti.

1. 2. 2 RTK

Metoda RTK je zkratka Real Time Kinematic. Tato metoda využívá principu diferenčního měření. Pro výpočet polohy je nutné znát v okamžiku měření korekce polohy. Tyto korekce zajišťuje základnová stanice (base), která je umístěna na bodě o známých souřadnicích. Korekce jsou poté vysílány do přijímače (rover) pomocí radiomodemu nebo přenosem dat přes internet. Základnovou stanicí lze využít vlastní nebo je možné využít síť referenčních stanic (např. CZEPOS, Trimble VRS NOW). Přesnost této metody dosahuje řádu cm a závisí na vzdálenosti mezi base a rover.

V kapitole 1.2 bylo čerpáno z [1].

1. 3 Poskytované služby referenčních stanic v ČR

V rámci České republiky jsou poskytovány služby referenčních stanic pro metodu RTK a data pro postprocessing. Kromě níže uvedené služby CZEPOS provozuje v České republice společnost Trimble síť permanentních stanic VRS NOW Czech.

1. 3. 1 CZEPOS

CZEPOS je síť permanentních stanic kterou, spravuje a provozuje Český úřad zeměměřičský a katastrální. Tato síť je součástí geodetických základů České republiky.

Síť tvoří 28 permanentních stanic na území ČR, které jsou vzájemně vzdáleny cca 60 km. Dále je využíváno 27 příhraničních stanic okolních států.

CZEPOS poskytuje služby pro DGPS, RTK, VRS a data pro postprocessing. Služby RTK a VRS jsou poskytovány v reálném čase pomocí síťového protokolu NTRIP. Proto je nutné mít mobilní internetové spojení GPRS.

Služba DGPS je služba na poskytování korekcí kódového měření. CZEPOS zde poskytuje korekce pro GPS a GLONASS ve formátu RTCM 2.3. Přesnost určení by měla být do 10cm.

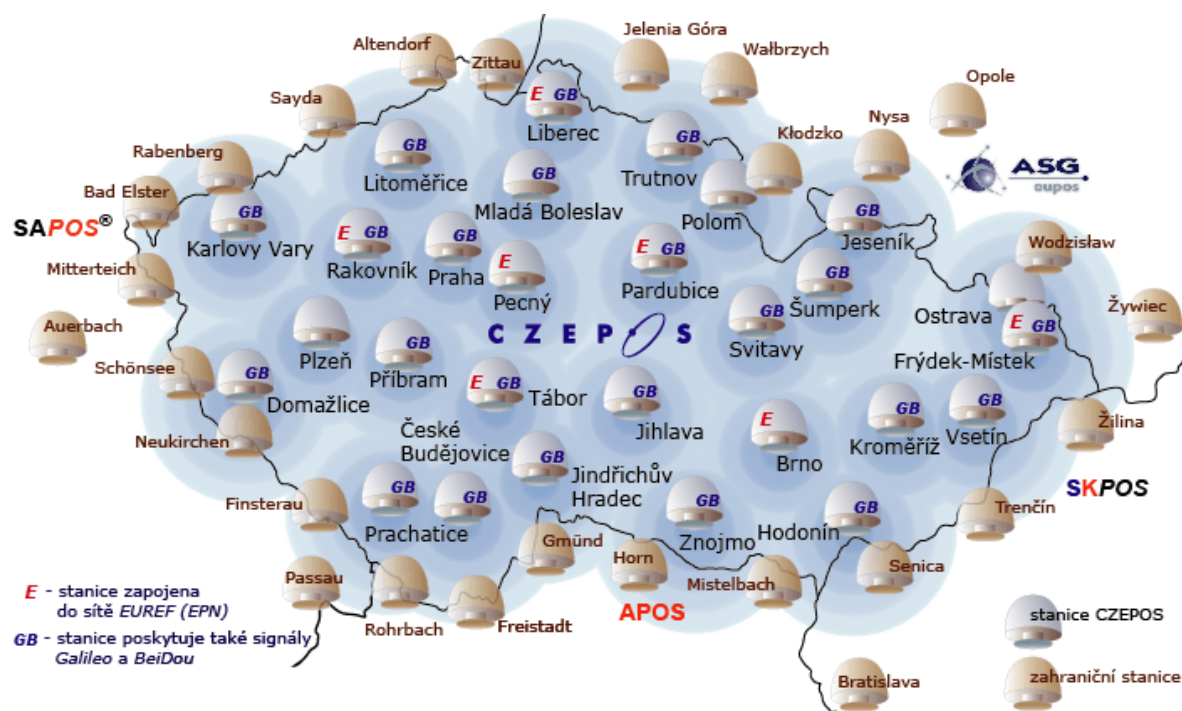
Služba RTK je určena pro metodu RTK, kdy jsou zasílána korekční data pouze z jedné permanentní referenční stanice. Zde je možná volba korekcí pro systémy GPS,

GPS+GLONASS nebo GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo z nejbližší stanice. Dále je zde možnost zvolit si stanici pro korekce GPS+GLONASS. Formát vysílaných dat je RTCM 3.1, v případě vysílaných korekcí pouze pro GPS, jsou data ve formátu RTCM 2.3. Přesnost určení by měla být v řádu jednotek cm.

Služba VRS je služba virtuální referenční stanice. Tato služba využívá síťová řešení z dat více referenčních stanic a umisťuje virtuální referenční stanici do lokality měření. CZEPOS poskytuje několik typů VRS řešení pro systémy GPS a GPS+GLONASS. Jednotlivé typy se liší způsobem generování virtuální stanice a formáty vysílaných dat. Kromě standardního formátu RTCM 3.1 jsou data také poskytována ve formátu CMR, CMR+ a Leica 4G. Přesnost určení by měla být v řádu jednotek cm.

Služby RINEX a virtuální RINEX jsou služby pro postprocessing, které slouží pro získání observací a korekcí z referenčních stanic nebo ze stanice vypočtené poblíž dané lokality. Tato data nelze získat v reálném čase, ale pouze zpětně. Formát poskytovaných dat je RINEX 2.11.

V této kapitole bylo čerpáno z [21],[23].



Obrázek 1: CZEPOS – rozmístění referenčních stanic

[Zdroj: <http://czepos.cuzk.cz/index.aspx>]

2 Přístroj Trimble R9s

Přístroj Trimble R9s je modulární GNSS přijímač od firmy Trimble. Využití tohoto přístroje je pro RTK, pro sběr dat pro postprocessing nebo jako mobilní referenční stanice. Označení modulární znamená, že je možné zvolit takové nastavení a výbavu, aby konfigurace přístroje odpovídala potřebám konkrétního měření. Funkce přístroje lze v případě potřeby zpětně dokoupit.



Obrázek 2: Přijímač Trimble R9s s anténou

[Zdroj: <https://www.korecgroup.com/wp-content/uploads/2016/10/R9S-2.jpg/>]

2. 1 Popis přístroje

Jedná se o GNSS přijímač využívající technologii Trimble 360, díky které zpracovává data ze satelitů GPS (i frekvence L5), GLONASS, Galileo, BeiDou a ze satelitů QZSS, WASS, EGNOS, GAGAN na 440 kanálech. Frekvence určování polohy a záznamu dat může být až 20 Hz. Přístroj umožňuje nezávislý záznam dat ve dvou relacích. Data lze ukládat do interní paměti, na externí uložení přes USB a v případě připojení k internetu ukládat na FTP server nebo odesílat e-mailem. Přijímač nemá integrovanou anténu.

Přístroj je možné volit s interním UHF radiomodemem pro příjem a vysílání RTK korekcí. Bez interního radiomodemu lze využít výkonný externí radiomodem. Pro komunikaci a přenos dat lze využít sériové porty, Ethernet a bezdrátovou technologii Bluetooth. Korekce umožňuje vysílat a přijímat ve formátech CMR, CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 2.3, RTCM 3.0 a RTCM 3.1, surové observace ve

formátech RT17, RT27 a RTCM 3.x a poziční data ve formátech NMEA-0183 v2.30 a GSOF.

Napájení přístroje zajišťuje integrovaná nevyjímatelná baterie, která umožňuje měření až 13 hodin (se zapnutým radiomodem 11 hodin) v závislosti na teplotě. Kromě tohoto napájení lze využít externí baterie a napájení ze sítě.

Přístroj dále obsahuje technologie *xFill*, *Center Point RTX* a *Trimble EVEREST*. Technologie *xFill* slouží pro překlenutí výpadku korekcí při RTK měření. Technologie *Center Point RTX* využívá korekcí získaných ze satelitů bez nutnosti použití referenční stanice nebo sítě stanic. Technologie *Trimble EVEREST* slouží pro eliminaci vícenásobného odrazu signálu.

Přijímač je uložen v obalu, který je odolný podle specifikace IP67 a vojenské specifikace MIL-STD-810GF. Přední strana přístroje obsahuje dvouřádkový displej, sedm tlačítek a diodu. Zadní strana přijímače je obsazena dvěma sériovými porty (Lemo – 7 pinů a DB26 – 26 pinů), TNC konektorem pro připojení antény a odvzdušňovací zátkou pro vyrovnání tlaku. V konfiguraci s interním radiomodem je zde také TNC konektor pro připojení radiové antény. Víceportová redukce na sériový port DB26 obsahuje port pro připojení k internetu RJ45, USB port a port pro připojení externího napájení ze sítě.

V této kapitole bylo čerpáno z [2],[4].



Obrázek 3: Přijímač R9s – pohled zepředu (vlevo), pohled zezadu (vpravo)

[Zdroj: [2] strana 15 a 25]

2. 2 Způsoby ovládání

Přístroj lze ovládat předním panelem, webovým rozhraním, programem *Trimble ACCESS* a aplikací *Trimble DL*. Dále pro aktualizace software a služeb slouží program *Trimble Installation Manager*. Mezi způsoby ovládání lze zahrnout i aplikační soubory, o kterých bude psáno dále.

2. 2. 1 Přední panel

Základní způsob ovládání je pomocí předního panelu přístroje. Toto ovládání umožňuje základní nastavení v polních podmínkách. Pro podrobnější nastavení slouží webové rozhraní.

Panel obsahuje sedm tlačítek (napájení, Escape, Enter a čtyři tlačítka šipek). Napájecí tlačítko slouží pro vypínání, zapínání a reset. Escape je pro vracení na předchozí obrazovku a rušení změny. Enter je pro přesun na další obrazovku a potvrzení změny. Tlačítka šipek slouží pro přesuny po obrazovce.

Ovládání napájecího tlačítka je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 1: Ovládání tlačítka napájení

operace	doba stlačení
vypnutí přijímače	dvě sekundy
vymazání almanachu, efemerid a nalezených satelitů	15 sekund
reset do továrního nastavení a defaultního aplikačního souboru	35 sekund
úplný reset přístroje (v případě, že nefunguje předchozí)	60 sekund

Pomocí předního panelu lze nastavit následující:

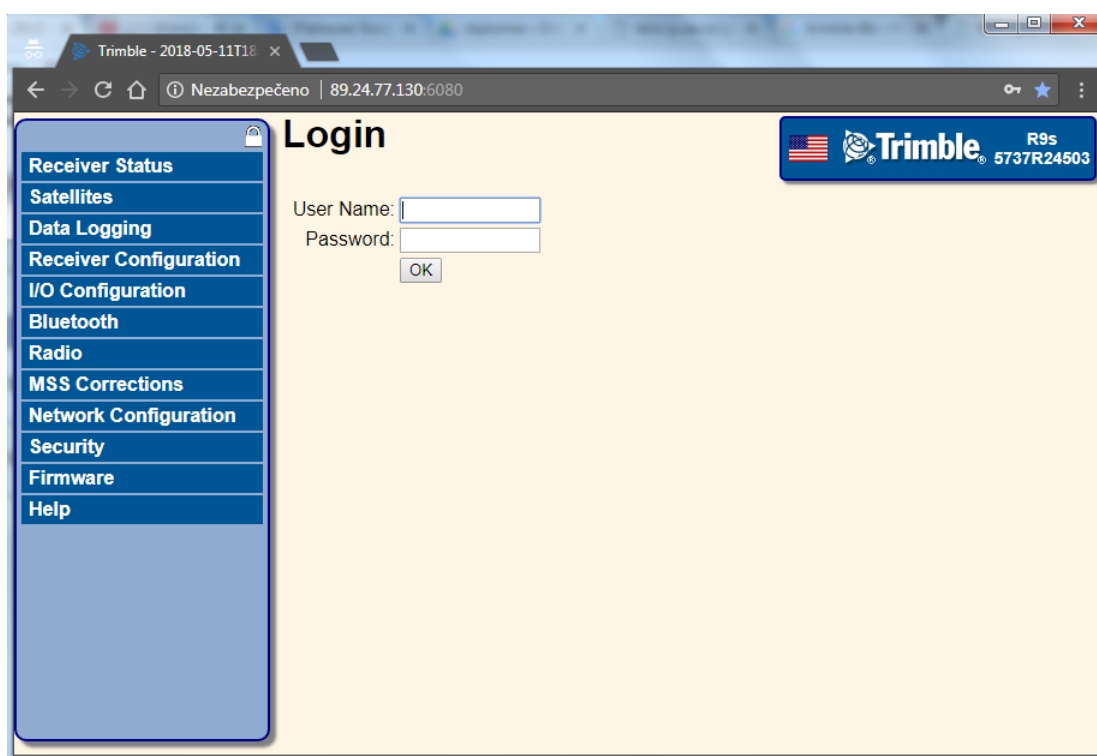
- nastavení systému (jazyk, displej, jednotky, spořič displeje, funkce *Autobase*)
- aplikační soubor (spuštění, uložení a vymazání) – pro spuštění musí být uložen v paměti přístroje
- nastavení záznamu dat na externí zařízení
- nastavení sběru dat pro postprocessing
- nastavení základny pro RTK a roveru pro RTK

Tyto nastavení jsou podrobně popsána v příručce k přijímači R9s [2] v kapitole 5. Čerpáno z [2].

2. 2. 2 Webové rozhraní

Webové rozhraní umožňuje největší množství nastavení přístroje. Možnosti nastavení souvisí s konfigurací přijímače, která byla zakoupena. Z tohoto důvodu budou v následující kapitole probrána nastavení, která souvisí se zakoupenou konfigurací a jsou důležitá pro zkoumané metody měření.

Webové rozhraní lze ovládat z jakéhokoli prohlížeče internetu. Přístroj musí být zapnutý a připojený pomocí UTP datového kabelu. Kabelem může být přístroj připojený přímo k internetu přes router nebo modem. V tomto případě přidělí router nebo modem IP adresu pro přístup do přístroje. Druhou možností je přímé připojení kabelu do počítače. V tomto případě se na předním panelu zmáčkne tlačítko šipky nahoru a na displeji se zobrazí IP adresa, která se zapíše do příkazového řádku prohlížeče a zobrazí se přihlašovací stránka přístroje.



Obrázek 4: Webové rozhraní – přihlašovací okno

Základní popis webového rozhraní je následující. V levé části stránky se nachází menu pro volbu jednotlivých záložek. V pravém horním rohu se nachází okno, kde je uveden název přístroje, pokud je zadán (pokud není, tak je uveden typ přístroje 9Rs) a výrobní číslo. Zde lze také zvolit jazyk webového rozhraní. Webové rozhraní neumožňuje volbu

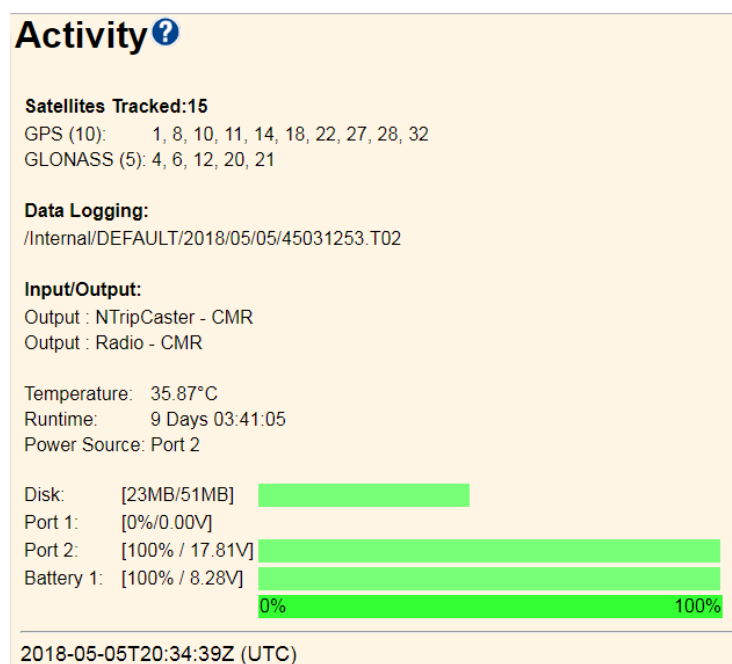
českého jazyka, proto byla použita angličtina. V hlavním okně se po zvolení záložky, podzáložky nebo jiné možnosti zobrazí přehledy a volby nastavení nebo funkce webového rozhraní.

Na přihlašovací stránce se zadají přihlašovací údaje. Přístroj umožňuje vytvoření uživatelů, u kterých lze nastavit oprávnění. Přihlašování se nastavuje v záložce *Security*. Zde je možné také vypnout přihlašování a odhlásit uživatele. V základním nastavení je uživatelem *admin*, který má všechna oprávnění.

Práce ve webovém rozhraní probíhá volbou jednotlivých záložek.

Receiver Status

Tato záložka obsahuje aktuální údaje o stavu a poloze přijímače a informace o modulárním nastavení přístroje.



Obrázek 5: Webové rozhraní – zobrazení aktivity přístroje

Podzáložka *Activity* obsahuje přehled aktuálního stavu přístroje. Uveden je zde počet aktuálně používaných družic v jednotlivých systémech, do jakých souborů a kam se aktuálně ukládají data a jaké jsou aktuálně vstupy a výstupy signálů. Dále jsou zde uvedeny údaje jako je teplota přístroje, doba, po kterou je přístroj spuštěn, typ napájení, zaplnění paměti a stav baterie.

Podzáložka *Receiver Options* obsahuje seznam aktuálního nastavení modulárního přístroje. Zde je možné po zakoupení služby zadat aktivační kód pro aktivaci služby. Pod tlačítkem *Option Detail* se nachází celkový seznam služeb, které lze v přístroji aktivovat a u každé je informace o tom, zda byla nainstalována.

Podzáložka *Identity* zobrazuje souhrnné informace o přístroji (typ, systémový název, sériové číslo, MAC adresy, verze firmware, databázi a knihoven).

V podzáložce *Position* jsou uvedeny údaje o poloze včetně hodnot DOP a přesnosti pozice. Podzáložka *Position (Graph)* umožňuje zobrazit různé parametry polohy v grafech. Podzáložky *Google Maps* a *Google Earth* umožňují zobrazení polohy.

Satellites

Záložka *Satellites* obsahuje aktuální informace o satelitech (tabulky, grafy, *SkyPlot*) a dále jsou zde predikované informace o družicích. V podzáložce *Enable/Disable* můžeme zapínat a vypínat jednotlivé družice a systémy.

Data Logging

V záložce *Data Logging* se nastavuje ukládání dat a je zde možné prohlížení, konverze a stažení dat.

Podzáložka *Summary* obsahuje informace o stavu paměti a relacích. U paměti lze využít funkci *Auto Delete*, která při nízké kapacitě paměti maže staré záznamy. U jednotlivých relací je zde uvedena frekvence měření dat, výpočet polohy, délka observace a informace o stavu relace. Zde je také možné relace pouštět a zastavovat označením tlačítka *Enable*.

Data Logging ?

File System	Size	Available	32%	Auto Delete	
/Internal	51.41 MB	16.57 MB	32%	<input type="checkbox"/>	Format
/External				<input type="checkbox"/>	

Session	Schedule	Status	Enable
DEFAULT Measurements 15 Sec. Positions 1 Min.	Always	Disabled	<input type="checkbox"/>
always Measurements 10 Sec. Positions 1 Min.	Always	Disabled	<input type="checkbox"/>

Obrázek 6: Webové rozhraní – ukládání dat

Přístroj R9s dokáže ukládat dvě relace statického měření nezávisle na sobě. Jedna relace je defaultně nastavena na název *DEFAULT* a druhou lze pojmenovat. Druhá relace se přidá tlačítkem *New Session*. Tuto relaci lze vymazat a místo ní vytvořit novou relaci. Nastavení relace se provede po kliknutí na název relace.

Data Logging Configuration ?

Session Name: DEFAULT
 Enable:
 Schedule: Always

Measurement Interval: 15 Sec.
 Smooth Pseudorange:
 Smooth Phase:
 Position Interval: 1 Min.
 Log Received Corrections:
 Log Raw Nav Data:
 Log SBAS Data:

File System: /Internal
 Path Style: Flat
 Name Style: #####xx
 FTP Push:
 Convert: None (FTP T01/T02 files)
 Email Push:

OK Cancel

Obrázek 7: Webové rozhraní – nastavení relace

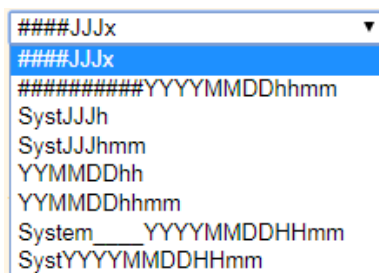
Nastavení relace

V první části se tlačítkem *Enable* nastavuje, zda se má relace po nastavení spustit. Dále je volba typu měření a u každého typu se nastavují jiné parametry.

- Always* - jedná se o kontinuální měření, které začíná a končí spuštěním přijímače nebo relace a končí vypnutím přijímače nebo relace a ztrátou datového toku z družic
- vytvoří jeden soubor dat za celé měření
- Manual* - jedná se o observaci o dané délce, která se nastaví v kolonce *Duration*
- měření začíná a končí spuštěním přijímače nebo relace a končí po uplynutí nastavené doby
 - vytvoří jeden soubor dat za celé měření
- Once* - jedná se o observaci, která započne v nastavený den a čas GPS a bude trvat podle nastavené délky
- vytvoří jeden soubor dat za celé měření
- Daily* - jedná se o observaci, která každý den započne v daný čas GPS a bude trvat podle nastavené délky
- vytvoří jeden soubor dat každý den měření
- Continous* - jedná se o typ relace vytvářející soubory o dané délce observace, které na sebe navazují a postupně je po skončení jednotlivých observací ukládá
- začátek první observace je v čase spuštění, ale konec a začátek další observace je podle nastavení délky observace (např. 60 minutové soubory začínají v 0 minut 0 sekund dané hodiny, 360 minutové observace začínají v 0:00:00 daného dne a na začátku každé 6 hodiny ve dne)
 - konec této relace je vypnutím přístroje

V druhé části se nastavují intervaly měření dat, interval výpočtu pozice a několik dalších nastavení. Přístroj v testované konfiguraci umožňuje zaznamenávat data od intervalu 0,1 sekund po dobu 10 minut. Výpočet pozice je možné provádět také v tomto intervalu.

V poslední části se nastavuje ukládání dat. Je zde volba paměti, volba struktury složek, podle které se budou data do paměti ukládat, volba názvu souboru a v případě připojení přijímače k internetu volba ukládání dat na FTP server nebo zasílání e-mailem. Možnosti pojmenování souboru lze nastavit podle obrázku č. 8. Jednotlivé znaky v názvech jsou uvedeny v tabulce č. 2.

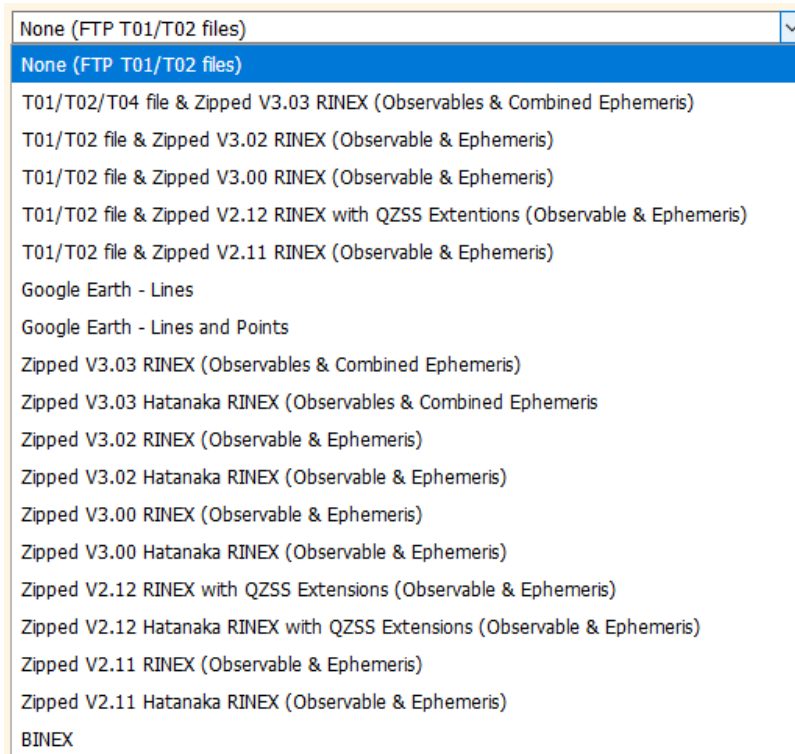


Obrázek 8: Webové rozhraní – volba pojmenování

Tabulka 2: Nastavení pojmenování souboru

znak	popis	znak	popis
#####	sériové číslo přístroje	System	systémová název souboru
####	poslední 4 číslice sériového čísla přístroje	Syst	první 4 znaky systémového názvu přístroje
x	indexový znak, který postupuje (0 až 9) a poté (A až Z)	h	písmenné označení hodiny ve dne (a=00:00, b=01:00 y=23:00)
YYYY	rok	JJJ	pořadové číslo dne v roce
YY	poslední 2 číslice roku	DD	den v měsíci
MM	měsíc	hh(HH)	hodina
		mm	minuta

Odesílání dat na FTP server je možné zvolit v různých formátech (viz obrázek č. 9).



Obrázek 9: Webové rozhraní – formáty ukládání na FTP server

Ostatní podzáložky

Podzáložka *Data Files* umožňuje spravovat naměřená data uložená v paměti. Jedná se o funkce stahování a mazání dat. Rozhraní umožňuje stahovat data ve formátu .T02, konvertovat a stahovat data do formátů, které lze ukládat na FTP server a také prohlížet grafy charakteristik polohy. Stahovat data je možné po jednotlivých souborech nebo vybrat větší množství souborů ve složce.

Podzáložka *Rinex metadata* slouží k nastavení metadat rinexových souborů.

Podzáložka *FTP Push* slouží k nastavení FTP serveru pro ukládání dat. Pro ukládání je nutné nastavit připojení FTP serveru. Zde je nutné nastavit adresu serveru, přihlašovací jméno a heslo a umístění na server, pokud nechceme zapisovat do kořenového adresáře. Dále je zde možné nastavení volby struktury složek, které se vytvoří v zadaném adresáři, a přejmenování souboru. Pokud je toto přejmenování využito, umožňuje pouze jednu možnost a slouží pro případ využití druhé relace, která přidává na konec názvu souboru písmeno. Je zde také možné využít tlačítko *Test*, které odešle na FTP server do nastavené složky testovací soubor pro ověření správného zadání parametrů.

Podzáložka *FTP Push Log* zobrazuje posledních 10 záznamů uložených na FTP server.

Receiver Configuration

Tato záložka slouží pro nastavení antény, referenčních souřadnic, výpočtu pozice, aplikačních souborů, resetu a nastavení jazyku. Po zobrazení této záložky se zobrazí přehled aktuálního nastavení přijímače.

Podzáložka *Antenna Configuration* slouží pro nastavení parametrů antény (typ, RINEX označení, sériové číslo, typ měření výšky antény a výška antény). Po zvolení antény se zobrazí obrázek s anténou.

Podzáložka *Reference Station* obsahuje údaje o referenční stanici (ID pro vysílání korekcí CMR a RTCM, název a kód stanice). Dále se zde nastavují souřadnice referenční stanice. Rozhraní umožňuje vložit pomocí tlačítek aktuální souřadnice nebo průměrné souřadnice za dobu spuštění přijímače. Tyto souřadnice jsou ale počítány z navigačních zpráv družic bez korekcí a jsou proto pro potřeby přesného výpočtu korekcí nepoužitelné.

Podzáložka *Tracking* umožňuje nastavení elevační masky a výběr typů signálů, které mají být použity.

Podzáložka *Position* obsahuje nastavení výpočtu polohy.

Podzáložka *General* umožňuje volbu módu základny nebo rover v případě, že je přijímač zakoupen pro obě možnosti. Pokud je zakoupen pouze pro jednu možnost, tato volba nelze použít. Dále je zde možné nastavit, zda bude použita interní baterie a upravovat nastavení displeje.

Podzáložka *Reset* umožňuje volbu resetu přijímače.

Podzáložka *Application Files* slouží pro správu aplikačních a klonovacích souborů. O aplikačních a klonovacích souborech bude dále psáno v kapitole 2. 2. 5.

I/O Configuration

Type	Port	Input	Output
TCP/IP	5017	-	-
TCP/IP	5018	-	-
TCP/IP	28001	-	-
TCP/IP	28002	-	-
NTRIP Server	-	-	-
NTRIP Caster 1	2101	-	-
NTRIP Caster 2	2102	-	-
NTRIP Caster 3	2103	-	-
Serial	Lemo (38.4K-8N1)	-	-
Serial	Modem 1 (38.4K-8N1)	-	-
Serial	Modem 2 (38.4K-8N1)	-	-
Bluetooth	1	-	-
Bluetooth	2	-	-
Bluetooth	3	-	-
USB	-	-	-
Radio	-	-	-

Obrázek 10: Webové rozhraní – přehled vstupních a výstupních toků dat

Tato záložka umožňuje nastavení vstupních a výstupních signálů pro jednotlivé druhy přenosu dat. Data lze přenášet následujícími typy: TCP/IP, NTRIP Caster, sériové porty, Bluetooth, USB a rádio. Jednotlivé typy přenosů umožňují různá nastavení týkající se specifikace typu přenosu a typu vysílaných nebo přijímaných dat.

V rámci této práce bylo testováno rádio pro přenos korekcí, proto bude dále popsáno. V této záložce se nastavují vstupní a výstupní formáty dat. Přenos korekcí pomocí rádia umožňuje výběr z formátu CMR a RTCM, dále je u každého formátu možné zvolit variantu (CMR: CMR, CMR+, CMRx; RTCM: verze a typ dat).

Radio

Záložka *Radio* umožňuje nastavení vlastností rádia. Přístroj používá UHF rádio na frekvenci 403.000 – 473.000 MHz. V podzáložce *Radio Configuration* se nastavuje volba módu rádia (*Radio Mode*), který lze nastavit na následující možnosti:

Receiver – pro příjem signálu

Transmit with no repeaters – vysílání bez opakovače

Transmit with 1 repeater – vysílání s opakovačem

Repeater – opakovač

Dále je možná volba frekvence a volba síťového módu. V další části je možné vkládání frekvencí pouze pro mód *Receiver*. Pro přidání frekvence pro mód *Transmit* je nutné kontaktovat autorizovaný obchod. Obchod přidá na servery Trimble informaci o frekvenci, kterou je pak možné aktivovat pomocí *Trimble Installation Manager*.

Bluetooth

Záložka *Bluetooth* slouží pro nastavení bezdrátové technologie Bluetooth.

MSS Corections

Záložka *MSS Corrections* slouží pro nastavení korekcí OmniSTAR a RTX.

Firmware

Tato záložka obsahuje nastavení firmware přístroje. V podzáložce *FW Upgrade Check* je možné zjistit, zda je nová verze firmware pro tento přijímač a poté ji nainstalovat. Podzáložka *Install* umožňuje nainstalovat firmware, pokud byl instalační soubor získán mimo webové rozhraní (např. pomocí programu *Trimble Installation Manager*)

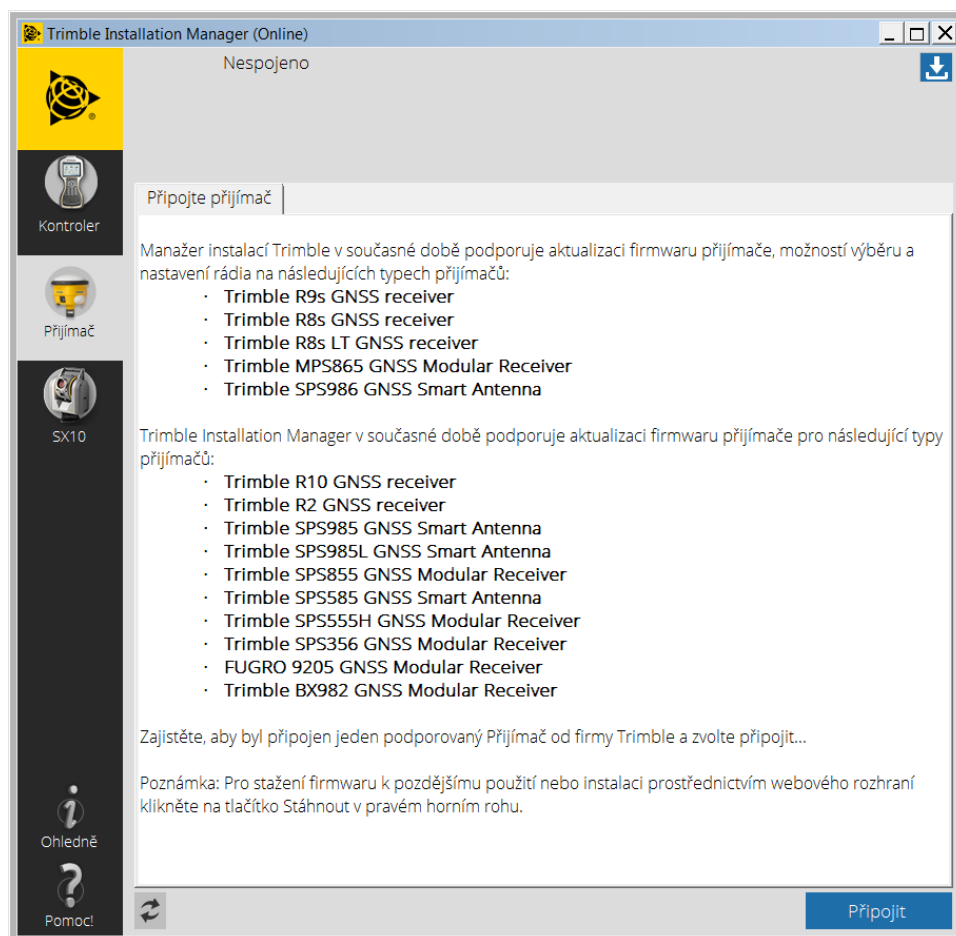
Security

Záložka *Security* umožňuje nastavení zabezpečení přístupu do tohoto přístroje. Je zde možnost změny hesla nebo nastavení uživatelů. Každému uživateli lze přiřadit práva k nastavení a spravování přístroje. V této záložce je také možnost vypnutí zabezpečení.

V této kapitole bylo čerpáno z [2],[3].

2. 2. 3 Trimble Installation Manager

Tento program slouží pro aktualizaci firmware přístroje a pro konfiguraci rádia (pokud je součástí přístroje). Kromě tohoto ještě slouží pro aktivaci dodatečně zakoupených funkcí. Program je vytvořen ve dvou verzích, pro práci online a offline. V rámci této práce byla testována online varianta programu.



Obrázek 11: Trimble Installation Manager – počáteční okno

Program je možné stáhnout z oficiálních stránek společnosti Trimble [5]. Po stažení instalačního programu probíhá standardní instalace programu. Online verze sama při každém spuštění kontroluje aktualizace programu a v případě nové verze programu ji automaticky nainstaluje.

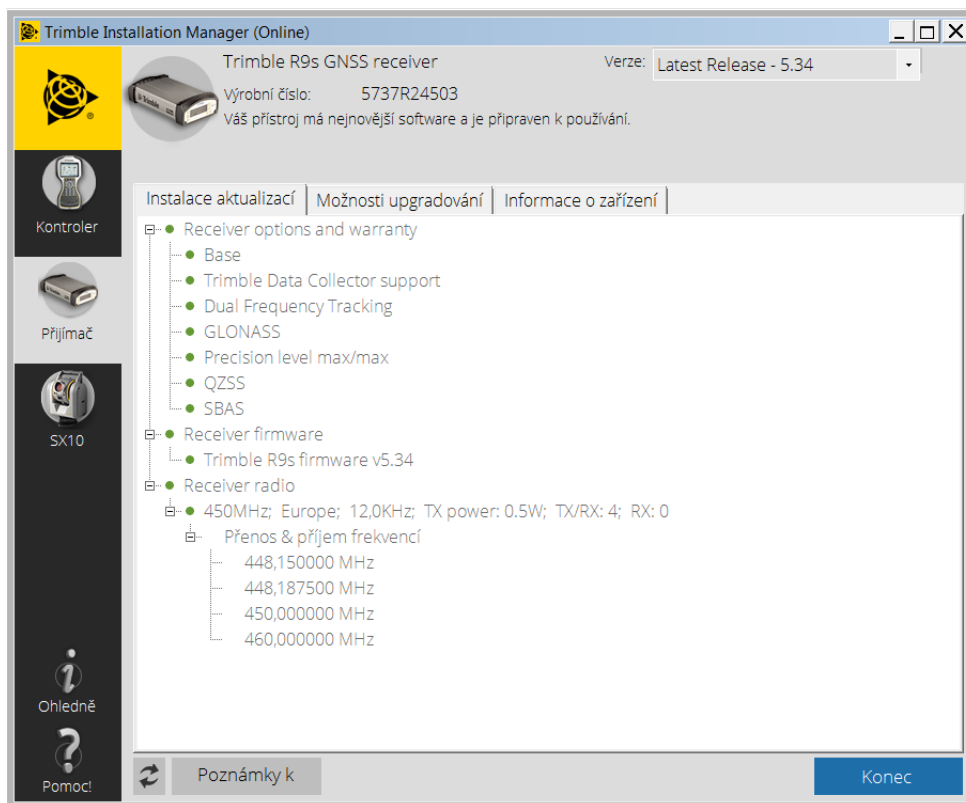
Připojení přístroje k počítači s tímto programem je přes sériový port nebo virtuální sériový port pomocí USB. V případě virtuálního sériového portu pomocí USB je dále nutné provést instalaci tohoto portu. Pro práci s tímto programem byl použit operační systém Windows 7. Pro jiné systémy může být níže popsána instalace jiná. Na odkazu [6] je ke stažení instalace portu. Stažený zip soubor obsahuje dva soubory.

Prvním krokem instalace portu je připojení spuštěného přijímače k počítači pomocí USB. Windows rozezná nové zařízení a pokusí se nainstalovat ovladače, které nainstaluje pro paměť přístroje, ale pro komunikaci pomocí sériového portu musí být provedeno následující:

- do složky *C:\Windows\System32\drivers* se zkopíruje soubor *USBSER.sys*
- ve *Správci zařízení (Ovládací panely\Hardware a zvuk)* se zvolí zařízení, které je označeno vykřičníkem, po zobrazení *Vlastností* se zvolí možnost *Aktualizovat ovladače*, zvolíme ruční vyhledání a vyhledá se stažená složka a potvrdí se výběr

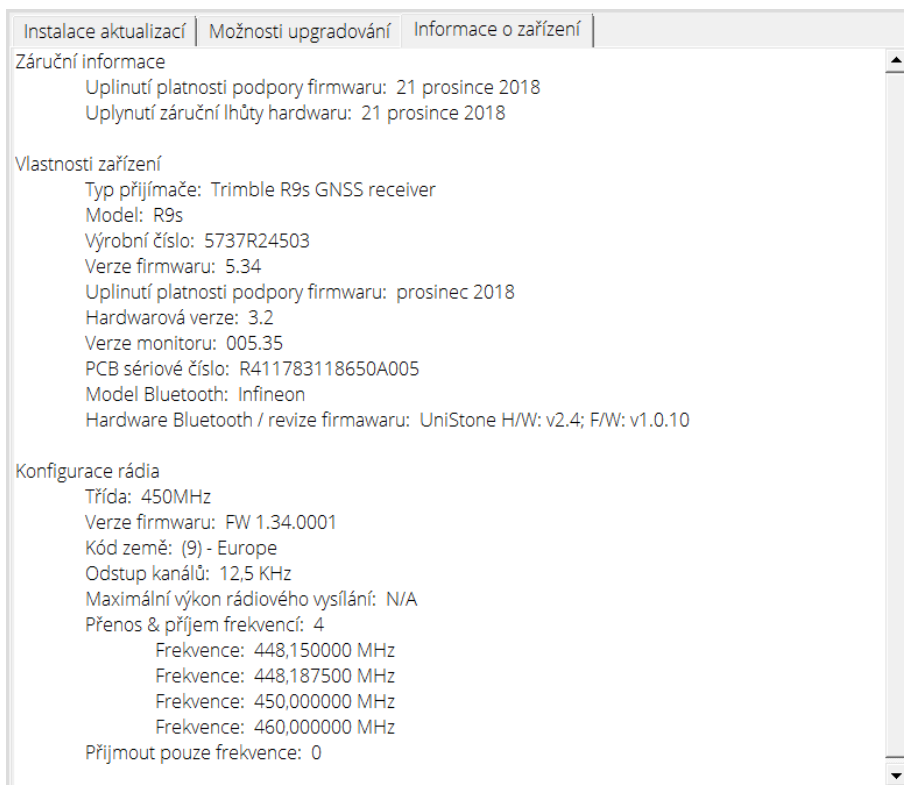
Virtuální sériový port je takto připraven k použití. V průběhu práce bylo zjištěno, že při automatické aktualizaci programu byl port odstraněn a musí být znovu nainstalován. Toto bylo pozorováno na dvou počítačích.

Práce v programu začíná výběrem druhu zařízení. Je možné vybrat přijímač, kontroler nebo přístroj SX10. Po výběru zařízení přijímače se zvolí tlačítko *Připojit* a zvolí se port. Program se spojí s přístrojem a zjistí aktuální nastavení. Zároveň je provedeno spojení s licenčními servery Trimble a zobrazí se možnosti aktualizace firmware, případně aktualizace přístroje po dokoupení funkce.

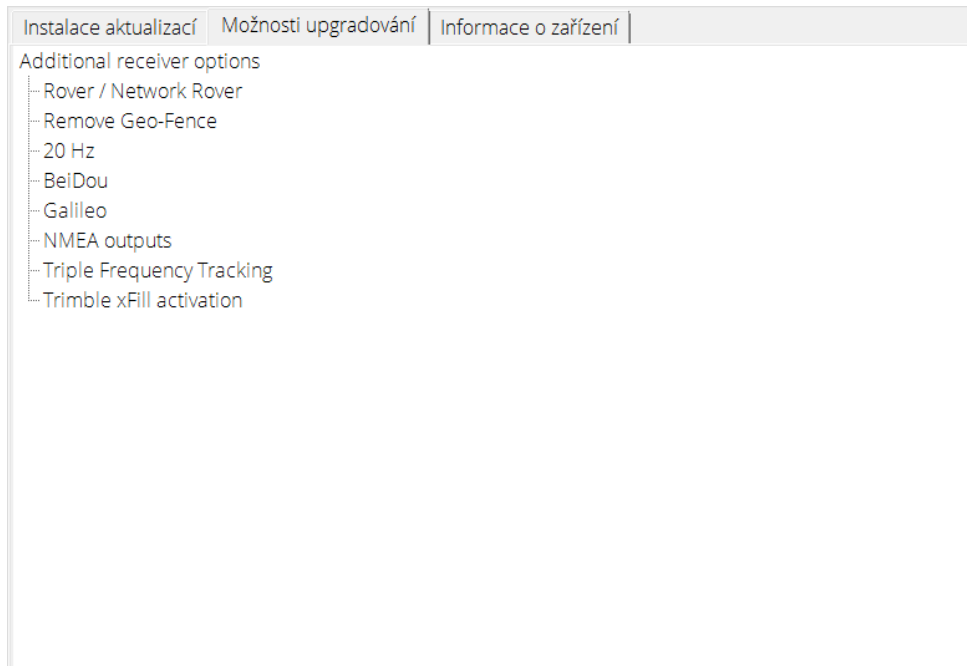


Obrázek 12: Trimble Installation Manager – instalace aktualizací

Další záložky zobrazují aktuální nastavení a možnosti rozšíření funkcí přijímače.



Obrázek 13: Trimble Installation Manager – aktuální nastavení přístroje



Obrázek 14: Trimble Installation Manager – možnosti rozšíření funkcí

Program umožňuje také stahovat aktualizace firmware a poté je nainstalovat do přístroje pomocí webového rozhraní. Před zahájením zkoušení přístroje byl aktualizován firmware na verzi 5.34 a byla provedena aktualizace nastavení radia pro vysílání a přidání frekvence.

V této kapitole bylo čerpáno z [5],[7].

2. 2. 4 Trimble ACCESS a Trimble DL App

Přístroj lze konfigurovat a ovládat kromě výše uvedených možností také zařízením s programem Trimble ACCESS a aplikací Trimble DL App. Tyto možnosti jsou omezené a umožňují jen částečné nastavení a použití přijímače. Pro nastavení přístroje bylo nejvíce využíváno nastavení pomocí webového rozhraní, proto v této kapitole nejsou tyto možnosti popsány detailně, ale pouze uvedeny jako alternativy.

Trimble ACCESS

Trimble ACCESS je řada programů sloužící pro ovládání různých zařízení Trimble. Pro GNSS přijímače slouží program Trimble ACCESS General Survey. Přijímače jsou pomocí tohoto programu ovládány z kontroleru nebo tabletu. Spojení je realizováno pomocí

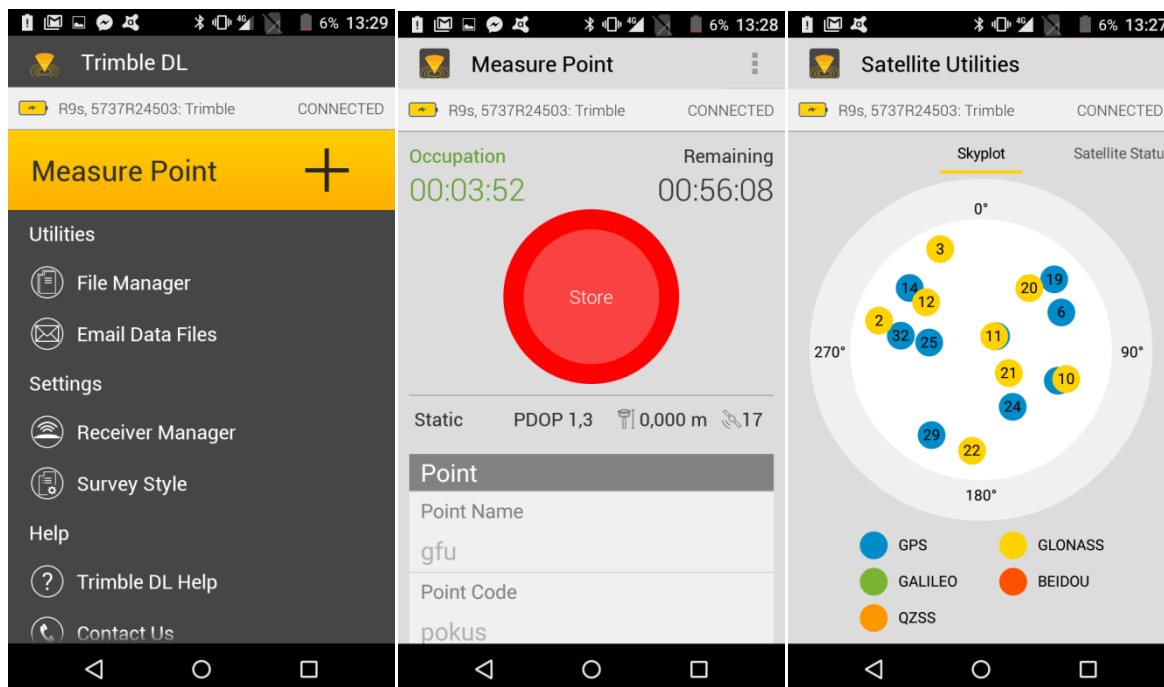
bezdrátové technologie Bluetooth po spárování s přijímačem. Pomocí programu lze nastavovat např. základnovou stanici z kontroleru RTK roveru. Trimble ACCESS General Survey umožňuje další množství nastavení a funkcí, které jsou podrobně popsány v návodu k programu.

V této kapitole bylo čerpáno z [9].

Trimble DL App

Trimble DL App je aplikace pro mobilní zařízení s operačním systémem Android. Zařízení komunikuje s přijímačem pomocí bezdrátové technologie Bluetooth. Zkratka DL v názvu znamená Data Logging. Aplikace slouží k záznamu dat statické a rychlé statické metody. Umožňuje základní nastavení přijímače (anténa, výběr družicových systémů, označení bodu, frekvence ukládání). Data jsou ukládána do paměti přístroje a aplikace také umožňuje odeslání surových dat ve formátu .T02 pomocí e-mailu.

V této kapitole bylo čerpáno z [8].



Obrázek 15: Trimble DL – ukázky aplikace

2. 2. 5 Aplikační soubory

Aplikační soubory slouží pro uložení nastavení přístroje. Jejich využití je zjednodušení nastavení přístroje pro opakované typy měření. Např. pokud je přístroj využíván pro několik různých kampaní, kdy v každé je jiný požadavek na typ dat a interval měření, vytvoří se aplikační soubory pro tyto typy měření a před danou kampaní se nahraje pouze daný aplikační soubor a přístroj je pro tuto kampaně připraven bez nutnosti nastavení všech parametrů. Je tím zaručeno, že tento typ kampaně bude vždy měřen ve stejném nastavení. Dalším využitím je přenesení nastavení na další zařízení stejného typu. Např. při současném měření kampaně několika přístroji se do všech přístrojů nahraje jeden aplikační soubor a tím je zajištěno, že všechny přístroje budou měřit stejně.

Doplněním aplikačních souborů jsou klonovací soubory. Tyto soubory jsou ve formátu XML a doplňují aplikační soubory o nastavení dalších oblastí jako je např. síťové nastavení a bezpečnostní nastavení. Do klonovacího souboru lze zahrnout i aplikační soubor a díky tomu se dá kompletní nastavení přístroje přenést na jiný přístroj.

Základním aplikačním souborem je soubor *Default.cfg*, který obsahuje tovární nastavení přístroje a je uložen v přístroji. V případě resetu do továrního nastavení se tento soubor spustí a přepíše aktuální aplikační soubor.

Práce s aplikačními soubory probíhá v podzáložce *Application Files* v záložce *Receiver Configuration*. Jednotlivé soubory se dají vytvořit a uložit v paměti přístroje nebo stáhnout a přenést do jiného přístroje, případně zálohovat. Přístroj také umožňuje nastavení časovače pro změnu aplikačního souboru, kdy přístroj v daný den a čas automaticky přepíše aktuální aplikační soubor daným aplikačním souborem.

Součástí této práce bylo vytvoření aplikačních souborů pro tři typy měření. Tyto aplikační soubory jsou součástí příloh na přiloženém CD.

V této kapitole bylo čerpáno z [3].

3 Sít' GFÚ

Pro testování přístroje byla navržena sít' v rámci areálu GFÚ na Spořilově v Praze. Konfigurace bodů sítě byla zvolena dle prostorových možností areálu. Tato sít' se skládá z 6 bodů, které jsou stabilizovány nástřelovými hřebíky do obrubníku nebo vozovky. Body sítě byly voleny tak, aby bylo na nich možné použít GNSS přijímač. Areál nedovoloval z důvodu množství budov a stromů volbu takových bodů, které by neměly zhoršené rozhledové podmínky. V blízkosti bodu č. 1 se nacházel v době měření neolistěný strom, který měl vliv na přesnost zaměření tohoto bodu, což bylo zjištěno až při zpracování měření RTK.



Obrázek 16: Sít' GFÚ – zobrazení bodů sítě

[Zdroj: <https://mapy.cz/>]

3. 1 Terestrické měření sítě

Zaměření sítě bylo provedeno dopoledne dne 5. 4. 2018. Bylo polojasno, teplota 15° C. Kvůli absenci tlakoměru byl tlak pro místo měření vypočten z tlaku meteorologické stanice Libuš [25]. Na internetových stránkách stanice [24] byly nalezeny údaje tlaku pro nadmořskou výšku stanice a tlak přepočtený na hladinu moře. Z rozdílu hodnot tlaků a známé nadmořské výšky stanice byla vypočtena konstanta pro změnu tlaku v závislosti na výšce a pomocí ní vypočten tlak v místě měření.

Tabulka 3: Hodnoty tlaků a nadmořských výšek

nadmořská výška stanice Libuše	304 m.n.m.
nadmořská výška měření	275 m.n.m
tlak na stanici Libuš	974,5 hPa
tlak na stanici Libuš přepočtený na hladinu moře	1010,3 hPa

$$\Delta p = \frac{p_{Libuš}^0 - p_{Libuš}^{304}}{H_{Libuš}} = 0,118 \text{ hPa} \quad (3.1)$$

$$p_{GFU} = p_{Libuš}^0 - \Delta p \cdot H_{GFU} = 977,85 \text{ hPa} \quad (3.2)$$

Pro měření byl zvolen přístroj Leica TS06 ultra (v. č. 765290) s úhlovou přesností 0,6 mgon a délkovou přesností 1,5 + 2 ppm. Byl použit minihranol Leica s výškou cíle 10 cm tak, aby byla snížena chyba z nesvislosti urovnání výtyčky. Před měřením byly do přístroje zavedeny hodnoty atmosféry (teplota, tlak).

Měření bylo realizováno ze sítě pěti volných stanovisek tak, aby byl eliminován vliv centrace přístroje. Rozmístění stanovisek bylo voleno tak, aby dle konfigurace testovací sítě na přesnost určení bodů neměla vliv pouze chyba délky. Toto nebylo splněno u bodu č. 5, protože z jeho okolí bylo vidět pouze na dva body sítě. Tento bod byl proto zaměřen ve dvou skupinách. Ostatní měření probíhala v jedné skupině. Z každého stanoviska bylo měřeno na minimálně tři body sítě. Měření bylo registrováno do paměti TS a na závěr vyexportováno.

3. 2 Zpracování naměřených hodnot

Pro výpočet sítě byl použit program Gama-local, který je součástí projektu GNU Gama [26]. Tento program byl vytvořen na ČVUT v Praze Prof. Ing. Alešem Čepkem, CSc. Použitá verze programu byla 1.19.1. pro operační systém Windows. Před samotným výpočtem bylo nutné vytvořit ze souboru měřených dat vstupní soubor formátu XML.

Nejprve byla měřená data pomocí programu Groma v. 12 převedena z formátu SGI do formátu Mapa2. Další fází bylo zpracování zápisníku a vytvoření vstupního souboru. Pro tyto operace byl použit program *polar2gama*, který vytvořil v rámci své bakalářské práce Dominik Hladík a je určen pro tvorbu vstupního souboru do programu Gama-local [27]. V tomto programu bylo po načtení provedeno zpracování zápisníku (zpracování měření ve

dvou polohách a opakovaná měření). Dále byly měřením přiděleny směrodatné odchylky. Pro délky byla nastavena hodnota přesnosti dálkoměru $1,5 + 2$ ppm. Program Gama-local si po zadání této hodnoty vypočítá přesnosti pro jednotlivé délky. Tato přesnost byla do XML souboru dopsána dodatečně po exportu z programu *polar2gama*, protože tento program tuto možnost zadání přesnosti nepodporuje. Přesnost úhlového měření byla nejprve zvolena 0,6 mgon. Při výpočtu bylo zjištěno, že tato přesnost neodpovídá měření v rámci této sítě a byla zvolena dvojnásobná velikost směrodatné odchylky 1,2 mgon, díky které již směrodatné odchylky ve vyrovnání odpovídaly měření. Apriorní směrodatná odchylka byla zvolena 1.

Program Gama-local umožňuje výpočet přibližných hodnot souřadnic v rámci předzpracování vstupního souboru po zadání nezbytného množství souřadnic bodů dle typu vyrovnání a postupu měření. Souřadnice testovací sítě byly zvoleny v místní soustavě a vyrovnání bylo zvoleno jako volné se dvěma opěrnými body. Jedním opěrným bodem byl zvolen bod volného stanoviska 5001 se souřadnicemi $X = 5\ 000$ m, $Y = 1\ 000$ m, $Z = 100$ m a druhým bod č. 6, do kterého byla vložena osa X a souřadnice X byla zvolena jako vodorovná vzdálenost mezi body 5001 a 6. Souřadnice Z bodu 6 byla dopočtena pomocí programu, proto nebylo nutné hodnotu do vstupního souboru zadávat. Závěrečnou fází v programu *polar2gama* byl export vstupního XML souboru pro program Gama-local.

Výsledné vyrovnání mělo následující parametry: 51 měřených veličin (17 směrů, 17 zenitových úhlů, 17 vodorovných délek), 11 vyrovnávaných bodů, 17 nadbytečných měření. Pro výpočet byla použita všechna měření. Aposteriorní směrodatná odchylka vyšla 1,09. Vyrovnané souřadnice bodů sítě a jejich směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce č. 4. Protokol o zpracování v programu Gama-local a vstupní soubor je součástí příloh. Součástí příloh jsou také měřená data a protokol o zpracování.

Tabulka 4: Vyrovnané souřadnice bodů sítě

bod	X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z	σ_p
	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	4999,6344	997,4211	98,4032	0,7	1,0	0,6	1,2
2	5045,8265	998,0837	98,6214	1,1	1,1	0,8	1,6
3	5068,4741	998,2918	98,6580	0,9	1,8	1,1	2,1
4	5104,6572	1001,9713	98,3463	1,0	1,5	1,1	1,8
5	5109,3032	1035,1050	98,1649	1,5	2,2	1,4	2,7
6	5201,4232	1000,0000	97,6950	0,6	0,0	1,5	0,6
5001	5000,0008	1000,0000	100,0000	0,6	0,0	0,0	0,6
5002	5045,7383	994,1329	100,0833	1,1	1,1	0,7	1,5
5003	5068,0281	1002,3295	100,0838	0,9	1,3	1,1	1,6
5004	5104,9897	995,5348	99,8797	1,0	1,5	1,1	1,7
5005	5201,7362	994,5949	99,1936	0,7	1,5	1,5	1,7

4 Metody měření

Jak bylo zmíněno v kapitole 2, přístroj Trimble R9s lze použít jako základnová stanice pro RTK, jako rover pro RTK a pro statické měření. V rámci této práce byly testovány tři metody měření, které souvisí s konfigurací testovaného přijímače. Jedná se o následující metody:

- základnová stanice pro metodu RTK
- statické měření
- permanentní stanice

U všech uvedených metod byla testována funkčnost nastavení a některé z nich byly také kromě sběru dat zpracovány. Pro každou z uvedených metod byl také vytvořen aplikační soubor pro pozdější využití vytvořeného nastavení.

Nastavení všech metod bylo provedeno pomocí webového rozhraní, které umožňuje tvorbu aplikačních souborů pro ukládání nastavení. Vytvořené aplikační soubory jsou vázané na modelové situace popsané níže a pro další použití je nutné je upravit podle návodu uvedeného u každé metody měření.

4.1 RTK základnová stanice

Základnová stanice pro metodu RTK slouží pro vysílání korekcí polohy. Přístroj R9s umožňuje vysílání korekcí pomocí sériových portů, radiomodemu, Bluetooth a internetu pomocí několika možností. V rámci testování této metody byl použit pro přenos korekcí radiomodem. Jednou z výhod přenosu pomocí rádia je to, že přístroji pro komunikaci stačí pouze rádiové spojení bez nutnosti připojení k internetu. Další výhodou je využití v oblastech, kde nejsou sítě referenčních stanic a není zde ani možnost internetového spojení.

Radiomodem je možné využít interní (pokud je zakoupen přístroj s radiem) nebo externí. V případě této práce byl použit interní radiomodem, protože jím byl testovaný přístroj vybaven.

Tato metoda měření byla kromě testování funkčnosti a sběru dat ještě porovnána s terestrickým zaměřením a zaměřením metodou RTK se službou referenčních stanic CZEPOS.

4. 1. 1 Nastavení přijímače

Pro tuto metodu měření je nutné nastavení referenční stanice a výstupního signálu. Nastavení referenční stanice se provede v záložce *Receiver Configuration*. Zde se v podzáložce *Antenna* nastaví údaje o anténě (typ antény, RINEX název, sériové číslo, výška antény nad bodem a způsob měření výšky). V tomto případě bylo nastavení následovné:

Tabulka 5: Nastavení RTK - anténa

Antenna Type	Zephyr 3 Geodetic
RINEX Name	TRM115000.0 NONE
Antenna Serial Number	3121179876
Antenna Measurement Method	Botton of antenna mount
Antenna Height [m]	0.000

V záložce *Reference Station* se nastavují údaje o referenční stanici (název a označení stanice, souřadnice stanice). Webové rozhraní umožňuje ruční zadání souřadnic a možnosti vložení aktuální polohy nebo průměrné polohy za dobu od spuštění přijímače na místě. Zvolené souřadnice byly průměrné za 20 dní observace. Přesnost těchto souřadnic pro základnovou stanici by nebyla dostačující z důvodu výpočtu polohy přijímačem v reálném čase bez korekcí. Vzhledem ke zvolené metodě porovnání s terestrickou sítí nebylo nutné znát přesné souřadnice bodu. Nastavení bylo provedeno následovně:

Tabulka 6: Nastavení RTK - referenční stanice

CMR ID	0
RTCM 2.x ID	0
RTCM 3.x ID	0
Station Name	GFU_PRAHA
Station Code	GFU0
Reference Latitude	50° 2' 27.23199"
Reference Longitude	14° 28' 36.24844"
Reference Height	326.887

V záložce *Tracking* byla nastavena elevační maska a vybrány typy družic a signálů, které budou přijímány. Vzhledem ke konfiguraci přijímače byly použity satelity GPS a GLONASS podle nastavení v následující tabulce.

Tabulka 7: Nastavení RTK - satelity

Type	Signal	Enable	Options
GPS	L1 - C/A	YES	
GPS	L2E	YES	L2C and L2E
GPS	L2C	YES	CM + CL
SBAS	L1 - C/A	NO	
GLONASS	L1 - C/A	YES	
GLONASS	L1P	YES	
GLONASS	L2 - C/A	YES	L2 - C/A(M) and P
QZSS	L1 - C/A	NO	
QZSS	L1 - SAIF	NO	
QZSS	L1C	NO	
QZSS	L2C	NO	
IRNSS	L5 - C/A	NO	

Posledním krokem nastavení základnové stanice bylo zvolení výstupního signálu pro komunikaci s rover. Radiomodem bylo nutné nastavit do správného módu *Transmit with no repeater* a zvolit frekvenci vysílání na 448.1500 MHz. Zvolená frekvence byla nastavena tak, aby ji podporoval rover. Toto bylo nastaveno v podzáložce *Radio Configuration* v záložce *Radio*. V záložce *I/O Configuration* bylo zvoleno *Radio* a zde nastaven výstupní formát. Byl zvolen formát CMR a jeho varianta CMR+.

Nastavení bylo po konfiguraci uloženo do aplikačního souboru *BASE_GFU.cfg*, který je součástí příloh. Kromě aplikačního souboru byl ještě uložen kolonovací soubor *BASE_GFU.xml*, který obsahuje nastavení radiomodemu. Pro použití je nutné nejdříve nainstalovat kolonovací soubor a poté aplikační soubor.

4. 1. 2 Kontrolní zaměření metodou RTK se základnovou stanicí

Testování metody RTK bylo provedeno na stabilizované základně v areálu GFÚ. Anténa základnové stanice byla umístěna na testovacím pilíři na střeše budovy GFÚ. Protože nebyl k dispozici pro testování další přijímač R9s v režimu rover, byl jako rover

zvolen přijímač Trimble R10 (v. č. 5508493884) s kontrolerem TSC3 a programem Trimble ACCESS.

Přijímač R10 byl ovládán pomocí programu Trimble ACCESS z kontroleru. Program ACCESS obsahuje přednastavený styl RTK pro použití vlastní základnové stanice. V tomto stylu byla oproti defaultnímu nastavení změněna elevační maska na 10° a byly zvoleny pouze satelity GPS a GLONASS shodně se základnovou stanicí.



Obrázek 17: Pilíř na budově GFÚ s přijímačem Trimble R9s a anténou (vlevo), přijímač Trimble R10 při měření RTK na bodě (vpravo)

Měření bylo uskutečněno dne 12. 4. 2018. Probíhalo ve dvou etapách. První etapa započala v 11:00 a druhá etapa v 15:00. K výtyčce byly připevněny pomocné nožičky pro možnost samostatného stání a přesnější urovnání na bodě. Na každém bodě byla výtyčka stavěna ve stejném směru, aby se v případě vychýlení výtyčky z důvodu nepřesné kalibrace libely výtyčky, projevila chyba na všech bodech ve stejném směru. Takováto chyba by měla systematický charakter a při zvolené metodě porovnání výsledků by byla odstraněna. Výška antény byla nastavena na 1,8 metru. Měření bylo v rámci metody RTK bod typu "topo point" se zvolenou dobou observace 15 sekund.

V této kapitole bylo čerpáno z [9].

4. 1. 3 Kontrolní zaměření metodou RTK se službou CZEPOS

Pro porovnání metody RTK bylo také provedeno měření RTK za pomoci služby referenčních stanic CZEPOS. Použit byl také přijímač Trimble R10 jako v případě metody RTK s vlastní základnovou stanicí.

Služba CZEPOS distribuuje korekce v různých formátech a typech. Pro měření byla zvolena služba *VRS – iMAX – GG_CM+*. Jedná se o službu virtuální referenční stanice využívající data z družic GPS a GLONASS, která jsou vysílána ve formátu CMR+. Tato služba musela být nejprve do programu ACCESS přidána a je definována následujícími parametry. *Parametry nastavení čerpány z [22]*.

Tabulka 8: Nastavení služby CZEPOS

Adresa	czeposr.cuzk.cz
Port	2111
Mount	iMAXC-GG_CM+
Identifikátor	VRS.iMAX-CZEPOS-GG_CM+

Zaměření probíhalo současně s měřením RTK s místní základnovou stanicí a také ve dvou etapách. Na každém bodě bylo nejprve provedeno zaměření pomocí RTK s místní základnovou stanicí a poté zaměření pomocí RTK se službou CZEPOS. Díky tomuto způsobu měření byla stejná konstelace družic pro obě měření. Mezi metodami nebylo provedeno přestavení přijímače, aby byl zaměřen stejný bod. Pro měření bylo také použito měření bodu „topo point“ a observace byla provedena také po dobu 15 sekund.

4. 1. 4 Zpracování měření

Postup zpracování měření souvisel s volbou porovnání jednotlivých měření. Bylo zvoleno, že budou porovnána zaměření obou metod RTK s terestrickým měřením. Síť GFÚ byla vytvořena jako místní síť s místními souřadnicemi, proto bylo zvoleno relativní porovnání jednotlivých metod mezi sebou a vůči terestrickému měření. Absolutní porovnání metod RTK nebylo možné, protože nebyla známa přesná poloha umístění referenční stanice.

Prvním krokem bylo vyexportování měřených dat z přijímače. Program ACCESS umožňuje zobrazit měřené souřadnice WGS84 do lokálního rovinného systému. Takovýto systém byl vhodný pro následné porovnání. Rovinné zobrazení bylo zvoleno s počátkem poblíž bodu č. 1 a referenční elipsoidickou výškou 320,633 metrů. V této místní soustavě byly souřadnice vyexportovány. Měřená data byla ukládána do jedné zakázky a byla exportována současně.

Následné zpracování jednotlivých etap a typů měření bylo provedeno samostatně pro každou etapu a typ měření. Vzhledem ke skutečnosti, že jednotlivé typy měření a síť GFÚ nemají shodný počátek soustavy souřadnic, bylo pro porovnání nutné provést transformaci do jednotného souřadnicového systému. Aby se souřadnice nedeformovaly, byla použita shodnostní transformace v poloze. Výšková transformace byla provedena pomocí vertikálního posunu těžiště bodů použitých pro transformační klíč.

Tabulka 9: Výškový posun

	těžiště		posun výšky
	terestrického měření	měření RTK	
	[m]	[m]	[m]
RTK se základnovou stanicí dopoledne	98,2148	-0,0982	98,3130
RTK se základnovou stanicí dopoledne		-0,1077	98,3225
RTK se službou CZEPOS dopoledne		-0,7603	98,9751
RTK se službou CZEPOS odpoledne		-0,7577	98,9725

Pro transformaci souřadnic byl použit program Groma v. 12. Transformace byla provedena z místní soustavy RTK do soustavy síť GFÚ. Během výpočtu byl stanoven transformační klíč na všechny body sítě kromě bodu č. 1. Tento bod byl vyřazen z důvodu větších odchylek, než byly odchylky ostatních bodů. Přesnost tohoto bodu byla nejspíše ovlivněna blízkým stromem.

Tímto postupem byly vytvořeny čtyři seznamy souřadnic pro jednotlivé etapy a typy měření. Výsledky porovnání těchto etap a typů měření jsou slovně uvedeny v závěru práce. V následující tabulce č. 10 je uvedeno číselné porovnání s terestrickým zaměřením. Porovnání metod v rámci etap a porovnání metody mezi etapami je uvedeno v příloze B.

Tabulka 10: Porovnání terestrického zaměření s metodou RTK se základnovou stanicí a službou CZEPOS

	Bod	Souřadnice RTK transformované na terestrické zaměření			Odchyly od terestrického zaměření			
		X	Y	Z	Δx	Δy	Δz	
		[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	
RTK se základnovou stanicí	dopoledne	1	4999,6331	997,4383	98,4149	1,3	-17,2	-11,7
		2	5045,8326	998,0890	98,6699	-6,1	-5,3	-48,5
		3	5068,4661	998,2898	98,6499	8,0	2,0	8,1
		4	5104,6607	1001,9660	98,3569	-3,5	5,3	-10,6
		5	5109,3070	1035,1030	98,1519	-3,8	2,0	13,0
		6	5201,4178	1000,0040	97,6569	5,4	-4,0	38,1
	odpoledne	1	4999,6436	997,3983	98,4011	-9,2	22,8	2,1
		2	5045,8253	998,0781	98,6191	1,2	5,6	2,3
		3	5068,4696	998,2958	98,6451	4,5	-4,0	12,9
		4	5104,6611	1001,9728	98,3441	-3,9	-1,5	2,2
		5	5109,2988	1035,1085	98,1701	4,4	-3,5	-5,2
		6	5201,4294	999,9965	97,7071	-6,2	3,5	-12,1
RTK se službou CZEPOS	dopoledne	1	4999,6581	997,4895	98,3923	-23,7	-68,4	10,9
		2	5045,8304	998,0992	98,6283	-3,9	-15,5	-6,9
		3	5068,4768	998,2762	98,6653	-2,7	15,6	-7,3
		4	5104,6535	1001,9636	98,3613	3,7	7,7	-15,0
		5	5109,2938	1035,1133	98,1573	9,4	-8,3	7,6
		6	5201,4298	999,9995	97,6733	-6,6	0,5	21,7
	odpoledne	1	4999,6373	997,3960	98,3879	-2,9	25,1	15,3
		2	5045,8200	998,0872	98,5979	6,5	-3,5	23,5
		3	5068,4822	998,2905	98,6859	-8,1	1,3	-27,9
		4	5104,6581	1001,9649	98,3479	-0,9	6,4	-1,6
		5	5109,3019	1035,1082	98,1399	1,3	-3,2	25,0
		6	5201,4220	1000,0010	97,7139	1,2	-1,0	-18,9

4. 2 Statické měření

Statickým měřením se rozumí statická metoda měření. Jedná se o metodu postprocessingu a využívá se např. pro přesné určení souřadnic bodů.

V rámci této práce bylo vytvořeno takové nastavení přístroje, které bude sloužit pro měření kampaní. Požadavek byl takový, aby přístroj po spuštění na místě začal zaznamenávat data v dané frekvenci bez nutnosti dalšího nastavení. Záznam neměl být nijak časově omezen. Doba observace bude dána v terénu dobou mezi spuštěním a

vypnutím přijímače. Použity budou data ze systémů GPS a GLONASS na všech dostupných vlnách.

4. 2. 1 Nastavení

Nastavení této metody se skládá z nastavení přijímače (anténa, elevační maska, satelity) a nastavení ukládání dat.

Nastavení přijímače bylo provedeno v záložce *Receiver Configuration*. Nastavení Podzáložky *Antenna* a *Tracking* bylo provedeno shodně jako v kapitole 4. 1. 1. z důvodu použití stejné antény a stejných družicových systémů. V podzáložce *Reference station* musí být nastaveny kartézské souřadnice na hodnotu 0 pro všechny osy. Tím je zajištěno, že přibližné souřadnice, které vstupují do následného zpracování a jsou uvedeny v hlavičkách RINEX souborů budou odpovídat aktuální poloze přijímače v době spuštění a nebude tam uvedena referenční hodnota souřadnic. Problém nastává s označením bodu, kdy není možné nastavit přijímač tak, aby se název bodu měnil sám bez nastavení například panelem přijímače. Tento problém je možné vyřešit zpětným editováním souboru před zpracováním v programu, proto byly hodnoty názvu a kódu ponechány prázdné.

Nastavení ukládání dat bylo provedeno v záložce *Data Logging*. Zde byla vytvořena jedna relace pro ukládání dat. Tato relace byla nastavena podle následující tabulky:

Tabulka 11: Nastavení statické metody - Relace

Enable	ANO
Schedule	Always
Measurement Interval	10 sekund
Position Interval	1 minuta
File Systems	Internal
Path Style	Date
Name Style	#####YYYYMMDDhhmm

Ostatní možnosti nastavení relace nebyly použity, proto zde nejsou uvedeny.

Nastavení bylo uloženo do aplikačního souboru *KAMPAN.cfg*, který je součástí příloh.

4. 2. 2 Kontrolní zaměření

Kontrolní zaměření této metody proběhlo v areálu GFÚ na testovacím pilíři. Při testování byly zkoumány výsledné soubory exportované z měřených souborů do souborů formátu RINEX. Zde bylo zkoumáno v hlavičkách, zda se mění přibližná poloha přijímače, jak bylo popsáno v předchozí kapitole. Bylo zjištěno, že nastavení odpovídá hledanému výsledku. Měřená statická data nebyla dále zpracovávána.

4. 3 Permanentní stanice

Základem metody permanentní stanice je statická metoda měření s tím, že u permanentní stanice je přijímač na bodě umístěn na dlouhou dobu, řádově měsíce nebo roky s nepřetržitou observací. U běžné statické metody jsou observace v řádu hodin. S tím souvisí nastavení přístroje.

Využití metody permanentní stanice může být např. dlouhodobý monitoring sledovaného bodu. Příkladem je permanentní stanice NKOS, o které je napsáno v kapitole 5.

V rámci této práce byl vytvořen a vyzkoušen aplikační soubor pro metodu permanentní stanice. Při měření byla stanice připojena k externímu napájení ze sítě a k internetu. Data byla ukládána na FTP server v šestihodinových souborech v nejnovějším formátu RINEX 3.2 a zároveň v základním formátu .T02. Byly použity satelity GPS a GLONASS na všech dostupných vlnách.

4. 3. 1 Nastavení

Jako u předchozích nastavení typů měření bylo potřeba nejprve nastavit přístroj a poté nastavit ukládání dat a vytvořit aplikační soubor. Nastavení přístroje se opět skládá z nastavení antény, referenční stanice, výběru systémů satelitů a signálů a nastavení elevační masky. Pro potřeby této práce byl opět použit testovací pilíř na střeše budovy GFÚ se stejnou anténou, umístěním a elevační maskou. Proto nastavení podzáložky *Antenna, Tracking a Reference Station* je shodné jako v kapitole 4. 1. 1.

Pro ukládání bylo nutné nastavit připojení FTP serveru. Toto se provádí v podzáložce *FTP Push* v záložce *Data Logging*. V rámci této práce byl použit FTP server GFÚ. Bylo nastaveno připojení (adresa a přihlašovací údaje) a složka umístění na serveru. Všechna ostatní nastavení byla ponechána beze změny.

Samotné nastavení ukládání bylo provedeno vytvořením relace. Tato relace měla následující parametry:

Tabulka 12: Permanentní stanice - Nastavení ukládání dat

Enable	ANO
Schedule	Continuos
Duration	360 minut
Measurement Interval	30 sekund
Position Interval	1 minuta
File Systems	Internal
Path Style	Sesion/Date
Name Style	####JJJx
FTP Push	T01/T02 file & Zipped V3.02 RINEX (Observable & Ephemeris)

Na závěr byl z takto nastaveného přístroje vyexportován aplikační soubor *PERM_GFU.cfg*, který je součástí příloh.

4. 3. 2 Kontrolní zaměření

Kontrolní zaměření bylo provedeno na testovacím pilíři GFÚ, kde byla umístěna anténa. Pro testování přenosu nastavení byly pro měření použity dva přístroje R9s. Permanentní měření probíhalo v období od 6. 3. 2018 do 19. 4. 2018 s observační pauzou na výměnu přijímačů. První přijímač R9s (v. č. 5737R24503) byl v období od 23. 3. do 5. 4. nahrazen druhým přijímačem R9s (v. č. 5715R03507) a poté byl opět vrácen první přijímač.

Následně mělo probíhat zpracování těchto dat v programu GAMIT/GLOBK. Během prvních fází zpracování nastaly problémy s daty ve formátu RINEX 3.2. Aktuální verze programu by měla umět pracovat s těmito daty, ale vzhledem ke složitosti nastavení tohoto programu, nebyl tento problém vyřešen a zpracování těchto dat neproběhlo.

5 GAMIT/GLOBK

Tato kapitola se zabývá programem GAMIT/GLOBK. V následujících podkapitolách je program představen a popsán postup výpočtu pro danou konfiguraci sítě. V této kapitole je také navazováno na autorovu bakalářskou práci, která se zabývala zpracováním GNSS dat v různých programech s následným porovnáním. Stejným postupem jako byl použit v bakalářské práci, byl program GAMIT/GLOBK porovnán s ostatními programy. Výsledek porovnání je uveden v závěru této práce.

5.1 Popis software a využití

GAMIT/GLOBK/Track je soubor programů sloužících pro zpracování nejen GNSS dat. Tento soubor programů byl vyvinut ve spolupráci Massachusetts Institute of Technology, Scripps Institution of Oceanography, Harvard University a Australian National University za podpory National Science Foundation. Programy jsou napsány v programovacím jazyku Fortran a C. Lze je spustit na operačním systému UNIX (např. Linux, Mac OS-X, Solaris, IBM / RISC). Program je poskytován bezplatně univerzitám, vládním agenturám a výzkumným organizacím pro nekomerční účely.

GAMIT je soubor programů pro zpracování fázových měření, pro odhad trojrozměrných vektorů pozemních stanic a parametrů drah družic, zemské orientace a dalších parametrů.

GLOBK je soubor programů využívající metodu Kalmanova filtru. Slouží pro kombinování různých geodetických metod jako například GNSS, VLBI a SLR. Vstupem pro tento program jsou data nebo odhady „kvazi-pozorování“ a kovarianční matice souřadnic stanic, parametry zemské orientace, parametry drah družic a vstupní souřadnice generované z analýzy primárního pozorování. Vstupní řešení jsou obecně zpracována jako volná, aby se případným umístěním nedeformovala vstupní data.

Track je program pro kinematické určování polohy diferenciálního fázového měření GNSS. Jeho součástí je i program TrackRT pro kinematické zpracování v reálném čase.

V rámci této práce byly použity programy GAMIT a GLOBK. Práce v těchto programech je popsána v následující kapitole, kde je uveden postup zpracování pro danou

konfiguraci sítě. Výpočty v těchto programech byly provedeny na serveru GFÚ, kde je nainstalována aktuální verze programu 10.61.

V této kapitole bylo čerpáno z [13].

5. 2 Zpracování dat spojnice GOPE – NKOS

V rámci bakalářské práce byly porovnávány tři programy na zpracování GNSS dat a to Trimble Total Control, Trimble Business Center a Leica Geomatic Office na zpracování dat ze spojnice permanentních stanic GOPE a NKOS.

Stanice GOPE je umístěna na budově Geodetické observatoře Pecný v Ondřejově, okres Praha – východ a jsou zde prováděny permanentní observace v rámci mezinárodní služby IGS a permanentní sítě EUREF. Stanice NKOS je umístěna na budově č. p. 83 v obci Nový Kostel, okres Cheb a slouží jako jedna z metod geodetického monitoringu geodynamické aktivity v oblasti. Délka této spojnice je přibližně 171 km. Podrobnější informace ke stanicím jsou uvedeny v bakalářské práci [1] v kapitole 3.

Vzhledem k možnostem programu Trimble Total Control byly při výpočtu bakalářské práce použity pouze data ze systému GPS. Pro výpočet v programu GAMIT/GLOBK byla použita stejná data. Zpracování probíhalo od 300. dne roku 2013 do konce roku 2015. Pro některé dny nebyla dostupná data, což v celkovém počtu dnů bylo zanedbatelné.

Původní záměr zpracovat data pouze ze spojnice GOPE – NKOS s připojením na stanici GOPE nebyl proveden. Během zpracování bylo zjištěno, že fixování takto dlouhé základny pouze na jednu stanici není pro výpočet v tomto programu vhodné.

Z tohoto důvodu byl výpočet proveden připojením stanice NKOS na okolních 10 stanic IGS uvedených v tabulce č. 13. Výsledná spojnice GOPE – NKOS poté byla ze zjištěných poloh získána fixací bodu GOPE na dané souřadnice.

V této kapitole a následujících podkapitolách bylo čerpáno z [10],[11],[12].

Tabulka 13: Seznam stanic pro výpočet stanice NKOS

označení IGS	název stanice
BOR1	Borowiec
GOPE	Pecny, Ondřejov
GRAZ	Graz-Lustbuehel
FFMJ	Frankfurt / Main
HUEG	Huegelheim
PENC	FOMI Satellite G
POTS	Potsdam, GeoFors
PTBB	Braunschweig
WROC	WROCLAW
WTZZ	Wetzell / Germa



Obrázek 18: Zpracování GAMIT/GLOBK – rozložení bodů sítě

 [Zdroj: <https://mapy.cz/>]

5. 2. 1 Postup výpočtu

Příprava dat

Při používání programu GAMIT/GLOBK je nutné dodržovat adresářovou strukturu výpočtu, která vychází z rozdělení dat na jednotlivé roky a byla vytvořena následovně:

```
/NKOS /2013/rinex  
      /2014/rinex  
      /2015/rinex
```

Do složky *rinex* byla nahrána všechna měřená data stanice NKOS daného roku. Označení RINEX souboru musí být následující: *nkosDDDS.YY0*, kde *DDD* je označení dne v roce, *S* označení souboru v rámci dne, *YY* poslední dvě číslice daného roku.

Konfigurační soubory

Výpočet se provádí v programu GAMIT/GLOBK nejprve v rámci jednotlivých roků a poté se data sloučí dohromady v delší časové období. Postup výpočtu v rámci jednoho roku bude popsán na datech za rok 2013.

Prvním krokem je program *sh_setup*, který se spouští z úrovně *NKOS/2013* příkazem:

```
sh_setup -yr 2013
```

Tento příkaz vytvoří ve složce *2013* adresář *tables*, který obsahuje soubory pro nastavení výpočtu programem GAMIT. Soubory *process.default* a *sestbl* obsahují nastavení výpočtu programu GAMIT, které byly ponechány v defaultním nastavení. Pro výpočet je nutné editovat následující soubory:

```
sites.defaults  
sittbl.  
station.info
```

Soubor *sites.defaults* obsahuje informace o bodech sítě (název bodu, název projektu a umístění měřených dat). Pro všechny body sítě se zde uvede shodný název projektu, který se dále uvádí při spuštění programů. Zde byl použit název *nkos*. Observace stanic IGS není nutné stahovat, program si tyto data po zadání zkratky stanice stáhne při zpracování z FTP

serveru. Pro tuto variantu bylo zvoleno umístění *ftprnx*, jak je uvedeno níže. Nastavení bylo následující:

```

all_sites  nkos xstinfo

penc_gps  nkos ftprnx
bor1_gps  nkos ftprnx
gope_gps  nkos ftprnx
wtzz_gps  nkos ftprnx
ffmj_gps  nkos ftprnx
hueg_gps  nkos ftprnx
ptbb_gps  nkos ftprnx
pots_gps  nkos ftprnx
wroc_gps  nkos ftprnx
graz_gps  nkos ftprnx
  
```

Soubor *sittbl*. obsahuje přesnosti jednotlivých bodů, v tomto případě byly přesnosti nastaveny následovně:

```

SITE      FIX  --COORD.CONSTR.--
  << default for regional sites >>
ALL       NNN  100. 100. 100.
  << Well-know ststion in solution >>
GOPE      NNN  0.050 0.050 0.050
PENC      NNN  0.050 0.050 0.050
BORI      NNN  0.050 0.050 0.050
GOPE      NNN  0.050 0.050 0.050
WTZZ      NNN  0.050 0.050 0.050
FFMJ      NNN  0.050 0.050 0.050
HUEG      NNN  0.050 0.050 0.050
PTBB      NNN  0.050 0.050 0.050
POTS      NNN  0.050 0.050 0.050
WROC      NNN  0.050 0.050 0.050
GRAZ      NNN  0.050 0.050 0.050
  
```

Poslední soubor, který je potřeba editovat, má název *station.info*. Tento soubor obsahuje informace o anténách a přijímačích, včetně verze softwaru přijímače pro jednotlivé stanice s uvedenou časovou platností záznamu. Defaultně tento soubor obsahuje informace o všech IGS stanicích k datu podle verze *station.info*. Pro editování tohoto souboru se použije nejprve následující příkaz, který se spustí z úrovně *NKOS/2013/tables*.

```
sh_upd_stnfo -l sd
```

Tento příkaz vytvoří soubor *station.info.new*, který obsahuje údaje o stanicích, které jsou uvedeny v *sites.defaults*. Po kontrole souboru je nutné soubor přejmenovat na

station.info. Dalším krokem je doplnění stanic, které nejsou v seznamu, v tomto případě stanice NKOS. To se provede pomocí následujícího příkazu opět z úrovně *NKOS/2013/tables*.

```
sh_upd_stnfo -files ../rinex/*.13o
```

Program doplní soubor *station.info* o informace z hlaviček RINEX souborů, které jsou v adresáři *rinex*. Aby mohl být soubor použit i pro další roky a nebylo nutné ho při dalším výpočtu znovu vytvářet, byl u této stanice přepsán datum platnosti záznamu na hodnotu 9999 999 0 0 0. Předpoklad byl, že se informace obsazené v souboru *station.info* pro stanici NKOS nemění.

Zpracování GNSS dat

Takto jsou připraveny všechny potřebné soubory pro výpočet v programu GAMIT. Výpočet probíhá po jednotlivých dnech v daném roce a lze ho spouštět pro jednotlivé dny nebo pro více dní za sebou v jednom příkazu. Příkazy pro výpočet jednoho dne se spustí z úrovně *NKOS/2013* pomocí příkazu:

```
sh_gamit -expt nkos -d 2013 300 -pres ELEV -orbit IGSF -copt x k p -dopts c ao  
> sh_gamit_nkos_2103_300.log
```

V tomto příkazu je nutné správně nastavit hodnotu *-expt*, která musí souhlasit s názvem projektu v souboru *sites.defaults*, a zadat den výpočtu (v tomto případě den 300 roku 2013). Informace o výpočtu jsou ukládány do souboru *sh_gamit_nkos_2103_300.log*. Pokud se zkrátí příkaz o poslední část (šipka a název souboru), budou se informace o výpočtu zobrazovat v příkazovém řádku. Pro spuštění výpočtu pro více dní za sebou lze využít příkaz:

```
sh_gamit -expt nkos -s 2013 300 2013 360 -pres ELEV -orbit IGSF -copt x k p -  
dopts c ao > sh_gamit_nkos_2103_300_360.log
```

V tomto případě se provede výpočet pro jednotlivé dny ode dne 300 do dne 360. Tento způsob zadání má výhodu při zpracování delšího časového období. Nevýhodou tohoto zadání je, že pokud nemůže proběhnout výpočet dne (např. když nejsou pro tento den data), tak se výpočet zastaví a je nutné spustit výpočet znovu ode dne následujícího.

Po výpočtu všech dní v daném roce je pro každý den vytvořena složka s daty. Program vytváří velké množství výstupů, které slouží pro následné zpracování v programu GLOBK.

Ve složce *NKOS/2013/figs* je možné si prohlédnout Sky-plot drah družic pro jednotlivé stanice a dny.

Dále byl proveden výpočet roku 2014. Pro tento rok již nebylo nutné editovat soubory *sites.defaults*, *sittbl*. a *station.info*, ale v kroku, kdy se soubory editují, bylo provedeno nakopírování těchto souborů z výpočtu roku 2013 do roku 2014. Výpočet roku 2015 byl proveden stejně jako výpočet roku 2014.

Vyrovnání

Další fází byl výpočet za celé sledované období pomocí programu GLOBK. Prvním krokem bylo vytvoření složky *vsoln* na úrovni *NKOS*. Do složky byly nakopírovány z instalace programu soubory *globk_long.cmd* a *glorg_long.cmd*, které slouží pro nastavení programu GLOBK pro dlouhé observace. V souboru *globk_long.cmd* byly zakomentovány (přidá se před příkaz znak *x*, aby bylo zaplněno první místo na řádce) hodnoty pro translaci

```
apr_wob .25 .25 .1 .1  
apr ut1 .25 .1
```

a byly odkomentovány řádky hodnot pro translaci a rotaci.

```
x apr_wob 10 10 0 0  
x apr_ut1 10 0
```

V souboru *glorg_long.cmd* byly zakomentovány následující řádky,

```
source ../tables/regional_stab_site  
pos_org xtran ytran ztran
```

odkomentován řádek

```
x pos_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
```

a doplněn seznam stanic pro stabilizaci

```
stab_site penc bor1 gope wtzz ffmj hueg ptbb pots wroc graz
```

pod řádek

```
stab_site clear
```

Poté byl z úrovně *NKOS/vsoln* spuštěn příkaz pro výpočet GLOBK:

```
glred 6 globk_reo.prt globk_rep.log nkos.gdl globk_long.cmd
```

Vykreslení výsledků polohy za celé sledované období bylo provedeno z úrovně *NKOS/vsoln* příkazem:

```
sh_plot_pos -f globk_rep.org -r -t RATE -t1 2013-300 -t2 2015-365 -u
```

Vytvoření výstupu se souřadnicemi bodů denních řešení za jednotlivé stanice bylo provedeno z úrovně *NKOS/vsoln* příkazem:

```
xyzsave 0 xyz ./globk_rep.org
```

Grafické znázornění polohy stanice NKOS je v příloze C. Výstup souřadnic denních řešení je součástí přiloženého CD.

5. 2. 2 Připojení výsledného řešení na polohu GOPE

Jak bylo zmíněno na začátku této kapitoly, výsledné souřadnice byly stabilizovány na několik stanic IGS. Aby zjištěné výsledky mohly být porovnány s daty z programů v bakalářské práci, bylo nutné tato data stabilizovat na souřadnice stanice GOPE. Stabilizace byla provedena na stejné souřadnice jako v případě zpracování v bakalářské práci ($X=3979316,4389$; $Y=1050312,2534$; $Z=4857066,9036$). Ještě před výpočtem bylo odstraněno denní řešení pro dny, kde bylo řešení pouze u jedné stanice.

Výpočet stabilizace souřadnic NKOS na souřadnice stanice GOPE byl proveden podle následujících vzorců:

$$X_{NKOS}^{fix}[i] = X_{NKOS}[i] + X_{GOPE}^{fix} - X_{GOPE}[i] \quad (5.1)$$

$$Y_{NKOS}^{fix}[i] = Y_{NKOS}[i] + Y_{GOPE}^{fix} - Y_{GOPE}[i] \quad (5.2)$$

$$Z_{NKOS}^{fix}[i] = Z_{NKOS}[i] + Z_{GOPE}^{fix} - Z_{GOPE}[i] \quad (5.3)$$

kde i je označení jednoho dne

Výsledný seznam souřadnic stanice NKOS stabilizovaných na stanici GOPE musel být ještě upraven do shodného formátu jako výstupy z programů v bakalářské práci. To bylo provedeno proto, aby mohl být využit následně program na zpracování a porovnání výsledků. Výsledný formát dat pro každý řádek byl následující:

YYYY DDD souřadnice X souřadnice Y souřadnice Z

kde *YYYY* je rok a *DDD* je den v roce

Výsledný seznam souřadnic *gg_gope_nkos.txt* je součástí příloh.

5.3 Porovnání s komerčními programy

Pro porovnání výsledků programu GAMIT/GLOBK s programy Trimble Business Center, Trimble Total Control a Leica Geomatic Office byl použit program *bp_steidl.py*, který byl vytvořen v rámci bakalářské práce. Program je napsán v programovacím jazyku Python. Vstupem pro tento program je seznam souřadnic denních řešení stanice NKOS. Program je podrobně popsán v bakalářské práci v kapitole 5 a 6. V rámci této práce jsou přiblíženy jednotlivé kroky výpočtu.

Postup zpracování dat pro porovnání je rozdělen do tří částí, které jsou následující: předzpracování dat z programů, výpočet aproximační funkce a testování shodnosti programů.

V této kapitole a následujících podkapitolách bylo čerpáno z [1].

5.3.1 Předzpracování dat

Tato fáze zpracování se zabývá předzpracováním dat pro následný výpočet aproximační funkce. První krok sloučení dat za jednotlivé roky dohromady nebylo potřeba provádět, protože výsledný výstup z programu GAMIT/GLOBK již je v požadovaném formátu.

Prvním krokem výpočtu v programu *bp_steidl.py* je převod pravoúhlých souřadnic XYZ systému WGS84 na odchylky NEU. NEU jsou odchylky pro směry severojižní N, východozápadní E a výškové U. Tyto odchylky lépe reprezentují složky polohy a výšky v našich zeměpisných šířkách. Převod z pravoúhlých souřadnic probíhá nejprve převodem

pravoúhlých souřadnic na souřadnice sférické a poté na odchylky NEU. Před převodem na odchylky NEU je provedena redukce všech souřadnic na těžiště všech dat pro možnost vzájemného porovnání jednotlivých programů mezi sebou.

Dalším krokem je filtrování odlehlých měření. Jako mezní hodnota je pro polohu (N a E) volena hodnota ± 2 cm a pro výšku hodnota ± 5 cm z důvodu nižší přesnosti výpočtu výšky.

Posledním krokem předzpracování dat je převod označení dne a roku na desetinné číslo.

5. 3. 2 Výpočet aproximační funkce

Měřená data jsou ovlivněna přírodními vlivy, které mají periodický průběh. Kvůli tomuto předpokladu používá program aproximaci dat pomocí jednoduché harmonické funkce – sinusoidy.

$$y = A_0 + a \sin(t + A) \quad (5.4)$$

kde A_0 = pořadnice osy sinusoidy

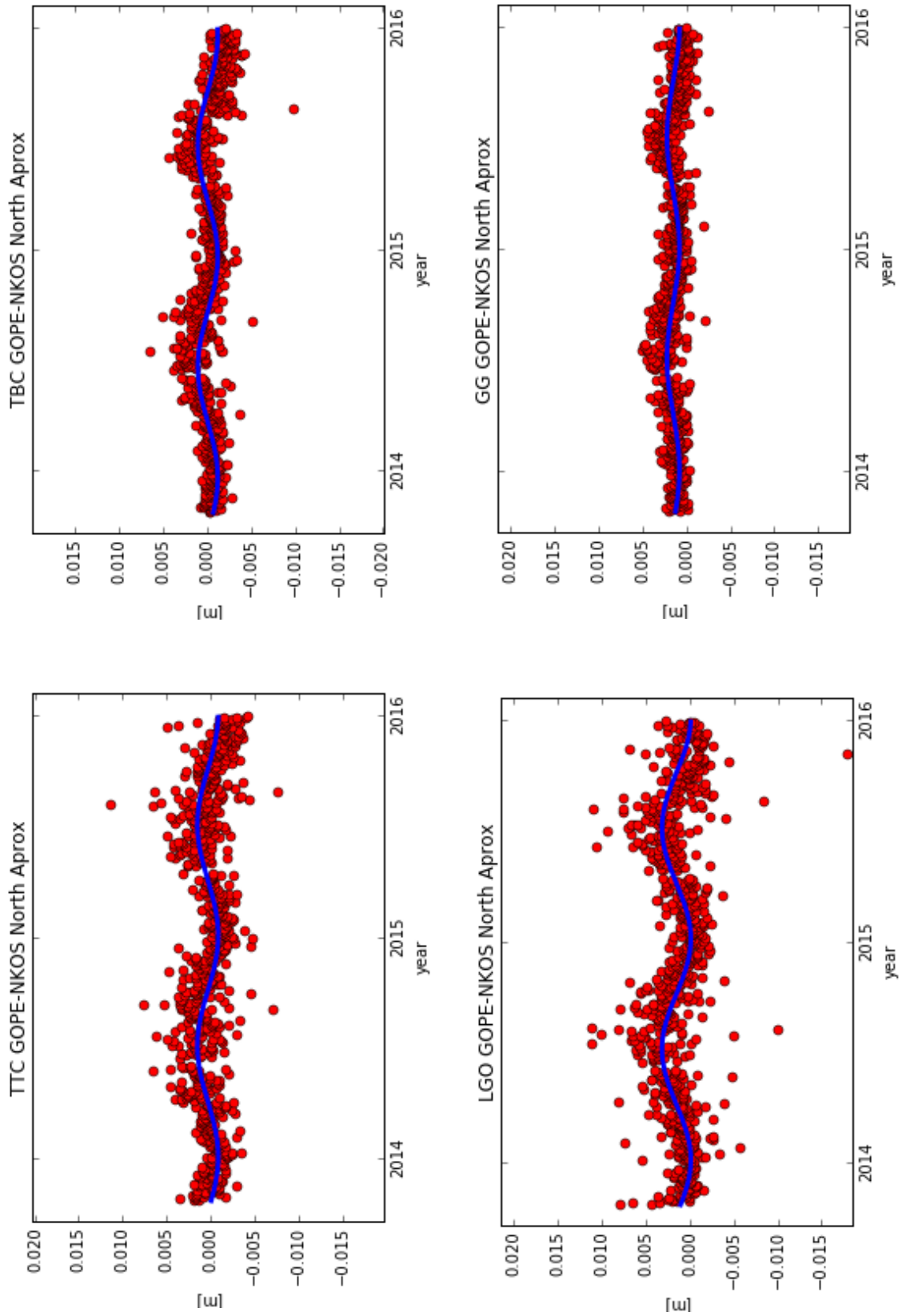
a = amplituda

t = proměnný parametr

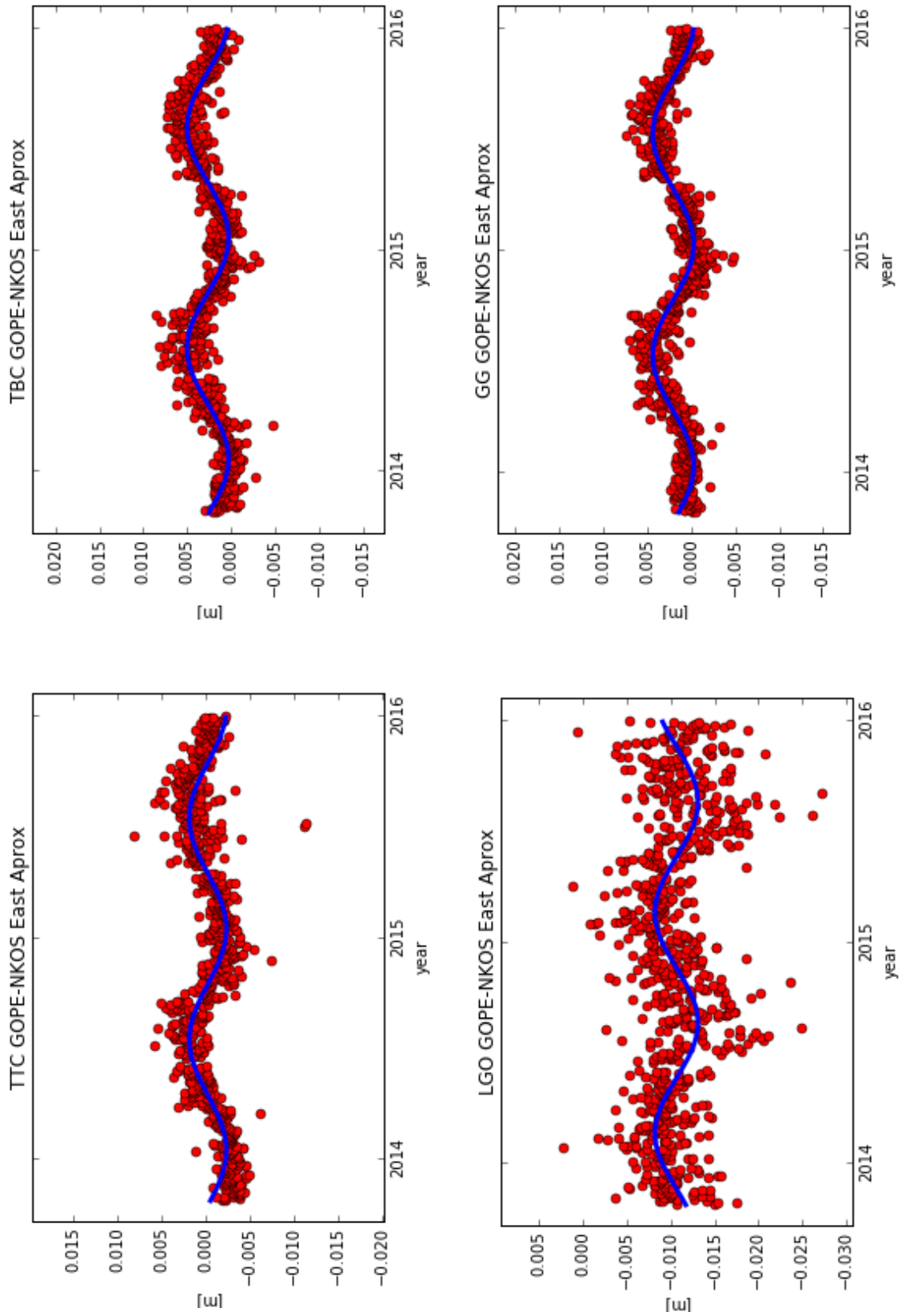
A = posun počátku sinusoidy

Druhým předpokladem je, že perioda aproximace bude 1 rok. Výpočet je prováděn zprostředkujícím vyrovnáním pomocí metody nejmenších čtverců.

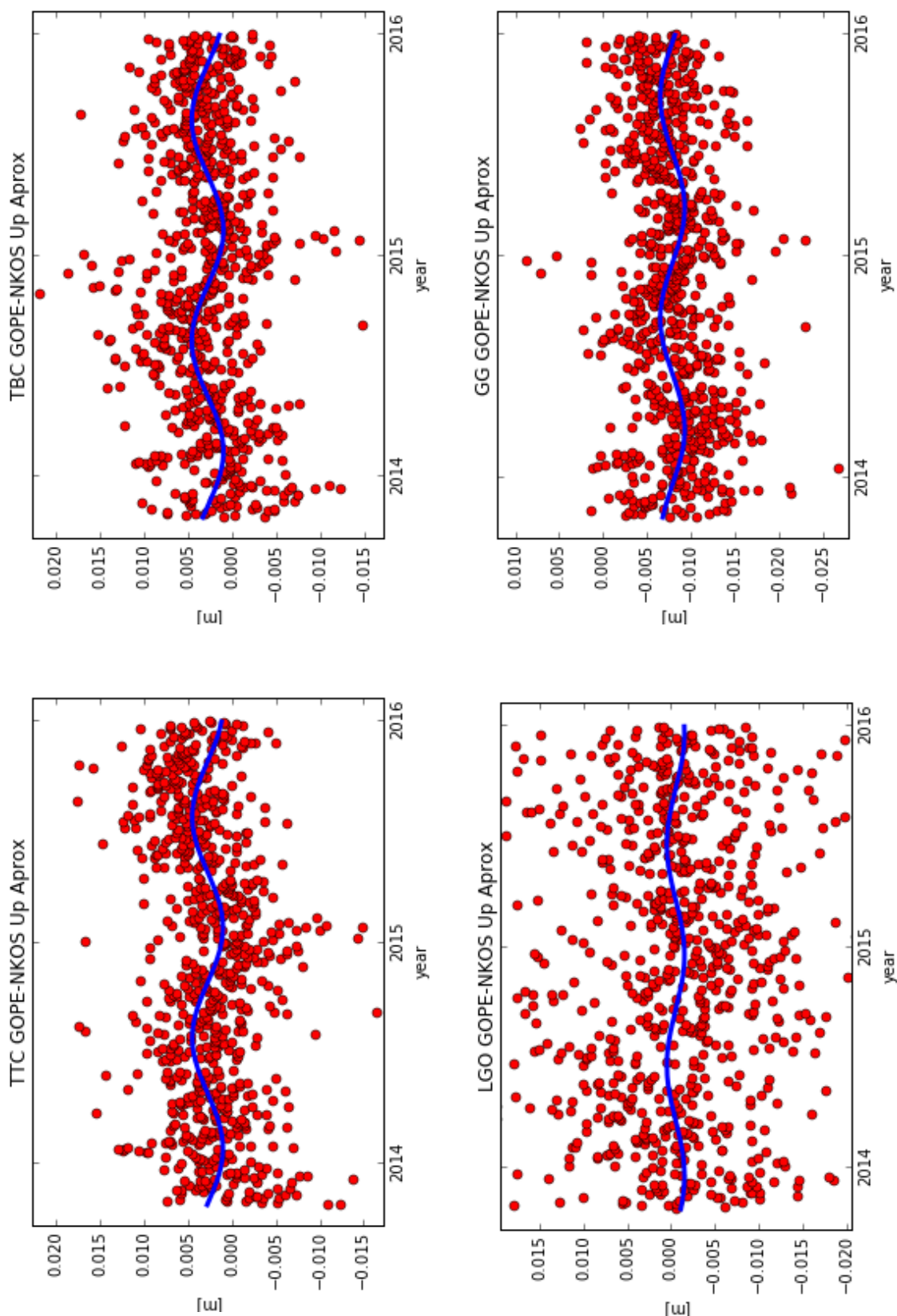
Výsledkem této části výpočtu jsou vyrovnané parametry harmonické funkce pro jednotlivé odchylky NEU, které jsou uvedeny v tabulce č. 14. Grafické znázornění pro jednotlivé programy a směry je znázorněno na následujících stránkách.



Obrázek 19: Znázornění denních řešení po aproximaci funkcí pro směr North



Obrázek 20: Znázornění denních řešení po aproximaci funkcí pro směr East



Obrázek 21: Znáznornění denních řešení po aproximaci funkcí pro směr Up

Tabulka 14: Porovnání programů - Výsledky aproximační funkce

	m_0 [mm]	A_0 [mm]	σA_0 [mm]	a [mm]	σa [mm]	A [rad]	σA [rad]
TBC North	1,295	-0,091	0,047	1,133	0,066	-1,401	0,059
TBC East	1,229	2,661	0,045	2,360	0,064	-1,933	0,027
TBC Up	4,769	2,777	0,175	1,799	0,250	-2,299	0,134
TTC North	1,720	0,318	0,063	1,185	0,088	-1,661	0,076
TTC East	1,625	-0,244	0,060	2,106	0,084	-1,845	0,040
TTC Up	5,323	2,744	0,196	1,742	0,278	-2,014	0,157
LGO North	2,169	1,498	0,079	1,639	0,111	-1,695	0,068
LGO East	3,370	-10,664	0,124	2,437	0,177	0,701	0,070
LGO Up	9,564	-0,537	0,351	1,001	0,488	-1,358	0,500
GG North	0,982	1,472	0,036	0,705	0,050	-1,643	0,072
GG East	1,201	2,027	0,044	2,340	0,060	-1,757	0,027
GG Up	4,137	-7,887	0,151	1,383	0,216	-2,946	0,152

5. 3. 3 Testování shodnosti programů

Pomocí statistických hypotéz program testuje, zda si výsledky jednotlivých programů odpovídají. Pro testování používá Studentovo rozdělení. Postupně porovnává dvojice programů mezi sebou po jednotlivých parametrech na základě rozdílu parametru ρ a střední chyby rozdílu σ_ρ .

Zvolená nulová hypotéza H_0 a alternativní hypotéza H_1 , je uvedena níže.

$$H_0: \rho = 0 \quad (5.5)$$

$$H_1: \rho \neq 0 \quad (5.6)$$

Pro testování je použita hladina významnosti $\alpha = 5\%$. Dále je vypočtena kritická hodnota q , která slouží pro testování hypotéz.

Testování probíhá porovnáním kritické hodnoty q s hodnotou rozdílu ρ podle zásad:

$|\rho| < q$ výsledek 1, přijímáme hypotézu H_0

$|\rho| > q$ výsledek 0, hodnota ρ je statisticky významná a proto zamítáme hypotézu H_0 a přijímáme alternativní hypotézu H_1

Výsledky testování jsou uvedeny v následujících tabulkách společně s hodnotami ρ a q .

Tabulka 15: Testování shodnosti programů TBC a TTC

směr	A0 [mm]			a [mm]			A [rad]			výsledek pro směr	výsledek pro program
	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀		
north	-0,041	0,016	0	-0,005	0,022	1	0,260	0,189	0	0	0
east	0,291	0,015	0	0,025	0,021	0	-0,088	0,094	1	0	
up	0,003	0,052	1	0,006	0,073	1	-0,285	0,405	1	1	

Tabulka 16: Testování shodnosti programů TBC a LGO

směr	A0 [mm]			a [mm]			A [rad]			výsledek pro směr	výsledek pro program
	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀		
north	-0,159	0,018	0	-0,051	0,025	0	0,294	0,178	0	0	0
east	1,333	0,026	0	-0,008	0,037	1	-2,635	0,147	0	0	
up	0,331	0,077	0	0,080	0,108	1	-0,941	1,017	1	0	

Tabulka 17: Testování shodnosti programů TTC a LGO

směr	A0 [mm]			a [mm]			A [rad]			výsledek pro směr	výsledek pro program
	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀		
north	-0,118	0,020	0	-0,045	0,028	0	0,034	0,200	1	0	0
east	1,042	0,027	0	-0,033	0,039	1	-2,546	0,158	0	0	
up	0,328	0,079	0	0,074	0,110	1	-0,656	1,029	1	0	

Tabulka 18: Testování shodnosti programů GG a TBC

směr	A0 [mm]			a [mm]			A [rad]			výsledek pro směr	výsledek pro program
	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀		
north	-0,156	0,012	0	0,043	0,016	0	0,242	0,184	0	0	0
east	0,063	0,012	0	0,003	0,017	1	-0,176	0,074	0	0	
up	1,066	0,045	0	0,042	0,065	1	0,647	0,398	0	0	

Tabulka 19: Testování shodnosti programů GG a TTC

směr	A0 [mm]			a [mm]			A [rad]			výsledek pro směr	výsledek pro program
	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀		
north	-0,115	0,014	0	0,048	0,020	0	-0,018	0,205	1	0	0
east	-0,227	0,015	0	-0,022	0,021	0	-0,088	0,094	1	0	
up	1,063	0,049	0	0,036	0,069	1	0,933	0,429	0	0	



Tabulka 20: Testování shodnosti programů GG a LGO

směr	A0 [mm]			a [mm]			A [rad]			výsledek pro směr	výsledek pro program
	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀	ρ	q	H ₀		
north	0,003	0,017	1	0,093	0,024	0	-0,052	0,195	1	0	0
east	-1,269	0,026	0	0,011	0,037	1	2,458	0,147	0	0	
up	0,735	0,075	0	-0,038	0,105	1	1,588	1,026	0	0	

Závěr

Cíle této práce, které jsou popsány v úvodu, byly splněny.

Přístroj Trimble R9s byl nastaven na tři metody měření. Pro jednotlivé metody nastavení byly vytvořeny aplikační soubory a případně klonovací soubory, které jsou součástí přiloženého CD. Parametry jednotlivých metod jsou uvedeny v kapitole 4. Kontrolním zaměřením bylo zjištěno, že metody permanentní stanice a statické měření pracují. Ověření metody základnové stanice pro RTK bylo provedeno porovnáním výsledků měření s výsledky zaměření metodou RTK se službou CZEPOS a terestrického zaměření této sítě. Terestrické zaměření sítě je popsáno v kapitole 3 a dokumentováno v přílohách.

Porovnáním metody RTK se základnovou stanicí s terestrickým zaměřením bylo zjištěno, že v polohové složce se od terestrického zaměření liší v řádu jednotek mm. Výjimkou byl bod č. 1, který dosahoval horších výsledků (až 2 cm). To bylo pravděpodobně způsobeno stromem, který se nacházel poblíž bodu. Rozdíly výškového měření se mezi etapami lišily. Lepších výsledků bylo dosaženo v odpolední etapě, kde rozdíly dosahovaly řádu jednotek mm. V dopoledním řešení ovšem byly rozdíly větší než 1 cm (kromě bodu č. 3). Nejhorších výsledků dosáhl bod č. 2, kde byl zjištěn rozdíl 4,9 cm. Rozdíly etap zaměření byly v polohové složce opět v řádu jednotek mm (s výjimkou bodu č. 1). Ve výškové složce se zde projevil rozdíl mezi etapami a dosahoval hodnot až 5 cm.

Metoda RTK se službou CZEPOS v porovnání s terestrickým zaměřením dosahovala obdobných výsledků v polohové složce, které byly zjištěny u metody se základnovou stanicí. Pouze v dopolední etapě dosahoval rozdíl ve složce polohy na bodech č. 2 a č. 3 hodnoty 15 mm. Porovnání výškové složky dosahovalo v dopolední etapě rozdílu přibližně 1 cm (s výjimkou bodu č. 6, kde byl rozdíl 2,2 cm), v odpolední etapě byl zjištěn větší rozdíl a to přibližně 2 cm. Rozdíl etap zaměření v rámci této metody dosahoval v polohové složce hodnoty jednotek mm (kromě bodu č. 1). Ve výškové složce byl zjištěn rozdíl mezi etapami až 4 cm.

Polohová složka porovnání obou metod mezi sebou vycházela lépe v odpolední etapě. Zde byly zjištěny rozdíly v řádu jednotek mm. V dopolední etapě byly zjištěny rozdíly na bodech zhruba 1 cm (s výjimkou bodu č. 1). Výškové rozdíly v obou etapách vycházely na některých bodech v řádu jednotek mm, ale na jiných dosahovaly hodnoty až 42 mm.

V kapitole 5, která se věnovala programu GAMIT/GLOBK, bylo navázáno na bakalářskou práci autora. Bakalářská práce se zabývala porovnáním programů na výpočet GNSS dat pomocí TBC a LGO s cílem nahradit zastaralý program TTC. Zpracována byla spojnice bodů NKOS a GOPE za období třetího čtvrtletí roku 2013 až do konce roku 2015.

V programu GAMIT/GLOBK bylo provedeno zpracování dat za stejné období ze stanice NKOS. Způsob výpočtu v tomto programu nebyl totožný s výpočtem v bakalářské práci. Podrobně bylo toto popsáno v kapitole 5.2. Výstupem z tohoto zpracování je seznam souřadnic a grafické znázornění denních řešení pro jednotlivé směry stanice NKOS (příloha C) a soubory nastavení výpočtu.

Upravený výstup denních řešení z programu GAMIT/GLOBK byl dále zpracován v programu `bp_steidl.py`, který byl vytvořen v rámci bakalářské práce. Výsledkem výpočtu tohoto programu jsou parametry aproximované funkce a testování hypotéz. Tyto výsledky jsou uvedeny v kapitole 5. 3. a byly dále hodnoceny po jednotlivých parametrech.

Jednotková střední chyba m_0 ukazuje rozptyl hodnot. Zde je u všech programů zřejmé, že rozptyl polohové složky je přibližně 3x menší než rozptyl výškové složky. To je způsobeno tím, že výšková přesnost u GNSS je menší než polohová. V tomto parametru vybočuje zpracování v programu LGO, kde jsou výsledky přibližně 2x horší než u ostatních programů. Nejlepších výsledků v tomto parametru dosahuje program GAMIT/GLOBK ve všech složkách NEU.

Parametr A_0 ukazuje, jak jsou výsledky v jednotlivých směrech vzájemně umístěné. Toho bylo docíleno tak, že při převodu na souřadnice NEU byly souřadnice počítány od střední hodnoty dané souřadnice ze všech programů. Zde je vidět, že vertikální složka spojnice GOPE - NKOS ze zpracování v programu GAMIT/GLOBK je oproti programům TTC a TBC posunuta o přibližně 11 mm.

Změnu souřadnice v daném směru dokládá parametr a , což je amplituda funkce. Zde je u všech programů a směrů patrný periodický vliv.

Parametr A je posun počátku sinusoidy funkce. V tomto parametru je vidět, že u programu LGO je posun v opačném směru než u ostatních programů v dané odchylce.

V bakalářské práci bylo zjištěno, že komerční programy TBC a LGO nejsou na zpracování takového množství dat uzpůsobeny (data musela být rozdělena do kratších

úseků, v případě TBC po 15 dnech). Testování hypotéz nepotvrdilo stoprocentní shodu výpočtu žádné dvojice programů. Nejvíce si odpovídaly programy TBC a TTC. Praktické využití programu TBC neumožňuje provádět výpočty na tomto typu dat. Program GAMIT/GLOBK je oproti uvedeným programům uzpůsoben pro práci s velkým množstvím dat a s daty za dlouhé časové období. Vzhledem k vědeckému zaměření programu je možné použít mnohem více možností nastavení a použít více zdrojů dat pro výpočet (modely atmosféry, slapové jevy, pohyby pólu a další). Uživatelsky je tento program méně přívětivý. Práce v něm probíhá formou spouštění příkazů v příkazovém řádku a nastavení je realizováno editací textových souborů.

V závěru bakalářské práce byla uvedena možnost přechodu na tento program. Přechod na tento program by byl možný. Zjištěný rozdíl ve výpočtu výškové složky může být způsoben tím, že program GAMIT/GLOBK použil jiné umístění výsledného řešení v prostoru než program TTC.

Použité zkratky

CMR - Compact Measurement Record
CSV - Comma-separated values
CZEPOS – Sít permanentních stanic GNSS České republiky
DGPS - Differential GPS
DOP - Dilution of precision
EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay Service
EUREF - Regional Reference Frame Sub-Commission for Europe
GAGAN - GPS-aided GEO augmented navigation
GFÚ - Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, v.v.i.
GG - GAMIT/GLOBK
GLONASS - Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja systémá
GNSS - Global Navigation Satellite System
GPRS - General Packet Radio Service
GSOF - General Serial Output Format
FTP - File Transfer Protocol
ID - identifikátor
IGS - Information Global Service
IP - Internet Protocol
IRNSS - Indian Regional Navigation Satellite System
LGO - Leica Geomatic Office
MAC - Media Access Control
NTRIP - Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
QZSS - Quasi-Zenith Satellite System
RINEX - Receiver Independent Exchange Format
RTCM - Radio Technical Commission for Maritime Services
SGI - Leica Geo Serial Interfac
SLR - Satellite Laser Ranging
TBC - Trimble Business Center
TCP - Transmission Control Protocol
TNC - Threaded Neill–Concelman
TTC - Trimble Total Control
UHF - Ultra high frequency
UTP - Unshielded twisted pair
VLBI - Very-long-baseline interferometry
VRS - virtuální referenční stanice
v. č. - výrobní číslo
WASS - Wide Area Augmentation System
XML - Extensible Markup Language

Zdroje

- [1] STEIDL, Václav. *Test zpracování dat z permanentních GNSS stanic programy Trimble Business Center, Trimble Total Control a Leica Geomatic Office*. Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Michal SEIDL, Ph.D.
- [2] *Trimble R9s Receiver Getting Started Guide* [online]. Version 5.12. 2016 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-808251/>
- [3] *Trimble NetR9 GNSS Reference Receiver User Guide* [online]. Version 4.15. 2010 [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-495804/NetR9_UserGuide_13506.pdf
- [4] *Trimble R9s: Technický popis* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/06/022516-236-CZE_Trimble_R9s_GNSS_Receiver_DS_A4_0216_LR_D.pdf
- [5] *Trimble: Trimble Installation Manager* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www.trimble.com/installationmanager/>
- [6] *Trimble: USB Device Mode - Drivers* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://trl.trimble.com/dscgi/ds.py/Get/File-572389/NetR9%20USB.zip>
- [7] *Trimble: USB Device Mode - Manual* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-574557/NetR9_USB_Device_Mode.pdf
- [8] *Aplikace Trimble DL* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trimble.trimbledl&hl=en_US
- [9] *Trimble Access General Survey* [online]. Version 2016.10. 2016, (2016.10) [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.myconnectedsite.com/files/surveyadministration/fsPublicSurveyContent/Help%20Files/2016_10_Help/English/General%20Survey%20Help%20v2016.10.pdf

- [10] HERRING, T. A., R. W. KING, M. A. FLOYD a S. C. MCCLUSKY. *Introduction to GAMIT/GLOBK* [online]. Release 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, 2015 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/Intro_GG.pdf
- [11] HERRING, T. A., R. W. KING, M. A. FLOYD a S. C. MCCLUSKY. *GAMIT Reference Manual: GPS Analysis at MIT* [online]. Release 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, 2015 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/GAMIT_Ref.pdf
- [12] HERRING, T. A., R. W. KING, M. A. FLOYD a S. C. MCCLUSKY. *GLOBK Reference Manual: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program* [online]. Release 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, 2015 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/GAMIT_Ref.pdf
- [13] *GAMIT-GLOBK* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/index.htm>
- [14] *European GNSS Service Centre Search - Constellation Information* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.gsc-europa.eu/system-status/Constellation-Information>
- [15] *Český kosmický portál: Galileo* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
- [16] *Český kosmický portál: Beidou / Compass* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/cinsky-beidou---compass/>
- [17] *Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing, Korolyov, Russia: GPS CONSTELLATION STATUS* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/GPS/>

- [18] *Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing, Korolyov, Russia: BEIDOU CONSTELLATION STATUS* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/BEIDOU/index.php>
- [19] *Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing, Korolyov, Russia: BEIDOU GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/BEIDOU/index.php>
- [20] *Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing, Korolyov, Russia: GLONASS CONSTELLATION STATUS* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>
- [21] *Informace o službách a produktech CZEPOS* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/servicesProducts.aspx>
- [22] *Nastavení aparatury GNSS pro přístup ke službám CZEPOS* [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/korekceRTCM.aspx>
- [23] *CZEPOS: Síť permanentních stanic GNSS České Republiky* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/index.aspx>
- [24] *CHMI: Stanice Libuš* [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/praha-libus>
- [25] *CHMI: Přehled hodnot tlaku vzduchu na stanicích* [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/tabulky/tlak-vzduchu>
- [26] *GNU Gama* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/software/gama/>
- [27] HLADÍK, Dominik. *Software pro zpracování polárně zaměřených dat*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Prof. Ing. Aleš Čepek, CSc.

Seznam obrázků

Obrázek 1: CZEPOS – rozmístění referenčních stanic	7
Obrázek 2: Přijímač Trimble R9s s anténou	8
Obrázek 3: Přijímač R9s – pohled zepředu (vlevo), pohled zezadu (vpravo).....	9
Obrázek 4: Webové rozhraní – přihlašovací okno	11
Obrázek 5: Webové rozhraní – zobrazení aktivity přístroje	12
Obrázek 6: Webové rozhraní – ukládání dat	14
Obrázek 7: Webové rozhraní – nastavení relace	14
Obrázek 8: Webové rozhraní – volba pojmenování	16
Obrázek 9: Webové rozhraní – formáty ukládání na FTP server	16
Obrázek 10: Webové rozhraní – přehled vstupních a výstupních toků dat.....	18
Obrázek 11: Trimble Installation Manager – počáteční okno	20
Obrázek 12: Trimble Installation Manager – instalace aktualizací	22
Obrázek 13: Trimble Installation Manager – aktuální nastavení přístroje.....	22
Obrázek 14: Trimble Installation Manager – možnosti rozšíření funkcí	23
Obrázek 15: Trimble DL – ukázky aplikace	24
Obrázek 16: Síť GFÚ – zobrazení bodů sítě	26
Obrázek 17: Pilíř na budově GFÚ s přijímačem Trimble R9s a anténou (vlevo), přijímač Trimble R10 při měření RTK na bodě (vpravo).....	33
Obrázek 18: Zpracování GAMIT/GLOBK – rozložení bodů sítě.....	42
Obrázek 19: Znázornění denních řešení po aproximaci funkcí pro směr North	50
Obrázek 20: Znázornění denních řešení po aproximaci funkcí pro směr East.....	51
Obrázek 21: Znázornění denních řešení po aproximaci funkcí pro směr Up.....	52

Seznam tabulek

Tabulka 1: Ovládání tlačítka napájení	10
Tabulka 2: Nastavení pojmenování souboru	16
Tabulka 3: Hodnoty tlaků a nadmořských výšek	27
Tabulka 4: Vyrovnané souřadnice bodů sítě	29
Tabulka 5: Nastavení RTK - anténa.....	31
Tabulka 6: Nastavení RTK - referenční stanice	31
Tabulka 7: Nastavení RTK - satelity	32
Tabulka 8: Nastavení služby CZEPOS	34
Tabulka 9: Výškový posun.....	35
Tabulka 10: Porovnání terestrického zaměření s metodou RTK se základnovou stanicí a službou CZEPOS	36
Tabulka 11: Nastavení statické metody - Relace.....	37
Tabulka 12: Permanentní stanice - Nastavení ukládání dat	39
Tabulka 13: Seznam stanic pro výpočet stanice NKOS	42
Tabulka 14: Porovnání programů - Výsledky aproximační funkce.....	53
Tabulka 15: Testování shodnosti programů TBC a TTC.....	54
Tabulka 16: Testování shodnosti programů TBC a LGO	54
Tabulka 17: Testování shodnosti programů TTC a LGO	54
Tabulka 18: Testování shodnosti programů GG a TBC	54
Tabulka 19: Testování shodnosti programů GG a TTC.....	54
Tabulka 20: Testování shodnosti programů GG a LGO	55

Seznam příloh

A.	Obsah příloženého CD	66
B.	Porovnání metod RTK.....	67
	1. Porovnání metody RTK se základnovou stanicí a metody RTK se službou CZEPOS v rámci jedné etapy měření	67
	2. Porovnání etap v rámci jedné metody měření RTK.....	67
C.	Grafické znázornění zpracování v programu GAMIT/GLOBK	68
	1. Výsledné denní řešení stanice NKOS v jednotlivých směrech.....	68
D.	soubory GAMIT/GLOBK	69
	1. Soubor globk_long.cmd	69
	2. Soubor glorg_long.cmd.....	70
E.	Zpracování metod RTK.....	72
	1. Protokol o polohové transformaci měření RTK se základnovou stanicí - etapa dopoledne	72
	2. Protokol o polohové transformaci měření RTK se základnovou stanicí - etapa odpoledne	73
	3. Protokol o polohové transformaci měření RTK se službou CZEPOS - etapa dopoledne	74
	4. Protokol o polohové transformaci měření RTK se službou CZEPOS - etapa odpoledne	75
F.	Zpracování sítě GFÚ.....	76
	1. Vstupní soubor do programu Gama-local	76

A. Obsah příloženého CD

Stromová struktura příloženého CD:

- **text diplomové práce (.pdf)**
- **aplikacni_soubory**
 - soubor BASE_GFU.cfg
 - soubor BASE_GFU.xml
 - soubor KAMPAN.cfg
 - soubor PERM_GFU.cfg
- **GAMIT_GLOBK**
 - výstupní seznamy souřadnic (.xyz)
 - soubor globk_long.cmd
 - soubor glorg_long.cmd
 - soubor process.defaults
 - soubor sestbl.
 - soubor sites.defaults
 - soubor sittbl.
 - soubor station.info
- **program**
 - vstupní soubory pro porovnání (.txt)
 - hlavní program bp_steidl.py
 - modul convert_xyz.py
 - modul hypot.py
 - modul plot_data.py
 - modul ts_adj.py
- **RTK_mereni**
 - výstupní seznam souřadnic z přijímače R10 (.csv)
 - protokol o měření z přijímače R10 (.htm)
- **sit_GFU**
 - měřená data (.sgi)
 - protokol o zpracování zápisníku (.pro)
 - vstupní soubor pro program GAMA (.xml)
 - protokol o výpočtu z programu GAMA (.txt)

B. Porovnání metod RTK

1. Porovnání metody RTK se základnovou stanicí a metody RTK se službou CZEPOS v rámci jedné etapy měření

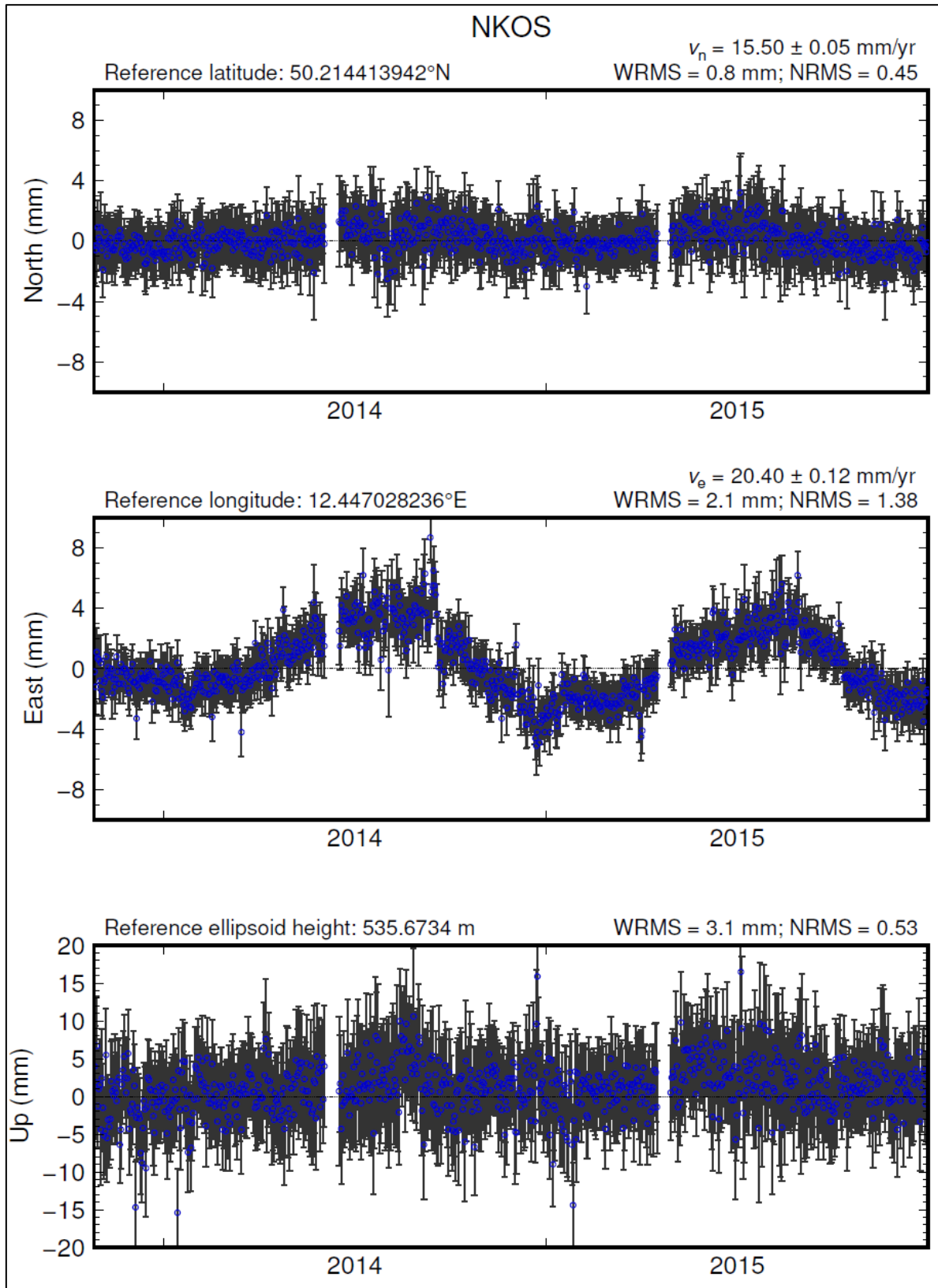
	Bod	Δx	Δy	Δz
		[mm]	[mm]	[mm]
dopoledne	1	-25,0	-51,2	22,6
	2	2,2	-10,2	41,6
	3	-10,7	13,6	-15,4
	4	7,2	2,4	-4,4
	5	13,2	-10,3	-5,4
	6	-12,0	4,5	-16,4
odpoledne	1	6,3	2,3	13,2
	2	5,3	-9,1	21,2
	3	-12,6	5,3	-40,8
	4	3,0	7,9	-3,8
	5	-3,1	0,3	30,2
	6	7,4	-4,5	-6,8

2. Porovnání etap v rámci jedné metody měření RTK

	Bod	Δx	Δy	Δz
		[mm]	[mm]	[mm]
RTK se službou CZEPOS	1	-20,8	-93,5	-4,4
	2	-10,4	-12,0	-30,4
	3	5,4	14,3	20,6
	4	4,6	1,3	-13,4
	5	8,1	-5,1	-17,4
	6	-7,8	1,5	40,6
RTK se základnovou stanicí	1	10,5	-40,0	-13,8
	2	-7,3	-10,9	-50,8
	3	3,5	6,0	-4,8
	4	0,4	6,8	-12,8
	5	-8,2	5,5	18,2
	6	11,6	-7,5	50,2

C. Grafické znázornění zpracování v programu GAMIT/GLOBK

1. Výsledné denní řešení stanice NKOS v jednotlivých směrech



D. soubory GAMIT/GLOBK

1. Soubor globk_long.cmd

* *GLOBK command file for multiyear times series and velocity solution from combination h-files*

* *For velocity, set VEL as a globk command-line option; since these commands*

* *follow the commands for repeatabilities, they will take precedence when invoked.*

* *Last edited 130701*

* *<< column 1 must be blank if not comment >>*

* *This group of commands must appear before any others:*

The @ wildcard sets the name of the file to be the same as the gdl file

VEL com_file @.com

srt_file @.srt

srt_dir +1

eq_file ~/gg/tables/itrf08_comb.eq

Optionally add a second eq_file for analysis-specific renames

* *End commands that must appear first*

* *Solution file pointed to by the com file, if used*

VEL sol_file @.sol

* *ITRF2008 augmented by now-defunct sites and recent IGS solutions;*

* *matched to itrf08_comb.eq*

apr_file ~/gg/tables/itrf08_comb.apr

Optionally add additional apr files for other sites

x apr_file ../tables/regional.apr

* *Set maximum chi2 and prefit coordinate difference (m), for an h-file to be used;*

max_chi2 13 3

increase tolerances to include all files for diagnostics

x max_chi 100 5.0

Do not use an a priori rotation file with multi-day H-files

x in_pmu ../tables/pmu.usno

* *Invoke glorg*

org_cmd glorg_long.cmd

* *Print file options*

crt_opt NOPR

pri_opt NOPR GDLF CMDS

org_opt PSUM CMDS GDLF FIXA RNRP

VEL org_opt BRAT VSUM ERA PSUM CMDS GDLF VSUM FIXA RNRP

Set an explicit name for the glorg print file; otherwise will use the

globk print file name from the globk command line

org_out globk_rep.org

VEL org_out globk_vel.org

* *Coordinate parameters to be estimated and a priori constraints*

apr_neu all 10 10 10 0 0 0

VEL apr_neu all 10 10 10 1 1 1

* *Rotation parameters to be estimated and a priori constraints*

apr_wob 10 10 0 0

apr_ut1 10 0

```

VEL apr_wob 10 10 10 10
VEL apr_ut1 10 10
VEL mar_wob 3650 3650 0 0
VEL mar_ut1 365 0
# EOP tight if translation-only stabilization in glorg (also comment out mar_wob, mar_ut1)
x apr_wob .25 .25 .1 .1
x apr ut1 .25 .1

# Allow translation and scale variations for pre-1995 data and
# for data analyses that feature a change in SV PCVs (e.g.
# operational, pre-repro1 MIT or SOPAC h-files before Week 1400, Nov 2006)
x apr_tran 1 1 1 0 0 0
xVEL apr_tran 1 1 1 1 1 1
xVEL mar_tran 3.65 3.65 3.65 0 0 0
x apr_scale 10 0
xVEL apr_scale 10 1.
xVEL mar_scale 365 0

* Optionally put a uselist and/or sig_neu and mar_neu reweight in a source file
x source ../tables/uselist
x source ../tables/monthly_reweights

* Remove scratch files for repeatability runs
del_scra yes
VEL del_scra no

```

2. Soubor glorg_long.cmd

```

* Glorg command file for multi-year time series and velocity solution

* For velocity, set VEL as a globk or glorg command-line option

* Last edited by rwk 130707

* << column 1 must be blank if not comment >>

* Parameters to be estimated
pos_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
VEL rate_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
# Optionally, if estimated scale in GLOBK:
x pos_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot scale
# or if translation-only
x pos_org xtran ytran ztran
x VEL rate_org xtran ytran ztran

* Downweight of height relative to horizontal (default is 10 10)
# Heavy downweight if reference frame robust and heights suspect
x cnd_hgt 1000 1000

* Controls for removing sites from the stabilization
# Vary these to make the stabilization more robust or more precise
stab_it 4 0.8 3.0
x stab_it 4 0.5 4.0

* A priori coordinates to define the analysis reference frame
apr_file ~/gg/tables/itr08_comb.apr
# Use a regional stabilization if available from a prior solution (comment out the itr08 file)
x apr_file ../tables/regional.apr

```

```
* List of stabilization sites
# This should match the well-determined sites in the apr_file
stab_site clear
stab_site penc bor1 gope wtzz ffmj hueg ptbb pots wroc graz

x source ~/gg/tables/igb08_heirarchy_stab_site
# Use a regional stabililization if available from a prior solution
x source ../tables/regional_stab_site

* Estimate rotation (Euler) vectors to be used with sh_org2vel to
* to rotate the solution to a block- or region-specific reference frame
xVEL plate eurasia kosg_2ps onsa_2ps nyal_4ps graz_2ps tlse_2ps kit3_2ps
xVEL plate eurasia vill_3ps mars_3ps cbre
xVEL plate weura kosg_2ps tlse_2ps vill_3ps mars_3ps
xVEL plate aegean milo kyra xris dioa leon mkn2 bodr roml omal koun seva

* Equate the velocities of co-located sites
xVEL eq_dist 1000 ndot
xVEL eq_dist 1000 edot
xVEL eq_dist 1000 udot

* Equate a few horizontal velocities for sites farther apart
xVEL equate trab_gps ndot akto_gps ndot
xVEL equate trab_gps edot akto_gps edot

* Unequate velocities that are incompatible
xVEL unequate mad2_gps ndot
xVEL unequate mad2_gps edot
xVEL unequate mad2_gps udot
```

E. Zpracování metod RTK

1. Protokol o polohové transformaci měření RTK se základnovou stanicí - etapa dopoledne

[67] TRANSFORMACE SOUŘADNIC

Identické body:

Bod I	I. Y	I. X	Bod II	II. y'	II. x'
1	997.4211	4999.6344	1	2.8070	8.3790 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	998.0837	5045.8265	2	14.1700	53.1640
3	998.2918	5068.4741	3	19.6220	75.1320
4	1001.9713	5104.6572	4	31.6040	109.4830
5	1035.1050	5109.3032	5	64.9140	106.3060
6	1000.0000	5201.4232	6	52.1680	204.0500

Transformační parametry:

Typ transformace: Shodnostní (3 parametry)

Rotace : 14.92204

Měřítko : 1.000000000000 (0.0 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava	Y	X
I.	1006.6904	5105.9368
II.	36.4956	109.6270

Souřadnicové opravy na identických bodech:

Bod	vY	vX
1	-0.0172	0.0013 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	-0.0053	-0.0061
3	0.0020	0.0080
4	0.0053	-0.0035
5	0.0020	-0.0038
6	-0.0040	0.0054

Střední souřadnicová chyba klíče m_0 : 0.0041

Transformované body:

Bod	I. Y	I. X	II. y'	II. x'
1	997.4383	4999.6331	2.8070	8.3790
2	998.0890	5045.8326	14.1700	53.1640
3	998.2898	5068.4661	19.6220	75.1320
4	1001.9660	5104.6607	31.6040	109.4830
5	1035.1030	5109.3070	64.9140	106.3060
6	1000.0040	5201.4178	52.1680	204.0500

2. Protokol o polohové transformaci měření RTK se základnovou stanicí - etapa odpoledne

[67] TRANSFORMACE SOUŘADNIC

Identické body:

Bod I	I. Y	I. X	Bod II	II. y'	II. x'
1	997.4211	4999.6344	1	2.7860	8.3960 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	998.0837	5045.8265	2	14.1690	53.1580
3	998.2918	5068.4741	3	19.6380	75.1330
4	1001.9713	5104.6572	4	31.6170	109.4820
5	1035.1050	5109.3032	5	64.9240	106.3000
6	1000.0000	5201.4232	6	52.1610	204.0650

Transformační parametry:

Typ transformace: Shodnostní (3 parametry)

Rotace : 14.91626

Měřítko : 1.000000000000 (0.0 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava Y X

I. 1006.6904 5105.9368

II. 36.5018 109.6276

Souřadnicové opravy na identických bodech:

Bod	vY	vX
1	0.0228	-0.0092 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	0.0056	0.0012
3	-0.0040	0.0045
4	-0.0015	-0.0039
5	-0.0035	0.0044
6	0.0035	-0.0062

Střední souřadnicová chyba klíče m_0 : 0.0035

Transformované body:

Bod	I. Y	I. X	II. y'	II. x'
1	997.3983	4999.6436	2.7860	8.3960
2	998.0781	5045.8253	14.1690	53.1580
3	998.2958	5068.4696	19.6380	75.1330
4	1001.9728	5104.6611	31.6170	109.4820
5	1035.1085	5109.2988	64.9240	106.3000
6	999.9965	5201.4294	52.1610	204.0650

3. Protokol o polohové transformaci měření RTK se službou CZEPOS - etapa dopoledne

[67] TRANSFORMACE SOUŘADNIC

Identické body:

Bod I	I. Y	I. X	Bod II	II. y'	II. x'
1	997.4211	4999.6344	1	2.1480	7.8900 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	998.0837	5045.8265	2	13.4650	52.6580
3	998.2918	5068.4741	3	18.8970	74.6440
4	1001.9713	5104.6572	4	30.8860	108.9750
5	1035.1050	5109.3032	5	64.2070	105.7890
6	1000.0000	5201.4232	6	51.4530	203.5610

Transformační parametry:

Typ transformace: Shodnostní (3 parametry)

Rotace : 14.92244

Měřítko : 1.000000000000 (0.0 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava Y X

I. 1006.6904 5105.9368

II. 35.7816 109.1254

Souřadnicové opravy na identických bodech:

Bod	vY	vX
1	-0.0684	-0.0237 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	-0.0155	-0.0039
3	0.0156	-0.0027
4	0.0077	0.0037
5	-0.0083	0.0094
6	0.0005	-0.0066

Střední souřadnicová chyba klíče m_0 : 0.0075

Transformované body:

Bod	I. Y	I. X	II. y'	II. x'
1	997.4895	4999.6581	2.1480	7.8900
2	998.0992	5045.8304	13.4650	52.6580
3	998.2762	5068.4768	18.8970	74.6440
4	1001.9636	5104.6535	30.8860	108.9750
5	1035.1133	5109.2938	64.2070	105.7890
6	999.9995	5201.4298	51.4530	203.5610

4. Protokol o polohové transformaci měření RTK se službou CZEPOS - etapa odpoledne

[67] TRANSFORMACE SOUŘADNIC

Identické body:

Bod I	I. Y	I. X	Bod II	II. y'	II. x'
1	997.4211	4999.6344	1	2.0830	7.8870 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	998.0837	5045.8265	2	13.4750	52.6480
3	998.2918	5068.4741	3	18.9330	74.6440
4	1001.9713	5104.6572	4	30.9040	108.9790
5	1035.1050	5109.3032	5	64.2200	105.8030
6	1000.0000	5201.4232	6	51.4540	203.5560

Transformační parametry:

Typ transformace: Shodnostní (3 parametry)

Rotace : 14.91286

Měřítko : 1.000000000000 (0.0 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava Y X

I. 1006.6904 5105.9368

II. 35.7972 109.1260

Souřadnicové opravy na identických bodech:

Bod	vY	vX
1	0.0251	-0.0029 (bod nepoužit pro výpočet klíče)
2	-0.0035	0.0065
3	0.0013	-0.0081
4	0.0064	-0.0009
5	-0.0032	0.0013
6	-0.0010	0.0012

Střední souřadnicová chyba klíče m_0 : 0.0035

Transformované body:

Bod	I. Y	I. X	II. y'	II. x'
1	997.3960	4999.6373	2.0830	7.8870
2	998.0872	5045.8200	13.4750	52.6480
3	998.2905	5068.4822	18.9330	74.6440
4	1001.9649	5104.6581	30.9040	108.9790
5	1035.1082	5109.3019	64.2200	105.8030
6	1000.0010	5201.4220	51.4540	203.5560

F. Zpracování sítě GFÚ

1. Vstupní soubor do programu Gama-local

```
<?xml version="1.0"?>
<gama-local xmlns="http://www.gnu.org/software/gama/gama-local">
<network axes-xy="sw" angles="right-handed">
<parameters
  sigma-apr='1.000'
  conf-pr='0.950'
  tol-abs='1000.000'
  sigma-act='aposteriori'
/>
<points-observations
  distance-stdev = "1.5 2 1" >
  <point id="5001" x="5000.0000" y="1000.0000" z="100.0000" adj="XYZ" />
  <point id="1" adj="xyz" />
  <point id="2" adj="xyz" />
  <point id="6" x="5201.4240" y="1000.0000" adj="XYz" />
  <point id="5002" adj="xyz" />
  <point id="4" adj="xyz" />
  <point id="5003" adj="xyz" />
  <point id="3" adj="xyz" />
  <point id="5004" adj="xyz" />
  <point id="5" adj="xyz" />
  <point id="5005" adj="xyz" />
  <obs from="5001">
    <direction to="1" val="399.99800" stdev="12.000"/>
    <direction to="2" val="293.67400" stdev="12.000"/>
    <direction to="6" val="291.01400" stdev="12.000"/>
  </obs>
  <obs from="5002">
    <direction to="1" val="49.03820" stdev="12.000"/>
    <direction to="2" val="145.92500" stdev="12.000"/>
    <direction to="4" val="236.08500" stdev="12.000"/>
  </obs>
  <obs from="5003">
    <direction to="1" val="399.99900" stdev="12.000"/>
    <direction to="3" val="297.55700" stdev="12.000"/>
    <direction to="4" val="205.18300" stdev="12.000"/>
    <direction to="6" val="205.67100" stdev="12.000"/>
  </obs>
  <obs from="5004">
    <direction to="3" val="399.99800" stdev="12.000"/>
    <direction to="4" val="91.91500" stdev="12.000"/>
    <direction to="5" val="102.11300" stdev="12.000"/>
    <direction to="6" val="192.25500" stdev="12.000"/>
  </obs>
  <obs from="5005">
    <direction to="6" val="399.99900" stdev="12.000"/>
    <direction to="4" val="308.51000" stdev="12.000"/>
    <direction to="3" val="305.44600" stdev="12.000"/>
  </obs>
</points-observations>
</gama-local>
```

```
<obs from="5001">
  <z-angle to="1" val="135.01000" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="2" val="101.91300" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="6" val="100.73100" stdev="12.000"/>
</obs>
<obs from="5002">
  <z-angle to="1" val="102.31300" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="2" val="122.55600" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="4" val="101.86000" stdev="12.000"/>
</obs>
<obs from="5003">
  <z-angle to="1" val="101.56100" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="3" val="121.48900" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="4" val="103.01800" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="6" val="101.14100" stdev="12.000"/>
</obs>
<obs from="5004">
  <z-angle to="3" val="102.12400" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="4" val="114.87000" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="5" val="102.74100" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="6" val="101.44100" stdev="12.000"/>
</obs>
<obs from="5005">
  <z-angle to="6" val="117.19100" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="4" val="100.55500" stdev="12.000"/>
  <z-angle to="3" val="100.25800" stdev="12.000"/>
</obs>
<obs from="5001">
  <s-distance to="1" val="3.0551" />
  <s-distance to="2" val="45.8856" />
  <s-distance to="6" val="201.4380" />
</obs>
<obs from="5002">
  <s-distance to="1" val="46.2510" />
  <s-distance to="2" val="4.2129" />
  <s-distance to="4" val="59.4620" />
</obs>
<obs from="5003">
  <s-distance to="1" val="68.5898" />
  <s-distance to="3" val="4.3030" />
  <s-distance to="4" val="36.6718" />
  <s-distance to="6" val="133.4370" />
</obs>
<obs from="5004">
  <s-distance to="3" val="36.6394" />
  <s-distance to="4" val="6.6246" />
  <s-distance to="5" val="39.8415" />
  <s-distance to="6" val="96.5596" />
</obs>
<obs from="5005">
  <s-distance to="6" val="5.6168" />
  <s-distance to="4" val="97.3619" />
  <s-distance to="3" val="133.3150" />
</obs>

</points-observations>
</network>
</gama-local>
```