

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Zemědělská fakulta**

**Studentská 13, 370 05 České Budějovice**

---



## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Téma: Porovnání přesnosti klasických metod s měřením pomocí GPS  
aparatur**

**STUDIJNÍ OBOR:** Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

**KATEDRA:** Pozemkových úprav

2007

---

**VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:**

Ing. Pavel Hánek

**AUTOR:**

Karel Zeiner

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**Zemědělská fakulta**  
**Katedra pozemkových úprav**  
Akademický rok: 2006/2007

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel ZEINER**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Porovnání přesnosti klasických metod s měřením pomocí GPS aparatur**

**Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

Na vybrané lokalitě se provede zaměření liniové stavby pomocí totální stanice. Souřadnice x,y z polárních souřadnic a výšky z převýšení. Totožné body se opětovně zaměří GPS geodetickou aparaturou přesnou a tzv. turistickou s citlivým modem. Vyhodnocení GPS dat bude opět odděleně pro x,y a pro výšku z. Cílem je prakticky ukázat a ověřit výhody a nevýhody jednotlivých metod, jejich přesnosti v jednotlivých souřadnicích. A nastínit možnosti jejich použití v komplexních pozemkových úpravách (KPU)

Rozsah práce: 40 stran

Rozsah příloh: 4 strany

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Rapant, P. : Družicové polohové systémy, VŠB TU Ostrava, 1999

Švábenský, O., Fixel, J., Weigel, J.: Základy GPS a jeho praktické aplikace, VUT FAST v Brně, 1998

Manuál pro totální stanici, návod na obsluhu GPS Trimble a PDA s GPS aparaturou.

Resortní www stránky a stránky firem zabývajících se problematikou.

Zákony k oboru studia a diplomové práci.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Hánek  
Katedra pozemkových úprav


Datum zadání diplomové práce: 30. října 2006

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2007

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 00 ČESKÉ BUDĚJOVICI

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
děkanka

L.S.

  
doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 30. října 2006

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Bechyně, prosinec 2006

Karel Zeiner

Upřímně děkuji všem, kteří významnou měrou přispěli ke zdárnému dokončení této diplomové práce, zejména Ing. P. Hánkovi, ale i ostatním pedagogům a kolegům.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům a přítelkyni.

Karel Zeiner

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Organizace a postup prací.....	2
3	System NAVSTAR - GPS .....	3
3.1	Důvody ke vzniku systému GPS .....	3
3.2	Struktura systému GPS .....	3
3.2.1	Kosmický segment.....	3
3.2.2	Řídící segment .....	5
3.2.3	Uživatelský segment.....	9
3.3	Signály vysílané družicemi GPS.....	6
3.4	Principy měření.....	6
3.4.1	Kódová měření.....	7
3.4.2	Fázová měření.....	7
3.4.3	Dopplerovská měření.....	8
3.5	Principy určování polohy pomocí GPS .....	8
3.6	Faktory ovlivňující přesnost systému GPS.....	9
3.7	Další družicové navigační systémy.....	13
3.7.1	GLONASS .....	14
3.7.2	Galileo.....	14
4	Rozdělení metod měření pomocí GPS.....	15
4.1	Popis jednotlivých metod.....	15
4.1.1	Autonomní (absolutní) metoda .....	15
4.1.2	Relativní metody.....	16
5	Klasické metody měření .....	18
5.1	Měřické přístroje.....	18
5.2	Metody polohového měření .....	18
5.2.1	Polygonové pořady .....	18
5.2.2	Metoda polárních souřadnic.....	19
6	Použité přístroje .....	20
6.1	Použité GPS aparatury .....	20
6.1.1	Popis přístroje Trimble 4600 LS.....	20

6.1.2 Popis turistické GPS i-Tec - BT-339 .....	21
6.2 Použitá totální stanice .....	22
7 Vyhodnocovací software .....	24
7.1 Trimble Geomatics Office .....	24
7.2 OziExplorer.....	24
7.3 Kokeš .....	25
8 Lokalita měření a měřické body .....	26
8.1 Lokalita měření .....	26
8.2 Měřické body .....	26
9 Zaměření polohy a výšky stanoviska pro referenční stanici.....	27
10 Vlastní měřické práce .....	29
10.1 Měření s GPS aparaturou Trimble 4600 LS .....	29
10.1.1 Zaměření pomocných měřických bodů metodou FastStatic.....	29
10.1.2 Měření metodou Stop and Go.....	30
10.2 Měření pomocí totální stanice Leica TC 407.....	32
10.3 Měření pomocí turistické GPS i-Tec - BT-339 .....	33
11 Vyhodnocovací práce .....	39
11.1 Porovnání rozdílů výsledků měření mezi jednotlivými přístroji .....	39
11.1.1 Souřadnicové a polohové rozdíly vzniklé při měření stejných bodů totální stanicí Leica TC 407 a aparaturou GPS Trimble 4600 LS... 39	
11.1.2 Porovnání výsledků mezi měřením turistickou GPS a geodetickým měřením.....	35
11.2 Porovnání celkové doby měření jednotlivými přístroji .....	36
12 Zhodnocení dosažených výsledků a porovnání přístrojů.....	37
12.1 Přesnost určení polohy a výšky .....	37
12.2 Výhody a nevýhody při praktickém použití jednotlivých přístrojů.....	37
12.2.1 Geodetické přístroje.....	37
12.2.2 Soustava turistické GPS i-Tec a PDA Fujitsu-Siemens.....	38
12.3 Ceny jednotlivých přístrojů .....	39
12.4 Využití přístrojů s ohledem na jejich ekonomickou návratnost .....	39
12.4.1 Využití geodetických aparatur .....	39
12.4.2 Využití turistické GPS .....	40
13 Závěr .....	41
Literatura.....	42

**Přílohy:**

Příloha A – Geodetické údaje

Příloha B - Grafické znázornění polohy trigonometrických a zhušťovacích bodů

Příloha C - Ortofoto mapa měřické lokality s vyznačením měřených bodů

Příloha D - Výsledky měření pomocí GPS aparatury Trimble 4600 LS

Příloha E - Výsledky měření pomocí totální stanice Leica TC 407

Příloha F - Mapování dopravní komunikace přístroji Trimble 4600 LS  
Leica TC 407

Příloha G - Trasování pomocí turistické GPS i – Tec – BT – 339

Příloha H - Fotodokumentace



# Kapitola 1

## Úvod

Pozemkové úpravy jsou a nejspíše vždy budou velmi úzce spjaty s geodetickými pracemi. Zejména pak komplexní pozemkové úpravy, u nichž geodetické práce představují jak velmi výraznou nákladovou položku tak i časově náročný úkol pro zpracovatele. Nabízí se tedy otázka, zda by tyto zeměměřičské práce nešlo zefektivnit použitím nejmodernějších geodetických přístrojů, zejména pak použitím GPS aparatur.

V diplomové práci se tedy pokusím porovnat výhody a nevýhody klasických metod geodetického měření a měření pomocí GPS přístrojů. Pokusím se i nastínit možnost využití široké veřejnosti dostupné turistické GPS jako praktického pomocníka při projektování pozemkových úprav.

Cílem této práce by měly být odpovědi především na tyto následující otázky. Lze vůbec uplatnit systém GPS pro měření v lokalitách typických pro pozemkové úpravy? A pokud ano, jaké budou výhody oproti klasickým metodám měření, jaká bude přesnost měření v jednotlivých souřadnicích? Vrábí se vynaložené nemalé finanční náklady do moderních aparatur?

V neposlední řadě také nastíním možnost kombinace těchto výše uvedených metod a definuji oblast využití pro každou z nich.

## Kapitola 2

### Organizace a postup prací

- **výběr vhodné lokality** – této problematice se věnuje kapitola 8
- **přípravné měřické práce**
  - a) zaměření polohy a výšky stanoviska pro referenční stanici – viz. kapitola 9
  - b) stabilizace pomocných měřických bodů - při stabilizaci těchto bodů se musel brát ohled na to, že budou měřeny nejen GPS aparaturou, ale i klasickými metodami, tzn. totální stanicí. Body 4001, 4002 byly umístěny tak, aby splňovaly podmínky pro tvorbu polygonového pořadu podle [2] . Ostatní pomocné body byly umístěny tak, aby se dali zaměřit z bodu 4001 nebo 4002. Viz příloha C .
- **vlastní měřické práce** - Vlastní měření mělo za úkol vyzkoušet a porovnat všechny použité přístroje při různých zeměměřických úkolech. Prvním takovýmto úkolem bylo přesné zaměření pomocných měřických bodů, na které navázalo zaměření stavby, a posledním úkolem bylo zmapování dopravní komunikace. Bohužel musela být vynechána jedna důležitá geodetická činnost, kterou je vytyčování, protože GPS aparatura Trimble 4600 LS není schopná měření pomocí RTK metody, a proto s ní vytyčovat nelze. Vlastnímu měření se podrobněji věnuje kapitola 10.
- **vyhodnocovací práce** - Úkolem vyhodnocovacích prací nebylo pouze porovnání přesnosti měření v jednotlivých souřadnicích, ale i porovnání času, který byl zapotřebí při použití každého z přístrojů na danou činnost. Vyhodnocovací práce jsou blíže popsány v kapitole 11.
- **zhodnocení dosažených výsledků a porovnání přístrojů** - Touto problematikou se zabývá kapitola 12, ve které jsem se pokusil doplnit technické údaje z kapitoly 11 praktickými zkušenostmi z měření a v neposlední řadě nastínit ekonomickou návratnost těchto přístrojů a najít pro každý z nich využití zejména při zeměměřických činnostech souvisejících s KPÚ.

## **Kapitola 3**

### **Systém NAVSTAR – GPS**

Abychom mohli hledat rozdíly a porovnávat klady a zápory při měření pomocí klasických metod měření a GNSS, musíme si vysvětlit a pochopit principy, na kterých jsou tyto měřičské metody založené. Začněme tedy s popisem systému GPS.

#### **3.1 Důvody ke vzniku systému GPS**

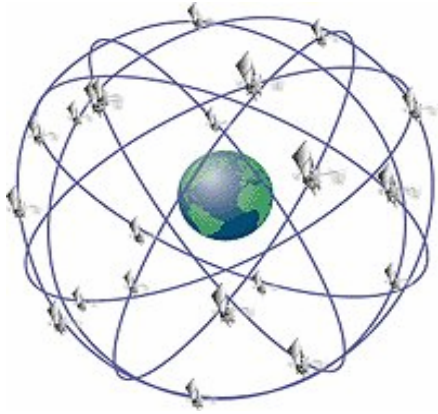
I když má dnes systém GPS rozsáhlé využití, nesmíme zapomínat, že se jedná primárně o vojenský systém, který byl vyvinut a dodnes je spravován ministerstvem obrany USA. Důvodem vzniku radiového družicového systému GPS byly nedostatečná přesnost předešlého navigačního systému TRANSIT. Ten také nevyhovoval požadavku na nepřetržitou operativnost a pokrytí signálem celého povrchu Země. Proto byl na počátku sedmdesátých let zahájen na základě požadavku vojenského námořnictva a letectva Spojených států amerických vývoj nového globálního navigačního systému, který byl pojmenován NAVSTAR – GPS. Jeho vývoj začal 17. dubna 1973.

#### **3.2 Struktura systému GPS**

Systém GPS je tvořen těmito třemi základními segmenty: kosmickým, řídicím, uživatelským. Ačkoliv pro správnou funkci systému GPS jsou potřebné všechny tři segmenty, lze je do jisté míry považovat za nezávislé části, které jsou dohromady svázané jen přesným časem. Přesný čas je koneckonců základním stavebním kamenem celého systému

##### **3.2.1 Kosmický segment**

Kosmický segment je tvořen soustavou družic, rozmístěných systematicky na oběžných



Obr. 3.1 Kosmický segment systému GPS

drahách a vysílajících navigační signály. Plná konstelace kosmického segmentu sestává z 24 družic, ze kterých je 21 navigačních a tři jsou tzv. aktivní záložní stanice. Kromě toho by měly být další čtyři záložní družice připravené v pohotovosti na Zemi tak, aby je bylo možné umístit na oběžné dráze a uvést do plného provozu do 48 hodin. Kosmický segment GPS představují družice umístěné na šesti kruhových drahách se sklonem  $55^\circ$  k rovině rovníku, vzdálené 20 190 km od povrchu Země a pohybující se rychlostí 11 300 km/h. Za jeden den uskuteční každá družice dva oběhy kolem Země (jeden oběh trvá 11 h 58 min – polovina siderického dne), proto je další den na stejném místě oběžné dráhy vždy o 4 minuty dříve. Každá ze šesti drah má pět pozic pro umístění družic, z čehož plyne, že za současné konfigurace je maximální možný počet družic GPS na oběžné dráze roven počtu třiceti kusů. Pozice č. 5 je u každé dráhy záložní, k dosažení FOC (*Full Operational Capability - plné operační způsobilosti*) postačuje 24 funkčních družic.

Výše zmíněné uspořádání družic garantuje, že na kterémkoliv místě na Zemi jsou trvale dostupné signály nejméně ze 4 družic po celých 24 hodin. Ve většině případů je však viditelných více družic, v ideálním případě i 12. Díky kruhové oběžné dráze a relativně velké oběžné výšce je systém dlouhodobě velice stabilní a případné změny oběžných drah se dobře modelují, na rozdíl od družic umístěných na nízkých oběžných drahách.

Družice GPS se prakticky vyskytují v nadhlavníku pouze v pásu mezi přibližně 60 stupni severní a jižní šířky. Pokud se pohybujeme dále směrem k pólům, jsou družice GPS stále dostupné, ale postupně se zhoršuje jejich geometrie při měření.

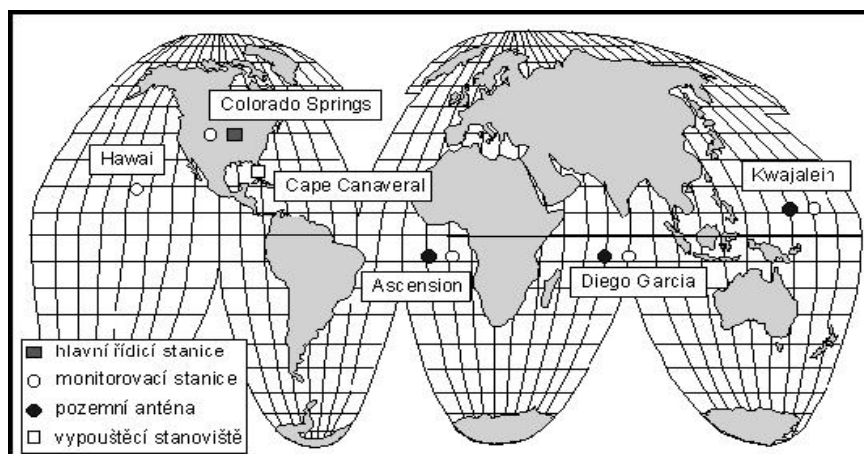
Družice po vypuštění pracují prakticky nepřetržitě, s výjimkou krátkých přestávek vynucených potřebou provádění periodické údržby. Jedním z důvodů těchto přestávek je například údržba césiových hodin, které vyžadují periodicky, přibližně dvakrát za rok, dopumpování plynové trubice, aby byl zajištěn jejich řádný chod. Dále je zapotřebí provést jednou do roka korekci oběžné dráhy družic z důvodu zachování plánovaného rozmístění družic v konstelaci. Každá družice má totiž tendenci se vzdalovat z vyhrazené polohy na dráze, důvodem jsou například změny gravitačního pole Země apod.

### 3.2.2 Řídící segment

Řídící segment tvoří soustava pěti monitorovacích stanic, čtyř pozemních vysílačů a hlavního řídicího střediska. Monitorovací stanice jsou umístěny rovnoměrně po obvodu Země, většinou blízko rovníku. Nacházejí se na Havajských ostrovech, na atolu Kwajalein na Marshallových ostrovech v západním Tichomoří, na ostrově Ascension ve středním Atlantiku, na ostrově Diego Garcia uprostřed Indického oceánu a v Colorado Springs v USA. Pozemní vysílače jsou umístěny na ostrovech Ascension, Diego Garcia, na atolu Kwajalein a na Havaji. Hlavní řídicí středisko sídlí na Schrieverově letecké základně v Colorado Springs v Coloradu.

Hlavním úkolem řídicího segmentu je sledování drah družic a stavu jejich atomových hodin. Stará se o provádění korekcí v dráze letu i vysílání signálu družic a zajišťuje synchronizaci atomových hodin. V době zapnuté selektivní dostupnosti bylo úkolem kontrolního segmentu zajistit pomocí modifikace družicového signálu požadovanou míru degradace přesnosti určení polohy.

Dále je kontrolní segment zodpovědný i za nejrůznější provozní opatření, z nichž nejdůležitější jsou správa a údržba stávajících družic (například změny oběžných drah a pozic družic, stahování vysloužilých družic z oběžné dráhy, aj.), a podílí se i na přípravě vypouštění nových družic.



Obr. 3.2 Rozmístění stanic řídicího segmentu GPS

### 3.2.3 Uživatelský segment

Uživatelský segment se skládá z GPS přijímačů jednotlivých uživatelů, které umožňují přijímat signály z družic a získávat z nich informace o své poloze a čase. Uživatelský segment tvoří pasivní přijímače (pasivní proto, že pouze přijímají signály a data z družic; důvodem vzniku pasivního systému bylo především to, aby nemohly být přijímače zaměřeny nepřitelem ) schopné přijímat a dekódovat signály z družic. Jejich provoz není spojen s žádnými poplatky za využívání služby. Díky tomu, že přijímače nemusí komunikovat s družicemi, je systém GPS schopen obsloužit neomezený počet uživatelů.

### 3.3 Signály vysílané družicemi GPS

Každý signál vysílaný družicí GPS je kombinací nosné vlny, dálkoměrného kódu a navigační zprávy. Vytváření signálu, který je vysílaný, probíhá v celé řadě kroků. Vychází se při tom z faktu, že veškeré složky signálu jsou odvozovány násobením a dělením základní frekvence.

Družice vysílají signály na dvou nosných frekvencích. Frekvence **L1** je modulována dvěma dálkoměrnými kódy. Jedná se o přesný nebo též **P – kód**, který může být pro vojenské účely zašifrován, a hrubý (dostupný) nebo též **C/A kód**, který není šifrován. Druhá frekvence označovaná **L2** je používána pro přesnou polohovou službu a umožňuje měřit zpoždění signálů při průchodu ionosférou. Je používána jen 2 frekvenčními přijímači.

### 3.4 Principy měření

Družicové polohové systémy jsou budované jako pasivní dálkoměrné systémy, tzn. že přijímač GPS je schopen určit svoji vzdálenost k několika družicím navigačního systému a svoji polohu pak určit protínáním těchto délek. Určování vzdálenosti přijímače od družic lze provést několika způsoby a to na základě:

- kódových měření
- fázových měření
- dopplerovských měření

K určování polohy se v praxi nejčastěji používají kódová a fázová měření, dopplerovská měření se používají především při stanovování rychlosti pohybu přijímače.

### 3.4.1 Kódová měření

U tohoto principu měření se pro zjištění vzdálenosti mezi přijímačem a družicemi používají tzv. dálkoměrné kódy (viz. 2.3). O dálkoměrných kódech můžeme zjednodušeně říci, že to jsou přesné časové značky, které umožní přijímači určit čas, kdy byla odvysílána kterákoliv část signálu vysílaného družicí. Přijímač pak pracuje tak, že identifikuje dálkoměrný kód ve vstupním signálu, zjistí čas odeslání a přijetí jedné a té samé sekvence kódu a ze zjištěného časového rozdílu jednoduše vypočítá vzdálenost od družice jako součin rychlosti šíření radiových vln a časového rozdílu.

### 3.4.2 Fázová měření

Fázová měření jsou založena na odlišném principu. Nepracují vůbec s dálkoměrnými kódy, ale zpracovávají vlastní nosné vlny. Zjednodušeně lze říci, že přijímač vypočítá počet vlnových délek nosné vlny, které jsou mezi přijímačem a družicí. Tento počet se skládá jednak z celočíselného násobku nosných vln, který se dost obtížně určuje, a jednak z neúplné části nosné vlny, kterou naopak přijímač určí relativně velmi přesně. Fázová měření proto vykazují jakousi nejednoznačnost<sup>1</sup> rovnající se počtu celých vlnových délek. Pro vyřešení této nejednoznačnosti existuje celá řada postupů umožňující její stanovení buďto při následném zpracování nebo přímo v reálném čase.

Jakmile jednou přijímač zjistí počáteční hodnotu celočíselné nejednoznačnosti, je již schopen sledovat změny fázového posunu a počtu celých vln a tím i vlastní polohu. Přijímač tedy udržuje hodnotu počáteční celočíselné nejednoznačnosti a k ní připočítává nebo odčítá celý počet i desetinnou část vlnových délek, o které se změnila vzdálenost mezi přijímačem a družicí od počátku měření.

Nevýhodou této metody je to, že když z nějakého důvodu (např. zastíněním antény přijímače) dojde k přerušování sledování nosné vlny, tak nastane tzv. fázový skok<sup>2</sup>, což znamená, že přijímač již není dále schopen počítat vlnové délky a celý cyklus určení celočíselné nejednoznačnosti musí začít znovu. Tento proces bývá též označován jako inicializace přístroje.

V [11] se uvádí, že vlnové délky nosných vln jsou velmi krátké, řádově desítky centimetrů. Budeme-li uvažovat přesnost zpracování signálů v přijímači 1–2% vlnové délky, pak to znamená, že pomocí fázových měření můžeme určovat vzdálenost mezi družicemi a přijímačem s přesností až na milimetry.

---

<sup>1</sup> Též označováno termínem celočíselná nejednoznačnost

<sup>2</sup> Angl. cycle slip

### 3.4.3 Dopplerovská měření

Princip tohoto měření spočívá v tom, že při relativním pohybu družice vůči přijímači dochází průběžně ke změnám frekvence přijímaného signálu. Tento frekvenční posun je po určitou dobu měřen a poté je na základě získaných údajů vypočtena změna radiální vzdálenosti mezi družicí a přijímačem. Poloha přijímače se vypočte z těchto rozdílů vzdáleností. Tento způsob měření se však používá především k určování rychlosti pohybu přijímače.

### 3.5 Principy určování polohy pomocí GPS

Při určování polohy přijímače pomocí kódových měření vypočítá přijímač zdánlivou vzdálenost mezi ním a konkrétní družicí, označme tuto vzdálenost  $r_1$ , tzn., že přijímač se musí nacházet na kulové ploše se středem v dané družici a poloměrem  $r_1$ . Když se současně provede měření k druhé družici, získáme poloměr druhé kulové plochy a je zřejmé, že přijímač se bude nacházet v průniku těchto dvou kulových ploch, tj. na známé kružnici. Proto se musí ještě provést třetí měření, ze kterého získáme třetí kulovou plochu o poloměru  $r_3$ , která protne tuto kružnici ve dvou bodech, z nichž však jeden leží daleko ve vesmíru a tudíž jej můžeme z měření vyloučit. Zdálo by se tedy, že pro přesné stanovení polohy přijímače by stačila tato tři měření, avšak v praxi tomu tak není. Všechny vzdálenosti mezi přijímačem a družicemi jsou totiž pouze zdánlivé, jelikož hodiny v přijímači nemohou být zdaleka tak přesné jako atomové hodiny v družicích, existuje zde tedy časový posun přijímače  $\Delta T$  vůči systémovému času. Tento problém se řeší tím, že se musí přidat ještě jedno měření ke čtvrté družici a pak je možno jednotlivé souřadnice polohy přijímače vypočítat jako soustavu čtyř rovnic o čtyřech neznámých, kde neznámé budou souřadnice polohy přijímače  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  a časový posun  $\Delta T$ . Známými údaji budou zdánlivé vzdálenosti  $r_i$ , souřadnice středu kulových ploch, tj. souřadnice družic  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$  (získají se výpočtem z údajů obsažených v navigačních zprávách jednotlivých družic) a rychlost šíření radiových vln, tedy rychlost světla  $c$ .

$$r_1 = \sqrt{(X - x_1)^2 + (Y - y_1)^2 + (Z - z_1)^2} - c \cdot \Delta T$$

$$r_2 = \sqrt{(X - x_2)^2 + (Y - y_2)^2 + (Z - z_2)^2} - c \cdot \Delta T$$

$$r_3 = \sqrt{(X - x_3)^2 + (Y - y_3)^2 + (Z - z_3)^2} - c \cdot \Delta T$$



$$r_4 = \sqrt{(X - x_4)^2 + (Y - y_4)^2 + (Z - z_4)^2} - c \cdot \Delta T$$

Tyto principy určování polohy se používají pro kódová měření, u kterých platí, že jejich přesnost je menší než u fázových měření, pokud tedy budeme chtít realizovat přesná geodetická měření, s požadovanou přesností řádově v centimetrech, budeme muset použít právě fázová měření.

V [11] se uvádí, že fázová měření jsou prováděna několika (minimálně dvěma) přijímači současně v předem definovaných měřicích intervalech – tzv. epochách. Pro každou epochu se pak počítají nové sady dat (možno počítat v reálném čase i postprocesně), zvané jednoduché diference. Jedná se o diference mezi fázovými měřeními provedenými dvěma přijímači k jedné družici ve stejné epoše. Jednoduché diference eliminují vliv chyb hodin družice. Z jednoduchých diferencí jsou pak následně počítány dvojité diference. Jednoduše řečeno, toto zpracování je založeno na výpočtu rozdílu dvou jednoduchých diferencí, tzn. že potřebujeme měření provedená současně mezi dvěma družicemi a dvěma přijímači v jedné epoše. Dvojité diference jsou téměř nezávislé na chybách hodin přijímačů díky jejich dobré synchronizaci. Zbytková chyba je tak malá, že je pod úrovní přesnosti měření. V diferencování můžeme samozřejmě dále pokračovat, například lze počítat rozdíly mezi dvěma dvojitými diferencemi, vztahujícími se k dvěma rozdílným epochám. Více v [11].

Moderní geodetické přístroje často umožňují kombinaci kódových a fázových měření.

### **3.6 Faktory ovlivňující přesnost systému GPS**

Přesnost určení polohy pomocí přijímače GPS se v závislosti na různých faktorech, jako je např. použité zařízení, aktuální stav atmosféry, použitý způsob měření, zpracování výsledků atd., může pohybovat od stovek metrů až po několik milimetrů.

Přesnost určování polohy a času pomocí systému GPS ovlivňují následující faktory:

- řízení přístupu k signálům z družic
- stav družic
- rozsah přesnosti měření
- poměr signál/šum
- vícecestné šíření
- počet viditelných družic

- geometrické uspořádání viditelných družic
- typ přijímače
- platnost efemerid<sup>1</sup>
- přesnost určení efemerid
- přesnost hodin na družicích
- vliv ionosféry a troposféry
- chyba hodin přijímače
- způsob měření a vyhodnocování

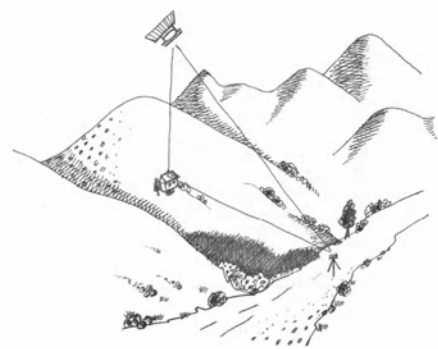
**Řízení přístupu k signálům z družic** záleží na ministerstvu obrany Spojených států amerických, které může do vysílaných signálů zavést umělé chyby.

**Zjišťování stavu družic** probíhá jak automaticky prostřednictvím samokontrolních mechanismů, tak i ze strany řídicího segmentu. Každá družice ve své navigační zprávě přenáší jak stav, zjištěný a nastavený samotnou družicí, tak i stav zjištěný a nastavený řídicím segmentem.

**Rozsah přesnosti měření** je statistický údaj, predikce přesnosti měření s využitím dané družice.

**Poměr signál/šum** je mírou obsahu užitečných informací v signálu a jeho šumu. Pokud tento poměr klesá, znamená to, že se užitečné informace postupně ztrácejí v šumu. Oslabení signálu může být způsobeno různými vlivy, například průchodem korunami stromů nebo nízkou polohou družice nad horizontem.

**Vícecestné šíření signálu<sup>2</sup>** je nejčastěji způsobeno odrazem signálu od okolních objektů s vysoce odrazným povrchem jako jsou např. kovové a skleněné budovy, výrazné terénní prvky, vodní plochy, vozidla apod.. Při tomto způsobu šíření signálu pak často dochází k tomu, že anténa přijímače přijímá dva signály, přímý signál z družice a nepřímý signál vzniklý odrazem od povrchu zemského nebo objektů na něm, viz. obr. 3.3.



Obr. 3.3 Vícecestné šíření signálu

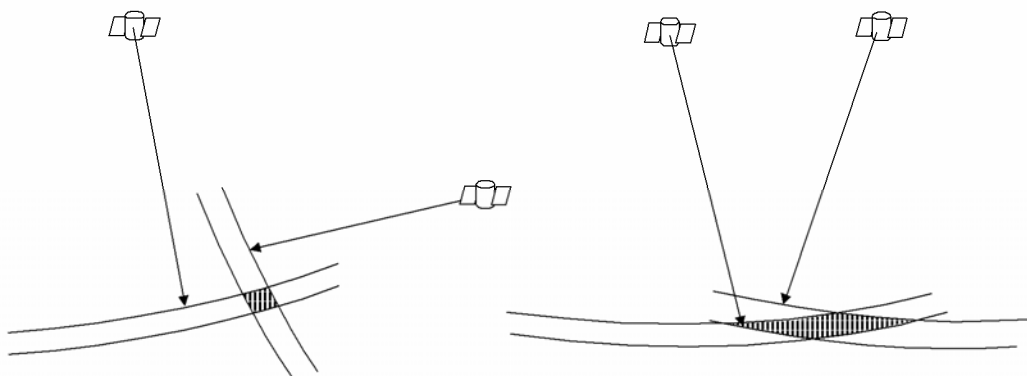
<sup>1</sup> Informace o aktuální poloze družice a o času vysílané jako součást navigační zprávy

<sup>2</sup> Angl. multipath

**Počet viditelných družic** - pokud chceme určit polohu všech tří souřadnic X, Y, Z musí mít přijímač k dispozici minimálně čtyři družice, je však výhodnější použít k měření více družic.

Geometrické uspořádání viditelných družic významně ovlivňuje přesnost určování polohy. Pokud jsou družice nahloučeny blízko sebe, pak určování polohy na základě jimi vysílaných signálů vykazuje podstatně horší výsledky, než když jsou družice co nejdál od sebe. Toto geometrické uspořádání je možné matematicky ohodnotit pomocí parametru nazývaného snížení přesnosti (angl. Dilution of Precision – DOP). Nižší hodnota DOP znamená, že uspořádání družic je vhodné pro přesné určení polohy a naopak. Parametrů DOP je několik a indikují ovlivnění přesnosti různých parametrů:

- **relativní RDOP** – relativní chyba polohy
- **polohové PDOP** – horizontální a vertikální měření
- **horizontální HDOP** – horizontální měření
- **vertikální VDOP** – měření výšky
- **časové TDOP** – posun hodin



Obr. 3.4 Řez objemem vymezeným kulovými plochami při dobré (vlevo) a špatné (vpravo) geometrii uspořádání družic

Nejčastěji používaným indikátorem vhodnosti uspořádání družic je PDOP. V praxi lze říci, že hodnota PDOP 4 a menší je vhodná pro přesná měření. Při hodnotě PDOP v rozsahu 4-6 je uspořádání ještě akceptovatelné, avšak hodnota 6 a větší již znamená špatné uspořádání.

**Typy přijímače** můžeme v zásadě rozdělit podle způsobu užití, způsobu měření a podle počtu současně sledovaných družic.

Typy přijímačů dle způsobu užití:

- přijímače pro kosmickou navigaci

- přijímače pro leteckou navigaci
- přijímače pro lodní navigaci
- ruční navigační přijímače
- přijímače pro mapování
- měřické přijímače
- přijímače přesného času
- referenční přijímače

Typy přijímače dle způsobu měření můžeme rozdělit do tří skupin

- přístroje založené na sledování dálkoměrných kódů (přístroje pro kódová měření)
- přístroje založené na fázových měření
- přístroje založené na kombinaci kódových a fázových měření

Přístroje z těchto skupin mohou být dále **jednofrekvenční**, pak jsou schopny přijímat pouze frekvenci L1, nebo **dvoufrekvenční**, které pracují i s frekvencí L2.

Typy přijímačů dle počtu současně sledovaných družic – maximální počet sledovaných družic je dán počtem vstupních kanálů přijímače. Zpravidla se vyskytují jedno resp. dvoukanálové, pěti resp. šesti kanálové, osmi kanálové, jedenácti resp. dvanácti kanálové, dvaceti čtyř kanálové a třiceti dvou kanálové. Je třeba si uvědomit, že při práci se systémem GPS je naplno dostačující dvanácti kanálový přijímač, protože maximální počet viditelných družic z jakéhokoliv místa na zemském povrchu je právě dvanáct družic. Avšak s plánovaným nástupem nového navigačního systému Galileo se již uvažuje o přístrojích, které budou umět využívat více navigačních systémů (např. Leica Geosystems dodává v rámci GPS1200 GNSS přijímače, které v současné době plně podporují americký systém GPS NAVSTAR a ruský GLONASS. Zároveň jsou tyto přijímače připraveny pro upgrade na evropský systém Galileo, který bude k dispozici současně se zahájením provozu Galilea)<sup>1</sup>. A v tomto případě by samozřejmě dvanácti kanálový přijímač byl nedostačující.

**Platnost efemerid** se aktualizuje s každou přijatou navigační zprávou. Při převodu dat z přijímače do počítače by měl program tyto efemeridy uložit a používat je pro další zpracování, stejně tak jako pro plánování dalších prací. Přibližné efemeridy (obsažené

---

<sup>1</sup> převzato z www stránek Leica

v almanachu<sup>1</sup>) jsou většinou použitelné po dobu zhruba tří měsíců (pokud nedojde k neočekávaným změnám).

**Přesnost určení efemerid** záleží plně na obsluze řídicího segmentu a uživatel ji nemůže nijak ovlivnit.

**Přesnost hodin na družicích** opět běžný uživatel nemůže ovlivnit, ale je třeba si uvědomit, že i ty velmi kvalitní hodiny, které jsou použity na družicích, nejsou dokonalé. Korekce družicového času je plně v rukou řídicího centra.

**Vliv ionosféry a troposféry** - při průchodu radiových signálů skrze ionosféru, která obsahuje velký počet ionizovaných částic, vzniká chyba ionosférické refrakce<sup>2</sup>. Za určitých podmínek může tato chyba ve vertikálním směru dosáhnout až 30 metrů. Při příjmu signálů z družic na horizontu je pak tato chyba v typickém případě třikrát větší. Vliv ionosféry je závislý na kmitočtu procházejících vln, čehož mohou využít dvoufrekvenční přijímače a tuto chybu eliminovat. Vliv troposféry se označuje jako troposférická refrakce<sup>3</sup>. Ve vertikálním směru může dosahovat až 2,3 metru, v případě signálů přijímaných z družic na horizontu může být tato chyba až desetkrát větší. Vliv troposféry není nijak závislý na kmitočtu radiových vln, ale je možné ho poměrně přesně vypočítat při znalosti atmosférických podmínek v místě měření.

Chyba hodin přijímače je eliminována tím, že se s ní počítá jako se čtvrtou neznámou, viz. 3.5.

Faktorům, jako je počet viditelných družic a geometrické uspořádání družic je možno předejít pečlivostí přípravy plánu měření, která spočívá především v naplánování vhodné doby observace, tedy doby, ve které je nejvhodnější konstelace družic. Na tuto problematiku existují programy, pomocí kterých je možné pro předem určenou dobu měření zjistit všechny hodnoty DOP a maximální počet viditelných družic.

### **3.7 Další družicové navigační systémy**

Nejmodernější přijímače jsou již schopny přijímat signály z více družicových navigačních systémů, proto zde uvedu některé ostatní družicové navigační systémy, o kterých se domnívám, že patří mezi ty nejdůležitější.

---

<sup>1</sup> Informace vysílané každou družicí na oběžné dráze v rámci navigační zprávy, obsahující přibližné parametry oběžných drah (tzv. efemeridy) všech družic kosmického segmentu a stav těchto družic. Almanach umožňuje GPS přijímači rychle nalézt dostupné družice v co nejkratší době po zapnutí.

<sup>2</sup> angl. ionospheric refraction error

<sup>3</sup> angl. tropospheric refraction error

### 3.7.1 GLONASS

GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema, Global Navigation Satellite System) je sovětský, nyní ruský družicový navigační systém. Začátek jeho vývoje spadá do poloviny 70. let 20. století. GLONASS je plně pod kontrolou a správou vojenských kosmických sil ruského ministerstva obrany. Byl navržen obdobně jako GPS tak, aby poskytoval informace o čase a poloze na Zemi a v jejím blízkém okolí po celých 24 hodin.

Systém GLONASS používá dva signály, z nichž přesnější je vyhrazen jenom pro ruské vojenské uživatele a druhý, méně přesný, je určen pro civilní uživatele. Přesnost pro vojenské využití je utajována. Přesnost civilní části je udávána hodnotou 100 m v horizontální poloze a 150m ve výšce. Systém se skládá ze tří částí, je to sledovací – řídicí segment, kosmický segment a uživatelský segment. Řídicí centrum je v Moskvě. Kosmický segment by měl v plném operačním stavu obsahovat 24 družic na třech drahách. [7]

### 3.7.2 Galileo

Galileo je globální navigační satelitní systém vyvíjený na základě rozhodnutí Evropské komise (EC) Evropskou kosmickou agenturou (ESA). Jedním z hlavních důvodů pro vznik Galilea byla snaha o získání kontinentálního systému nezávislého na GPS nebo GLONASS, plně řízeného Evropskou unií. Obdobně jako systémy GLONASS a GPS je i Galileo složen ze tří segmentů. Kosmický segment bude tvořen dvaceti sedmi aktivními a třemi záložními družicemi. Plného stavu družic ve vesmíru a tím i plného operačního stavu by mělo být dosaženo v roce 2011. Oběžné dráhy družic jsou definovány sklonem 56 stupňů vůči rovníku Země a výškou 26 616 km. Oběžná doba družice je 14 hodin. Na každé ze tří oběžných drah je pravidelně rozmístěno deset družic, devět aktivních a jedna záložní. Ilustrací zamýšlených aplikací je to, že systém bude mimo jiné využíván i pro výběr mýtného na komunikacích. [7]

Při zpracování této kapitoly čerpáno z [11] a [7].

## Kapitola 4

### Rozdělení metod měření pomocí GPS

- Podle měřených veličin (viz. 3.4)
  - ✓ kódové – využívají kódová měření
  - ✓ fázové – využívají fázová měření
  - ✓ kombinované – využívají fázová i kódová měření
- Podle doby získání výsledné polohy
  - ✓ metody v reálném čase (real time processing) – výsledné souřadnice jsou známy přímo v terénu
  - ✓ metody s následným zpracováním (postprocessing) – měřená data se ukládají a pak se dodatečně zpracovávají
- Podle pohybu přijímače
  - ✓ statické (static) – přijímač se během měření nepohybuje
  - ✓ kinematické – přijímač se během měření pohybuje
- Podle počtu použitých přijímačů
  - ✓ autonomní (absolutní) metoda – využívá se pouze jeden přijímač
  - ✓ diferenční a relativní metody – využívá se minimálně dvou přijímačů

### 4.1 Popis jednotlivých metod

#### 4.1.1 Autonomní (absolutní) metoda

Tato metoda nachází největší uplatnění při navigaci, jelikož nám stačí mít k dispozici pouze jednu aparaturu, která je schopna určit svoji prostorovou polohu na základě pseudovzdáleností mezi přijímačem a minimálně čtyřmi družicemi. Přístroj může být v klidu nebo v pohybu. Absolutní metoda využívá určení polohy přijímače vůči družicím, jejichž poloha je známa v systému WGS-84<sup>1</sup>, který popisuje např. [9]. Potom lze samozřejmě v tomto systému určit polohu přijímače a následně souřadnice transformovat do národních souřadnicových a výškových systémů. Přesnost této metody

---

<sup>1</sup> Světový geodetický systém – 1984. Je to geodetický systém definující matematický referenční elipsoid, kartézský a geografický souřadnicový systém a výškový systém. **Je užívaný systémem GPS**

závisí nejvíce na tom, zda se jedná o autorizovaného či neautorizovaného uživatele GPS.

#### 4.1.2 Relativní metody

Relativní metody patří mezi nejpřesnější způsoby určení polohy bodu. K měření je zapotřebí minimálně dvou GPS aparatur, z nichž jedna se využívá jako tzv. referenční stanice, která po celou dobu měření stojí na místě o známých souřadnicích a registruje přijatá data. S druhou nebo ostatními aparaturami se měří neznámé body. Základní podmínkou při měření pomocí těchto metod je viditelnost ze všech stanovisek na minimálně čtyři **stejně** družice. Na základě znalosti souřadnic referenční stanice jsou stanoveny opravy (korekce) pseudovzdáleností, které jsou připojeny k měření na určovaných bodech. Touto opravou docílíme eliminace chyby vznikající při průchodu signálu atmosférou a chyby z nepřesnosti určení efemerid družice. Podle toho, kdy tuto opravu zavedeme, rozdělujeme dále tyto metody na postprocesní a v reálném čase.

##### ***Statická a rychlá statická metoda***

Tyto metody jsou též označovány Static resp. Fast Static. Obě patří do relativních postprocesních metod. Při měření touto metodou jsou všechny použité přijímače v klidu vzhledem k zemskému povrchu. Jedná se o velice přesný způsob měření, jehož přesnost se obecně pohybuje v řádu několika milimetrů. Obě tyto metody jsou velice podobné, liší se především v době observace. Zatímco u statické metody potřebujeme k určení polohy přijímače řádově i několik hodin, rychlá statická metoda může tento úkol v ideálním případě zvládnout i za několik minut. Doba observace je vždy nastavována na nejmenší časový úsek, během něhož je možné bezpečně vyřešit ambiguity<sup>1</sup>. Tuto dobu výrazně ovlivňuje počet viditelných družic a také to, zda je používán jednofrekvenční či dvoufrekvenční přístroj. Statická a rychlá statická metoda se používá pro tvorbu, zhuštění a ověření bodových polí.

##### ***Metoda Stop and Go***

Tato metoda bývá též označována jako polokinematická. Počáteční inicializace<sup>2</sup> se většinou provádí na koncových bodech známých základěn, jelikož doba inicializace je pak jen několik desítek vteřin. Pokud bychom prováděli inicializaci na neznámém bodě, musíme počítat se stejnou dobou inicializace, jako je doba měření při použití metody Fast Static. Následující měření na neznámých bodech trvá jen několik vteřin a mělo by

---

<sup>1</sup> Celočíselné nejednoznačnosti

<sup>2</sup> Proces, při kterém se vyřeší ambiguity



se provádět minimálně ve dvou epochách<sup>1</sup>. Během celého měření nesmí dojít k přerušení signálu mezi přijímačem a družicí, pokud by došlo, musí se přístroj opět inicializovat.

### ***Kinematická metoda v reálném čase***

Pro tuto metodu se vžil název RTK. Jedná se o zkratku anglického názvu Real Time Kinematic. V tomto případě dochází k výpočtu korekcí v reálném čase. Vypočtené korekce jsou – rovněž v reálném čase – vysílány z referenční stanice na pohyblivý přijímač pomocí modemu. Na větší vzdálenosti je také možné data přenášet mobilními telefony. Výhodou je získání souřadnic v reálném čase. Jejich znalost v okamžiku měření umožňuje obsluze GPS kvalifikovaně volit další body pro tvorbu mapy podle konfigurace terénu.

Přenos korekcí pomocí mobilních telefonů není dosud obvyklý. Uplatnění metody je potom závislé na dosahu radiomodemu a terénních podmínkách. Pro zajištění centimetrové přesnosti by nemela být vzdálenost mezi referenčním a pohyblivým přijímačem větší než 10 km. V současnosti je komerčně nabízena možnost přijímat korekce z tzv. virtuálních referenčních stanic (VRS), takže odpadá nutnost použití vlastní referenční stanice. Metody RTK, resp. VRS, lze úspěšně využít pro budování podrobného bodového pole a zhušťovacích bodů, ale i pro zaměření bodů pro katastrální a jiné mapy. [7]

### ***Diferenční metody***

V praxi se tyto metody běžně označují DGPS. Metody DGPS využívají kódové měření, pro které je třeba minimálně dvou GPS přijímačů. Jeden z nich slouží jako referenční stanice a stojí na bodě o známých souřadnicích, což pak umožňuje, stejně jako v případě relativních metod, zavádět na určovaných bodech potřebné korekce. Pro získání diferenčních korekcí jsou využitelné také systémy EGNOS a WASS. V Evropě je dostupný pouze systém diferenciálních korekcí EGNOS<sup>2</sup>, zatímco systém WASS<sup>3</sup> je provozován pouze v Severní Americe. V případě přijímání signálu EGNOS/WASS není potřeba dvou přijímačů. Signál EGNOS je v současné době vysílán bezplatně.

---

<sup>1</sup> Časový interval jednoho měření

<sup>2</sup> European Geostationary Navigation Overlay System

<sup>3</sup> Wide Area Augmentation System

## Kapitola 5

### Klasické metody měření

Klasické metody měření jsou založené na určování polohopisných a výškopisných souřadnic přímo na zemském povrchu především pomocí délek a úhlů, resp. vztahů mezi nimi. V této kapitole se nebudu zabývat všemi metodami měření a všemi druhy přístrojů, ale zaměřím se pouze na ty, které jsem použil při svém měření.

#### 5.1 Měřické přístroje

Mezi dnes v praxi nejčastěji používané přístroje patří tzv. totální stanice. Pod pojmem totální stanice je označována kombinace elektrooptického teodolitu a elektronického dálkoměru se vzájemným přenosem dat a možností připojení společného záznamníku. Dnes obvykle tvoří konstrukčně kompaktní jednotku s vestavěnými akumulátory. [13]

#### 5.2 Metody polohového měření

##### 5.2.1 Polygonové pořady

Polygonový pořad je lomená čára, spojující dva měřické body. Ve vrcholech lomené čáry leží polygonové body. Přímé spojnice polygonových bodů jsou polygonové strany. V polygonových pořadech se měří délky všech stran a vrcholové úhly na všech polygonových bodech. [13]

Podle toho, zda polygonový pořad spojuje dva měřické body o známých souřadnicích či nikoliv, mluvíme o připojeném či nepřipojeném polygonovém pořadu. Pokud je pořad připojen i směrově, mluvíme o orientovaném pořadu.

Podle způsobu připojení tedy rozeznáváme tyto polygonové pořady:

- oboustranně připojené a orientované
- jednostranně připojené a orientované (volné)
- oboustranně připojené a jednostranně orientované
- oboustranně připojené (vetknuté)
- nepřipojené (řešení v místní souřadnicové soustavě)

Výše uvedené polygonové pořady můžeme také označit jako otevřené. Existují však také tzv. pořady uzavřené, které začínají a končí v tomtéž bodě.

### 5.2.2 Metoda polárních souřadnic

Podrobné body polohopisu se zaměřují polárními souřadnicemi, tj. vodorovným směrem, měřeným na měřickém bodě od polygonové strany nebo měřické přímky, a vodorovnou délkou měřenou od stanoviště teodolitu k podrobnému bodu. [13]

Vodorovné směry a délky se mohou měřit totální stanicí současně nebo teodolitem a pásmem. Více v [13].

## Kapitola 6

### Použité přístroje

#### 6.1. Použité GPS aparatury

K měření ve vybrané lokalitě byly použity dvě GPS aparatury. Aparatura Trimble 4600 LS a turistická GPS i-Tec - BT-339.

##### 6.1.1 Popis přístroje Trimble 4600 LS

GPS přijímač Trimble 4600 LS patří do kategorie geodetických GPS aparatur. Jedná se o přenosný jednofrekvenční, dvanácti kanálový GPS přijímač (receiver), jednoduchý na obsluhu a velmi odolný v terénních podmínkách. Podle údajů výrobce lze tento přístroj použít v teplotním rozmezí -40 °C až +65 °C, je voděodolný a měl by vydržet pád ze 2 metrů, což odpovídá výšce stavivu nebo výtyčky.



Obr. 6.1 Přijímač Trimble 4600 LS

Trimble 4600 LS umožňuje měření metodou statickou (Static), rychlou statickou (Fast Static) a kinematickou resp. metodou Stop and Go. (Viz. kapitola 4).

Tabulka 6.1 Přesnost přijímače Trimble 4600 LS

Metoda měření	Přesnost	
	v poloze	ve výšce
statická/ rychlá statická	5mm + 1 ppm	10mm + 2 ppm
kinematická	10mm + 1 ppm	20 mm + 1 ppm

Každý přijímač je vybaven interní pamětí, která by měla postačit na 64 hodinový záznam dat (při viditelnosti 5 satelitů a intervalem zápisu 15 vteřin) a dále by každý přijímač měl mít interní baterie, se kterými by podle údajů výrobce měl vydržet 32 hodin provozu. Při mém měření tímto přístrojem byly používány pouze externí zdroje napájení.

Pro připojení přijímače k externímu zdroji napájení, stejně tak k propojení s počítačem, slouží jeden nebo dva porty na každém přijímači. Bohužel u mně

zapůjčeném přístroji se nachází pouze jeden port, což s sebou přináší určité omezení ve využití přístroje. Rozměry a hmotnost přijímače jsou uvedeny v tabulce 6.2

Tabulka 6.2 Rozměry a hmotnost Trimble 4600 LS

průměr	22,1 cm
výška	11,8 cm
hmotnost bez baterií	1,4 kg
hmotnost včetně baterií	1,7 kg

### Řídící jednotka TSC1

Řídící jednotka TSC1 umožňuje pomocí svého programu Trimble Survey controller ovládat GPS přístroje a to především jejich nastavení s možností záznamu, editace a přenosu měřených dat. Survey controller dále také umožňuje navigování k zadanému cíli, výpočet základních geodetických úloh (vzdálenost dvou bodů, výpočet plochy, atd.) Řídící jednotka bývá také velmi často používána jako záznamník pro měřená data.



Obr. 6.2 Řídící jednotka

### 6.1.2 Popis turistické GPS i-Tec - BT-339

Jedná se o dvacetikanálový přijímač s čipem SiRF StarIII. Patří ke třídě vyššího standardu, která si poradí i v podmínkách s horší kvalitou signálu. Tento přijímač mohou využívat všichni ti, co vlastní PDA<sup>1</sup> nebo chytrý telefon s bezdrátovou technologií Bluetooth a chtějí by je využít pro GPS navigaci.



Obr. 6.3 Přijímač i-Tec

Technické údaje :

- Frekvence: L1 pracovní kmitočet / 1575.42 MHz
- Citlivost přijímače: 130dBm při poměru Signál/Šum > 39dB
- Režim 2D /3D
- 20 kanálů
- Start: studený start < 45s, teplý start < 38s, horký start < 8s

<sup>1</sup> Personal Digital Assistant, což by se dalo přeložit jako "Osobní digitální pomocník".

- Perioda záznamů od 0,1 s
- Standard pro záznam: standard NMEA-0183 na 57600 b/s
- Přesnost pozice: 15m 2D RMS bez SA
- 5m 2D RMS s WAAS (50%)
- Přesnost času 1 $\mu$ s (synchronizace s časem GPS)
- Datum: WGS-84
- Perioda pro zjištění pozice: +/- 100ms
- Max. výškový dosah: 18000m
- Max. rychlost pohybu: 515 m/s
- Max. zrychlení: 4G
- Certifikáty: NMEA 0183 v2.2, GGA, GSA

K tomuto přijímači bylo pro zpracování a ukládání dat použito PDA Fujitsu-Siemens Pocket Loox C550.

Technické parametry tohoto PDA:

Intel XScale 270 520 MHz, 128MB ROM/64 MB RAM, displej 640 x 480 dotykový transflexní, baterie Li-Ion 1200mAh, slot SD/MM (SD I/O), integrovaný Bluetooth V1.2, mikrofon, reproduktor, stereo výstup na sluchátka, Fast IrDA, WLAN 802.11b/g, USB 1.1 klient/host, RS232, dokovací kolébka, Windows Mobile 5.0 CZ, hmotnost 160 g.



*Obr. 6.4 PDA Fujitsu-Siemens*

## **6.2 Použitá totální stanice**

Pro účely mé diplomové práce bylo měřeno totální stanicí Leica TC 407, která patří do základní řady totálních stanic vyráběných firmou Leica Geosystems.



*Obr. 6.5 Totální stanice*

Technické parametry:

- laserová olovnice pro rychlé urovnání stroje
- hmotnost přístroje 4,2 kg
- velmi rychlý a výkonný dálkoměr s dosahem 3 500 m

- měření na odrazné štítky
- pohodlné třídění měření do zakázek
- vnitřní paměť s kapacitou 10 000 registrací
- windowsovský software pro komunikaci s PC, ukládání souřadnic a vytváření knihovny kódů
- dvojosý elektronický kompenzátor
- nekonečné ustanovky
- tlačítko na boku stroje pro spuštění měření
- rozsáhlé programové vybavení (souřadnice stanoviště, orientace na 5 směrů, vytyčování v 3D, výpočet ploch, volné stanoviště, odvozená vzdálenost, nepřístupná výška, referenční přímka, přenos výšek)
- na přání zákazníka je též možno místo geodetické verze do totální stanice nainstalovat speciální software vyvinutý pro důlní aplikace.
- komunikace v češtině

Technické parametry:

Tabulka 6.3 Technické parametry přístroje Leica TC 407

úhlová přesnost	7"
dosah dálkoměru	3 500 m <sup>1</sup>
přesnost (DIN 18723)	+/- 2mm + 2ppm
zvětšení dalekohledu	30 x
doba měření	
standardní	1 vteřina
tracking	0.3 vteřiny

<sup>1</sup> závislé na světelných parametrech bodu cíle

## Kapitola 7

### Vyhodnocovací software

Pro vyhodnocování dat naměřených pomocí GPS aparatury Trimble 4600 byl použit program Trimble Geomatics Office, jako obslužný program pro turistickou GPS i-Tec BT 339 bylo využito programu OziExplorer. Data z měření totální stanicí Leica TC 407 byla zpracována v programu Kokeš, který posloužil i pro konečné sjednocení všech naměřených dat.

#### **7.1 Trimble Geomatics Office**

Program je určen pro operační systémy Windows 95/98/ME/2000/XP/NT v.4.0 firmy Microsoft. Pro účely vyhodnocování svých dat byl použit program ve verzi 1.60. Geomatics Office patří mezi komplexní vyhodnocovací programy firmy Trimble. Tento program je také rozšiřitelný o dva moduly. První je označován WAVE Baseline Processing a slouží pro postprocesní zpracování měření GPS. Druhý modul s názvem Network Adjustment je schopen provést vyrovnání měřických sítí. Bližší informace o využití tohoto programu jsou uvedeny v [15] nebo v [7].

Ještě je také třeba zmínit program Trimble Data Transfer, který slouží pro obousměrný přenos dat mezi GPS přístroji, TSCe, totálními stanicemi a digitálními nivelačními přístroji a počítačem. Tento program je volně stažitelný na [14].

#### **7.2 OziExplorer**

OziExplorer mohou využít majitelé všech běžných GPS přijímačů a počítačů alespoň s Windows 95. OziExplorer umožňuje obousměrnou spolupráci PC s většinou běžných přijímačů GPS. Používá rastrové mapy. Mapy si můžeme naskenovat z papírových, stáhnout včetně potřebných souřadnic z webu a poté je před použitím zkalibrovat. Třetí možností je koupit hotové mapy. Zatím jen turistické 1:50000 SHOCart, cykloturistické 1:100000, automapy 1:100000 a městské plány. Více informací je možné nalézt v [6].



### **7.3 Kokeš**

System Kokeš v sobě zahrnuje výkonný editor rozsáhlých geografických dat uložených v tzv. výkresech a různých rastrových podkladech a geodetických údajů o bodech uložených v tzv. seznamech souřadnic. Dále obsahuje moduly pro zpracování měření z terénu, geodetické a konstrukční výpočty, nástroje na kontrolu a topologické úpravy dat. Je použitelný pro všechny běžné geodetické práce i pro tvorbu a údržbu mapových děl. Pro některé speciální úlohy jsou pak určeny jeho další nadstavby. Je vybaven vlastním programovacím jazykem, což umožňuje doplnění jeho široké nabídky funkcí podle vlastních potřeb. Všechny operace a výpočty jsou protokolovány a odpovídají požadavkům ČÚZK. [5]

## Kapitola 8

### Lokalita měření a měřické body

#### **8.1 Lokalita měření**

Lokalita měření byla zvolena v okolí obce Radětice, která se nachází v Jihočeském kraji, asi 3 km od města Bechyně. Jedná se především o zemědělsky využívané, nepřilíš členité území, které umožňuje měření v různých terénních podmínkách a nachází se v něm dostatečný počet trigonometrických a zhušťovacích bodů.

Ortofoto snímek této oblasti je zobrazen v příloze C .

#### **8.2 Měřické body**

Pro účely měření bylo celkem využito dvou trigonometrických bodů a pěti zhušťovacích bodů polohového bodového pole ČR. Dále jsem stabilizoval osm pomocných měřických bodů, z nichž jeden je stanoviskem referenční stanice. Grafické znázornění polohy všech těchto bodů je v příloze C. Geodetické údaje trigonometrických a zhušťovacích bodů jsou v příloze A .

Bod, který slouží jako stanovisko pro referenční stanici, byl stabilizován ocelovou trubkou na zahradě u mého bydliště v Bechyni a byl pojmenován „Referencka“. Toto umístění jsem zvolil především proto, abych minimalizoval možnost odcizení tohoto přístroje, a zároveň toto stanovisko splňuje podmínku danou výrobcem přístroje, která dovoluje měřit v okruhu do 10 km od referenční stanice. Postup měření a výsledné souřadnice budou uvedeny v kapitole 9.

Pomocné body 4002, 4003, 4005, 4006, 4007 byly stabilizovány nástřelnými hřebíky a signalizovány dřevěnými kolíky, body 4001 a 4004 byly stabilizovány dřevěnými kolíky s vyznačením místa centrace pro zvýšení přesnosti měření.

## Kapitola 9

### Zaměření polohy a výšky stanoviště pro referenční stanici

Zaměření stanoviště pro referenční stanici bylo provedeno aparaturou Trimble 4600LS

K určení polohy stanoviště byla použita tři měření ve třech různých dnech, která probíhala tak, že na bod „Referencka“ byl centricky umístěn jeden z přijímačů (vždy stejný se sériovým číslem 0220143851), a s druhým přijímačem<sup>1</sup> (sériové číslo 0220143852) se měřilo centricky nad známými trigonometrickými nebo zhušťovacími body. Pro určení polohy bodu Referencka byla zvolena metoda FastStatic. Nastavení přístroje 0220143851 bylo vždy defaultní, tzn. že Logging interval<sup>2</sup> byl 15 vteřin a Elevation mask<sup>3</sup> 15°. Při této příležitosti jsem zjistil, že hardwarové vybavení této aparatury neumožňuje nastavení obou přístrojů pomocí kontroleru, ale vždy jen jednoho, protože pouze jedna externí baterie má zapojené napájecí kabely do konektoru, který umožňuje propojení mezi přijímačem a kontrolerem, a vzhledem k tomu, že přijímače mají pouze jeden vstup a u této aparatury nejsou k dispozici interní baterie, musí být vždy tento vstup využit pro napájení přístroje. Toto omezení jsem pokaždé řešil tak, že přijímač na bodě Referencka byl zapnut v defaultním nastavení a zápis dat se prováděl do jeho interní paměti. Dostupnost satelitů a zapisování dat je v tomto případě možno kontrolovat pomocí led-diod. Na druhém přijímači jsem pomocí kontroleru nastavil interval zápisu 5 vteřin, elevační masku 13° a maximální hodnotu PDOP 6. Zápis dat byl prováděn do paměti kontroleru.

Body na kterých probíhalo měření, stejně tak dny, čas a maximální hodnoty PDOP při měření udává tabulka 9.1.

Tabulka 9.1 Měření bodu Referencka

datum	čas	měřené body	max. PDOP
11.11.2006	15 - 17 hod	225, 241	2,5
20.11.2006	14 – 17 hod	250, 225, 241, 201	2,4
3.12.2006	11 - 13:30 hod	30, 201, 225	3,5

<sup>1</sup> Roverem

<sup>2</sup> Interval zápisu dat

<sup>3</sup> Elevační maska

Ve všech případech trvalo měření na každém bodě 20 minut, body 225 ze dne 20.11. 2006 a 201 ze dne 3.12. 2006 musely být vyloučeny, poněvadž při postprocesním zpracování byl výpočet jejich ambiguit označen jako float.

Průměrné hodnoty souřadnic v S-JTSK a Bpv bodu Referencka byly tedy postprocesně spočteny pomocí programu Trimble Geomatics Office takto:

$$Y = 751132,146 \text{ m} \quad X = 1130431,931 \text{ m} \quad H = 409,502 \text{ m}$$

Přesnost určení bodu je charakterizována střední souřadnicovou chybou  $m_{xy} = 11,4$  mm vypočtenou dle [3]; tato přesnost splňuje kriteria tvorby zhušťovacích bodů.

## Kapitola 10

### Vlastní měřické práce

#### 10.1 Měření s GPS aparaturou Trimble 4600 LS

Tato měření probíhala v následujícím pořadí:

1. Zaměření pomocných měřických bodů metodou FastStatic
2. Zaměření dvou staveb, pozemku a dopravní komunikace metodou Stop and Go
3. Opravná měření v místech, kde se předešlá měření nepovedla

Každé měření pomocí GPS aparatury Trimble 4600 LS začínalo tím, že na bod Referencka byla centricky postavena referenční stanice<sup>1</sup> a před zapnutím přijímače byla ještě změřena a poznamenána jeho výška. Nastavení bylo vždy defaultní viz. kapitola 9. Tento postup považuji za samozřejmý a dále už ho v popisování jednotlivých měření uvádět nebudu. Ale je třeba mít na paměti, že tento krok zabere cca 10 minut práce a samozřejmě dalších 10 minut na konci měření, kdy se musí opět přijímač uschovat.

##### 10.1.1 Zaměření pomocných měřických bodů metodou FastStatic

Jako první byl dne 27.12 2006 zaměřen trigonometrický bod č. 30 a to proto, abych při postprocesním zpracování dat ještě zvýšil přesnost při vyrovnání měřické sítě o další tzv. Fixed point<sup>2</sup>, data byla ukládána do kontroleru, masky pro příjem dat byly při všech měření pomocí této aparatury nastaveny stejně jako při měření polohy bodu Referencka, viz. kapitola 9.

Další měření proběhlo na pomocném měřickém bodě 4001, který byl částečně zastíněn větvemi stromu, viz. příloha H. Následující měření se uskutečnilo na bodě 4002. Zde došlo k vybití interních baterií kontroleru, přičemž jsem zjistil, že externí baterie nemůže napájet přijímač a kontroler najednou. Musel jsem tedy pokračovat v měření bez kontroleru a data ukládat do paměti přijímače. Konec měření ( tj. doba, kdy jsou vypočteny ambiguity) se pozná jednoduše tak, že na přijímači začne blikat

---

<sup>1</sup> Vždy stejný přijímač se sériovým číslem 0220143851

<sup>2</sup> Bod o známých souřadnicích, slouží pro vyrovnání celé měřické sítě

žlutá dioda. Bod 4003 byl zaměřen obdobně. Na bodech 4002 a 4003 nebránily příjmu radiových vln žádné terénní překážky. Měření na bodě 4007 se nezdařilo ani po 35 minutách, ovšem toto zjištění jsem očekával, jelikož se tento bod nacházel v blízkosti vzrostlého jehličnatého lesa, viz. příloha H. Tento bod jsem se pokusil zaměřit ještě 6.1. 2007, ale i přesto, že se přijímači na místě podařilo zjistit ambiguity, nastal problém při postprocesním vyrovnání, kdy tento bod kvůli vysoké hodnotě Reference variance<sup>1</sup> nešel vyrovnat. Tento bod jsem pro další měření vyloučil. Problém s postprocesním vyrovnáním nastal také u bodu 4001, avšak tento bod byl zaměřen znovu dne 3.1. 2007 a to už úspěšně. Bod 4006 byl změřen 25.2. 2007, poloha pomocných měřických bodů 4004 a 4005 byla měřena pomocí metody Stop and Go, viz. 10.1.2.

Tabulka 10.1 Měření pomocí GPS aparatury Trimble 4600 LS metodou FastStatic

datum	čas*	měřené body	max. PDOP
27.12.2006	9:30 - 13:00	30, 4001, 4002, 4003, 4007	4
6.1.2007	12:55 – 13:25	4007	5
25.2.2007	11:50 - 12:20	4006	2,2
1.3.2007	16:00 - 16:30	4001	2,3

\* Čas měření i s přípravou přístroje

Dosažené maximální hodnoty PDOP a skutečnost, že všechny pomocné body byly zaměřeny ještě jednou pomocí klasických metod měření, plně splňuje podmínky uvedené v [4].

### 10.1.2 Měření metodou Stop and Go

Cílem měření pomocí této metody bylo zmapování stávající dopravní komunikace (polní cesty), zaměření dvou drobných staveb a trojúhelníkového pozemku, určeného body 4004, 4005, 4006. Toto měření jsem prováděl vždy tak, že jsem rover centricky postavil na bod o známých souřadnicích a provedl inicializaci. V případě, že rover stojí na známém místě, trvá inicializace jen pár desítek vteřin (v mém případě jsem vždy inicializoval jednu minutu). Pokud bychom chtěli provést inicializaci na neznámém bodě, vyžádala by si tato činnost stejnou dobu jako měření metodou FastStatic. Ve všech případech měření touto metodou jsem pro inicializaci využil mnou zaměřených pomocných měřických bodů. Velmi důležité také je, aby bylo nastaveno měření minimálně ve dvou epochách. Pokusně jsem zjistil, že nejvhodnější nastavení trvání jedné epochy je 15 vteřin (tedy zaměření jednoho bodu trvá 30 vteřin), protože při

<sup>1</sup> Referenční podíl rozptylu

tomto nastavení se mi podařilo postprocesně určit nejvíce baseline a vyrovnat nejvíce zaměřených bodů.

Během měření jsem se potýkal s několika problémy. Nejčastějším z nich bylo přerušení spojení mezi přijímačem a družicemi, což s sebou přináší ztrátu inicializace a opětovný návrat na bod o známých souřadnicích. K mému překvapení stačilo pro ztrátu inicializace opravdu málo, např. malé vychýlení roveru ze svislé polohy při přenosu nebo i nepatrné zastínění větvemi opadaných listnatých stromů. Avšak největším nedostatkem tohoto přístroje se v praxi ukázala absence modemů, pomocí nichž by bylo možno nejen zjistit v reálném čase souřadnice podrobných bodů, ale i vlastní úspěšnost měření. Protože při postprocesním zpracování dat zjistíte většinou úspěšnost měření až po návratu z terénu, což v praxi může znamenat, že se v případě neúspěšnosti, která je bohužel mnohem pravděpodobnější než u klasických metod měření, musíte vrátit zpět na místo měření, což s sebou přináší časovou i ekonomickou ztrátu.

Při mapování dopravní komunikace jsem pro časté ztráty inicializace mohl zaměřit pouze úsek, který nebyl zastíněn větvemi stromů, a také se ani po dvojitým měření nepovedlo postprocesně vyrovnat body vymezující jednu stranu oblouku polní cesty, viz příloha F. Při zaměření staveb jsem se orientoval na drobnější stavby (rozhledna a posed viz. příloha H). Při zaměřování rozhledny jsem již předem očekával problémy a to především kvůli těsné blízkosti jehličnatého lesa a překrytí zaměřovaných základů střechou. I přesto se mi podařilo zaměřit jeden rohový bod této stavby. Při zaměřování posedu, který se nacházel v otevřené krajině ( viz. příloha H), nedošlo k žádnému problému, což bylo samozřejmě zapříčiněno i tím, že se jednalo o „vzdušnou“ stavbu.

Pokusně jsem zkusil zaměřit i zděný rodinný dům mimo mé měřické lokality, ovšem

Tabulka 10.2 Měření pomocí aparatury Trimble 4600 LS metodou Stop and GO

datum	čas	měřené objekty a body	max. PDOP
25.2.2007	10:00 - 12:40	cesta, stavby, pozemek metodou Stop and Go a bod 4006 metodou FastStatic (inicializace)	3
1.3.2007	14:20 – 16:30	opravné měření metodou Stop and Go a bod 4001 metodou Fast Static	2,8

podle očekávání jsem ztratil inicializaci již metr před obvodovou zdí tohoto domu a dále jsem se tímto měřením nezabýval.

## **10.2 Měření pomocí totální stanice Leica TC 407**

Cílem této práce mělo být opětovné celkové změření všech bodů a objektů v dané lokalitě. Samozřejmě měřické práce byly rozvrženy tak, jako bychom začínali od začátku a neměli ještě zaměřeno nic. Plán měření byl následující:

1. Zaměření polygonu přes body 30, 4001, 4002, 240
2. Během měření polygonu na stanovisku 4002 zaměřit metodou polárních souřadnic ostatní pomocné měřické body 4003, 4004, 4005, 4006, stejně tak určit polohu obou staveb a zmapovat část dopravní komunikace
3. Ze stanoviska 4003 opět metodou polárních souřadnic dokončit mapování dopravní komunikace

Všechny tyto úkoly jsem chtěl stihnout během jednoho dne a to soboty 24.3. 2007. Začal jsem tedy s měřením polygonu na trigonometrickém bodě č.30. Po centraci a horizontaci přístroje bylo orientováno na zhušťovací bod 250 a trigonometrický bod 4 (všechny geodetické údaje o bodech uvedeny v příloze A). Poté byl změřen pravotočivý úhel na bod 4001 a vodorovná vzdálenost. Měření ze stanoviska 4001 probíhalo obdobně, jen s tím rozdílem, že bylo orientováno na předešlý bod 30. Ze stanoviska 4002 jsem měl v úmyslu zaměřit i poměrně vzdálený posed a rozhlednu, ovšem pro toto měření by orientace pouze na bod 4001 nestačila, protože by nejspíše nebyla dodržena podmínka uvedená v [3], že zaměřované podrobné body změny musí být uvnitř kružnice se středem v polovině spojnice navzájem nejvzdálenějších připojovacích bodů o průměru o  $\frac{1}{2}$  větším, než je délka takové spojnice. Nabízela se tedy možnost druhé orientace na patu kříže kostela v Bechyni (bod 4), ale během měření se zhoršilo počasí a trigonometrický bod 4 se pro hustou mlhu nedal zaměřit. Nezbývalo tedy než provést zaměření viditelné části dopravní komunikace a dokončit měření polygonu na zhušťovacím bodě č. 240, kde se povedlo orientovat na zhušťovací bod č. 250. Na tomto bodě také měření pro vytrvalý déšť a mlhu skončilo. Zbytek měření byl tedy odložen na neděli 25.3. 2007, kdy se již vzhledem k dobré viditelnosti na vzdálené orientace podařilo dokončit měřické práce tak, jak byly naplánované, kromě zaměření bodu 4004, který byl poničen a musel být z měření vyřazen.



Tabulka 10.3 udává celkové časy v jednotlivých dnech, ve kterých je započítán i čas potřebný k přemístění figuranta na vzdálenější orientace a podrobné body.

Tabulka 10.3 Měření pomocí totální stanice Leica TC 407

datum	čas	měřené objekty a body
24.3.2007	11:00 - 14:00	polygon 30, 4001, 4002, 240 mapování části dopravní komunikace
25.3.2007	14:10 - 15:40	pomocné měřické body 4003, 4004, 4005, 4006 , druhá část dopravní komunikace a obě stavby

### **10.3 Měření pomocí turistické GPS i-Tec - BT-339**

Pro veškerá měření tímto přístrojem byl využíván program OziExplorer, který pracoval na podkladové rastrové turistické mapě Shockart a na mnou zkalibrovaných a pospojovaných ortofoto snímcích, které byly pořízeny z [12].

Je třeba si uvědomit, že tento přístroj nemůže dosahovat při svém měření geodetické přesnosti, proto jsem také měření touto turistickou GPS prováděl takovým způsobem, abych našel její využití jako praktického pomocníka nejen při geodetických pracích, ale především při projektování KPÚ. Tzn., že při měření podrobných bodů a staveb byl čas observace minimální, řádově několik vteřin, a dopravní komunikace byla zmapována pouze pochůzkou, při které se do paměti přístroje ukládala prošlá trasa. Jedna část dopravní komunikace přitom byla změřena (projita) z obou stran a druhá pouze středem, protože udávaná nejvyšší přesnost přístroje v poloze je 5 metrů, což nebyla ani šířka komunikace. Celé měření proběhlo dne 5.4. 2007 mezi 15:00 a 16:00.

## Kapitola 11

### Vyhodnocovací práce

#### 11.1 Porovnání rozdílů výsledků měření mezi jednotlivými přístroji

Rozdíly v měření jsem vyčíslil v jednotlivých souřadnicích (Y, X) systému S-JTSK a výšce (H) v systému Bpv.

Souřadnice bodů získané pomocí turistické GPS i-Tec byly porovnány s průměrnými výsledky těch samých bodů změřených geodetickými přístroji (GPS aparatura Trimble 4600 LS a totální stanice Leica TC 407).

##### 11.1.1 Souřadnicové a polohové rozdíly vzniklé při měření stejných bodů totální stanicí Leica TC 407 a aparaturou GPS Trimble 4600 LS

Tabulka 11.1 udává rozdíly mezi měřením totožných bodů totální stanicí Leica TC 407 a GPS aparaturou Trimble 4600 LS. V tabulce jsou uvedeny pouze body, které v případě GPS byly zaměřeny metodou FastStatic.

Tabulka 11.1 Souřadnicové a polohové rozdíly: Leica – Trimble (FastStatic)

	$\Delta Y$ (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta H$ (m)	Rozdíl v poloze (m)	Rozdíl v prostoru (m)	$m_{X,Y}$ (mm)	$m_{X,Y,H}^1$ (mm)
4001	-0,05	0,00	0,01	0,05	0,05	25	20
4002	0,00	-0,02	0,04	0,02	0,04	10	18
4003	0,01	-0,02	0,04	0,02	0,05	11	19
4006	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	5	4
arit.průměr	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	13	15

Tabulka 11.2 opět udává rozdíly mezi měřením totožných bodů totální stanicí Leica TC 407 a GPS aparaturou Trimble, ovšem v tomto případě byla u GPS použita metoda Stop and GO. Bod 4004 musel být bohužel vypuštěn, protože byl před měřením totální stanicí poničen, jak již bylo zmíněno v kapitole 9. Body 50 – 53 představují základy posedu, u rozhledny se pomocí GPS Trimble 4600 LS podařilo zaměřit a postprocesně určit pouze jeden bod, který však vykazoval oproti měření klasickými způsoby střední

<sup>1</sup> počítáno podle vzorce  $m_{X,Y,H} = \sqrt{\frac{m_X^2 + m_Y^2 + m_H^2}{3}}$

souřadnicovou chybu 121 mm a pro další výpočty byl vypuštěn, jelikož byl zaměřen v místech, kde by se podle obecných pravidel práce s geodetickými GPS aparaturami měřit nemělo, a jeho zařazení do dalších výpočtů by neobjektivně ovlivnilo výsledky.

Tabulka 11.2 Souřadnicové a polohové rozdíly: Leica – Trimble (Stop and Go)

	$\Delta Y$ (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta H$ (m)	Rozdíl v poloze (m)	Rozdíl v prostoru (m)	$m_{X,Y}$ (mm)	$m_{X,Y,H}$ (mm)
4005	0,00	0,19	0,00	0,19	0,19	95	78
50	0,00	-0,02	-0,01	0,02	0,02	10	9
51	0,01	0,06	0,03	0,06	0,07	30	27
52	0,04	0,08	0,03	0,09	0,09	44	38
53	-0,03	0,03	-0,06	0,04	0,07	21	30
rozhledna 1*	0,10	0,20	0,08	0,22	0,23	121	96
arit. průměr	0,02	0,08	0,03	0,08	0,09	40	36
arit. prům. bez 4005	0,02	0,05	0,03	0,05	0,06	26	26

\* Tento bod vypuštěn pro výpočet aritmetického průměru

Měření bodu 4005 pomocí totální stanice bylo nejspíše zatíženo měřickou nahodilou chybou, poněvadž na stejném místě byla provedena dvě nezávislá měření aparaturou GPS, která se téměř shodovala. Proto tabulka nabízí také průměrné odchylky bez tohoto bodu.

Měření pro účely mapování dopravní komunikace je znázorněno pouze graficky v příloze F. Rozdíly v mapovém znázornění pomocí obou přístrojů nejsou zapříčiněny odlišným určením polohy podrobných bodů, ale absencí některých podrobných bodů získaných z měření pomocí GPS aparatury Trimble 4600 LS viz. kapitola 10.

### 11.1.2 Porovnání výsledků mezi měřením turistickou GPS a geodetickým měřením

Protože aplikace OziExplorer nedokáže přímo převést souřadnice do souřadnicového systému S-JTSK, musely být všechny souřadnice změřených bodů před vyhodnocením převedeny ze souřadnicového systému WGS 84 do S-JTSK<sup>1</sup>. V tabulce 11.3 jsou zvláště vyhodnocena měření pomocných měřických bodů a staveb. Trasování dopravní komunikace je graficky znázorněno v příloze G.

<sup>1</sup> Pro převod souřadnic z WGS 84 do S-JTSK bylo použito malého souřadnicového kolotoče, verze 2004-01, od prof. Ing. Bohuslava Veverky, DrSc

Tabulka 11.3 Vyhodnocení měření turistickou GPS i-Tec  
(hodnoty udávány v [m])

	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta H$	Rozdíl v poloze	Rozdíl v prostoru
4001	-2,47	1,27	-3,74	2,78	4,66
4002	0,40	-0,14	1,94	0,42	1,99
4003	-0,23	-0,36	1,91	0,42	1,96
4004	-3,63	-7,68	10,17	8,49	13,25
4005	-4,71	-7,43	6,11	8,79	10,71
4006	-2,89	2,12	32,17	3,58	32,37
arit.průměr	2,39	3,17	9,34	4,08	10,82
50	1,81	-6,04	4,98	6,31	8,03
51	0,14	3,96	-8,94	3,96	9,77
52	-1,14	6,36	-3,98	6,46	7,59
53	1,63	8,56	0,82	8,71	8,75
Rozhledna	-10,92	3,17	-3,54	11,37	11,91
	-11,15	-1,26	-0,46	11,22	11,23
	-7,18	-1,64	8,51	7,36	11,25
	7,45	1,10	5,57	7,53	9,37
arit.průměr	5,18	4,01	4,60	7,87	9,74

### 11.2 Porovnání celkové doby měření jednotlivými přístroji

V tabulce 10.4 je uveden čas, který byl zapotřebí k zaměření totožných bodů a objektů pomocí jednotlivých přístrojů.

Tabulka 11.4 Porovnání celkové doby měření jednotlivými přístroji

	celková doba měření
Trimble 4600 LS	8 hodin 20 minut
Leica TC 407	4 hodiny 30 minut
i-Tec - BT-339	1 hodina

Do doby měření přístrojem Trimble 4600 LS nebyl započítán čas potřebný k určení bodu Referencka.

## Kapitola 12

### Zhodnocení dosažených výsledků a porovnání přístrojů

Všechny tři přístroje jsem hodnotil podle těchto kritérií:

- Přesnost určení polohy a výšky
- Výhody a nevýhody při praktickém použití jednotlivých přístrojů
- Cena přístrojů
- Využití přístrojů s ohledem na jejich ekonomickou návratnost

#### **12.1 Přesnost určení polohy a výšky**

Technické parametry totální stanice Leica TC 407 i GPS aparatury Trimble 4600 LS plně splňují požadavky pro tvorbu a obnovu katastrálního operátu, což se potvrdilo i při mém měření. Měření také prokázalo oprávněnost podmínky dvojího měření podrobných bodů, které nařizuje [4]. Rozdíly v určení polohy a výšky těmito přístroji jsou minimální, ale při měření GPS aparaturou Trimble 4600 LS se pro tvorbu nových podrobných bodů bodového pole ukázala jako vhodnější metoda FastStatic oproti metodě Stop and Go a to nejen pro její vyšší přesnost, ale i pro mnohem vyšší pravděpodobnost bezproblémového postprocesního výpočtu.

Turistická GPS i-Tec - BT- 339 samozřejmě nedosahuje geodetické přesnosti, ale přesto mě výsledky měření tímto přístrojem příjemně překvapily. Přesnost určení polohy je naprosto dostačující účelům, pro který je tento GPS přijímač vyroben, a navíc se zavedením plné funkčnosti systému Galileo můžeme očekávat další zvýšení přesnosti tohoto a jemu podobných přístrojů.

#### **12.2 Výhody a nevýhody při praktickém použití jednotlivých přístrojů**

##### 12.2.1 Geodetické přístroje

Největší výhodou oproti totální stanici Leica TC 407 jsem při měření pomocí GPS aparatury spatřil v tom, že jsem během měření nebyl vázán na žádné existující geodetické sítě, stejně tak na počasí, roční a denní dobu a přímou viditelnost z bodu na bod. Neopomenutelnou výhodou při práci s GPS je také skutečnost, že během měření

není zapotřebí figuranta ani jiných pomocníků. Na celou práci vystačí pouze jeden měřič.

Bohužel ale musím také konstatovat, že měření s geodetickou GPS aparaturou má řadu nevýhod oproti klasickým metodám. Některé tyto nedostatky se dají odstranit použitím modernějších přístrojů než je Trimble 4600 LS. Zejména by se při použití dvoufrekvenčního přístroje výrazně snížila doba observace a při použití přístroje s modemy, které by umožnily určení souřadnic bodů v reálném čase (RTK metoda), by odpadl problém s chybnými výsledky z terénního měření, na které se přišlo až při postprocesním výpočtu, většinou už mimo lokalitu měření, samozřejmě pomocí přístroje s modemy bychom mohli také provádět vytyčovací práce, což aparatura Trimble 4600 LS neumožňuje. Dalším problémem při měření s GPS aparaturami je umístění referenční stanice, poněvadž vzhledem k její ceně je nemyslitelné ponechat ji bez dohledu na volně dostupném místě. Tento problém se dá vyřešit zakoupením přístroje, který umožňuje využití sítě permanentních stanic GPS (CZEPOS) nebo jednoduše umístěním referenční stanice na veřejnosti nepřístupné místo (střechu domu, zahrada atd.), ovšem v tomto případě musíme mít na paměti, že při měření roverem nesmíme překročit požadovanou délku základny. Avšak i přes tyto výhody modernějších aparatur stále zůstávají při měření GPS tato negativa:

- větší nároky na plánování měření a na logistické zajištění
- musí být zajištěna přímá viditelnost oblohy, jakékoli překážky nelze tolerovat (nelze proto měřit v podzemí, v hustém porostu, v budovách atd.)
- trojrozměrné souřadnice určené přijímačem GPS musí být přepočítávány do národních referenčních systémů (polohových i výškových)
- vysoké vstupní náklady
- potřeba nových vědomostí

### 12.2.2 Soustava turistické GPS i-Tec a PDA Fujitsu-Siemens

Největší výhody této soustavy spatřuji v jejím multifunkčním využití, protože mimo navigačních funkcí můžeme PDA využívat obdobně jako jsme zvyklí u běžného PC. Aplikace OziExplorer nabízí širokou škálu možností, jak pracovat s daty přijímanými z GPS modulu. Mezi ty nejpodstatnější bych zařadil možnost kalibrace vlastní rastrové mapy (tedy i naskenované), což s sebou přináší možnost navigace i na katastrální mapě,

dále je zde možnost trasování, tvorba tzv. waypontů, navigace (může být i hlasová) na bod nebo po předem naplánované cestě a mnoho jiných užitečných funkcí.

### **12.3 Ceny jednotlivých přístrojů**

Při zjišťování cen geodetických GPS aparatur jsem zjistil, že u výrobků firem Leica a Trimble neexistují oficiální platné ceníky GPS sestav, ceny se ve většině případů určují smluvně. Přesto se mi podařilo zjistit akční cenu přístroje velmi podobného GPS aparatuře Trimble 4600 LS a to geodetické GPS Leica SR20, jejíž aktuální cena je okolo 210 000 Kč. V oblasti geodetických GPS aparatur dnes světovou špičku nejspíše představuje produkt od firmy Leica s názvem SMART STATION, který vhodně kombinuje totální stanici a GPS. Jeho přibližná cena je však okolo 1,5 mil. Kč.

Cena totální stanice Leica TC 407 se pohybuje okolo 175 000 Kč. Obecně se dá říci, že ceny totálních stanic se pohybují v rozmezí 120 000 Kč až 1,5 mil. Kč.

Cena sestavy turistické GPS i-Tec, PDA a aplikace OziExplorer se pohybuje okolo 14 000 Kč.

### **12.4 Využití přístrojů s ohledem na jejich ekonomickou návratnost**

#### **12.4.1 Využití geodetických aparatur**

Je zřejmé, že žádná průměrná česká geodetická kancelář nemůže mít pro svou činnost pouze geodetickou GPS aparaturu, jelikož terénní podmínky, se kterými se u nás každý geodet potýká, jsou velmi rozmanité a mnohdy vylučují použití těchto přístrojů. Musíme tedy hledat využití v kombinaci klasických metod měření a GPS.

Tato kombinace by nejspíše nebyla příliš hospodárná pro geodety, kteří nemají příliš velké zakázky (např. soukromí geodeti podnikající jako OSVČ), jelikož jejich práce je často realizována v zastavěných oblastech, kde se pomocí GPS měřit téměř nemůže, a dále by se museli potýkat s vysokými vstupními investicemi, jejichž návratnost by mohla být dlouhá. Řešení by se nabízelo v pořízení levnější GPS, která by se používala především pro zaměrování neznámého stanoviska pro totální stanici.

Hospodárnější užití GPS aparatur je třeba hledat u středně velkých a velkých geodetických firem, jejichž zakázky často požadují tvorbu nových zhušťovacích bodů polohového pole, velké množství pomocných měřických bodů a mapování rozsáhlých oblastí. Takovéto požadavky jsou také většinou kladeny na geodetické práce v oblasti

komplexních pozemkových úprav. Z mé vlastní zkušenosti se GPS aparatury v rámci komplexních pozemkových úprav nejčastěji používají pro tvorbu pomocných měřických bodů a zhušťovacích bodů PBPP, někdy i pro vytyčování obvodu KPÚ. Méně časté je již mapování, které dle mého názoru a zkušeností za předpokladu dostatečně husté měřické sítě probíhá rychleji a hospodárněji při použití totální stanice.

GPS aparatury mají také své uplatnění při tvorbě a údržbě geodetických základů Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním.

#### 12.4.2 Využití turistické GPS

Turistická GPS je vzhledem k své ceně dostupná široké veřejnosti. Pro potřeby geodeta by se vzhledem k své multifunkčnosti dala využít k:

- vyhledání bodů podrobného bodového polohového pole
- orientace v terénu
- navigace z místa sídla geodetické firmy do měřické lokality
- kontrola využívání služebního vozu zaměstnanci pomocí ukládání projeté trasy
- využití PDA i pro jiné účely – adresář, diktafon atd.

Projektant KPÚ by mohl turistickou GPS využít při rekognoskaci terénu nebo při místním šetření, jelikož by se mohl pomocí aplikace OziExplorer orientovat a určit svou pozici přímo na podkladě katastrální mapy nebo ortofoto snímku a to s přesností několika metrů.



## Kapitola 13

### Závěr

V kapitolách 3 a 4 mé diplomové práce jsem se snažil stručně popsat družicový navigační systém GPS – NAVSTAR. Uvedl jsem důvody vzniku tohoto systému, jednotlivé segmenty GPS, principy a metody měření. Dále jsem také upozornil na existenci jiných družicových navigačních systémů. Klasické metody měření jsem popsal jen velmi stručně v kapitole 5.

Při popisu vlastního měření pomocí jednotlivých přístrojů jsem se snažil o objektivní definování všech vzniklých problémů a zároveň o určení času potřebného k zaměření stejných bodů zájmu pomocí jednotlivých metod a přístrojů. A tím společně s výsledky měření určit využití jednotlivých přístrojů v praxi, samozřejmě s přihlédnutím k ceně aparatur. Přitom jsem vždy přesná geodetická měření doplňoval o porovnání s turistickou GPS, která poslední dobou nabývá na oblibě a také se stává dostupnou pro širokou veřejnost.

Závěrem mé práce bylo zjištění, že na zaměření stejných bodů zájmu v mé měřické lokalitě pomocí GPS aparatury Trimble 4600 LS bylo zapotřebí až dvojnásobného času oproti totální stanici Leica TC 407. Přesnost obou přístrojů je plně dostačující pro geodetické práce v katastru nemovitostí. I když připustím, že doba měření by šla výrazně zkrátit použitím modernějších aparatur GPS, přesto musím konstatovat, že GPS aparatury, především v podmínkách geodetických prací v rámci KPÚ, jsou a nejspíše ještě nějakou dobu budou sloužit jako doplňující k běžně používaným měřickým přístrojům (totální stanice) a to zejména pro svoji omezenou použitelnost v terénu. V neprospěch GPS aparatur také hovoří jejich současná vysoká pořizovací cena, která nutí potenciální zájemce velmi přemýšlet o koupi takovýchto přístrojů, jelikož by se jim tato nemalá investice také nemusela vrátit.

## Literatura

- [1] Český úřad zeměměřický a katastrální: Databáze trigonometrických a zhušťovacích bodů.  
<http://dataz.cuzk.cz/>
- [2] Český úřad zeměměřický a katastrální: Návod na obnovu katastrálního operátu mapováním.  
Přípis ČÚZK ze dne 30.4.1997 č.j. 21/1997-23 ve znění dodatku č.1 ze dne 21.12.1998 č.j. 5239/1998-23.
- [3] Český úřad zeměměřický a katastrální: Vyhláška č. 26/2007 Sb.
- [4] Český úřad zeměměřický a katastrální: Vyhláška č. 31/1995 Sb.
- [5] Geopro: Kokeš.  
[www.gepro.cz](http://www.gepro.cz)
- [6] GPS Web: OziExplorer.  
<http://www.gpsweb.cz>
- [7] Hánek, P.: Využití kombinace dat aparatury GPS řady Trimble 5700 a aparatury GeoExplorer.  
Praha, Diplomová práce ČVUT v Praze, 2003.
- [8] Leica: Uživatelská příručka k TC(R)403/405/407/410.  
Verze 2.0, Česká verze, Switzerland, 2003.
- [9] Maršíková, M. – Maršík, Z.: Kartografie.  
Skriptum JČU v Českých Budějovicích, 2006.
- [10] Palmserver.cz: Recenze i-Tec BT GPS BT-339.  
<http://www.palmserver.eu/clanek.php3?show=3899>
- [11] Rapant, P.: Družicové polohové systémy.  
Ostrava, Vydavatelství VŠB – TU Ostrava, 2002, ISBN 80-248-0124-8.
- [12] Seznam: Mapy.  
<http://www.mapy.cz>
- [13] Švec, M. - Hánek, P.: Stavební geodézie 10. Skripta.  
Vydavatelství ČVUT, Praha, 1999, ISBN 80-01-02076-2.
- [14] Trimble: Data Transfer.  
<http://www.trimble.com/datatransfer.shtml>

- [15] Trimble: Trimble Geomatics Office – User Guide.  
Version 1.6, Part number 46741-20-ENG, Revision A, April 2002.
- [16] Trimble: Trimble Survey Controller – Reference Manual – Volume 1.  
Version 7.7, Part number 32968-70-ENG, Revision A, January 2001.
- [17] Trimble: 4600 LS Surveyor – Operation Manual.  
Part number 27564-10, Revision A, April 1997.
- [18] Vacek, M.: Možnosti využití GPS v katastru nemovitostí.  
Plzeň, Diplomová práce ZCU – FAV Plzeň, 2002.
- [19] Wikipedia: Global Positioning System.  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)

## **Příloha A**

### **Geodetické údaje**

GEODETICKÉ ÚDAJE  
zhušťovacího bodu

Kraj: Jihočeský  
Okres: Tábor  
Obec: Bechyně

List č.: 1/1  
Stav k: 2005

Vytvořeno pro web 11.04.2007

TL	3123
ZM-50	22-42
SMO-5	100794

Číslo a název bodu		225		K rysle		225	
Bod	Druh	Y	X	Nadmožská výška		Bpv	vztahuje se na
225	ZHB	749103.34	1129081.69	398.17	hranol		
225.1	OB1	749753.04	1128844.60	400.02	hranol		
Orientace na body (v grádech) :							
Bod číslo :	Jižník	Délka strany	Bod číslo :	Jižník	Délka strany		
225.1	122.2757	691.608					
Místopisný popis : Bod je u silnice, asi 0.5 km severozápadně od kaple v Hutích. Bod je přečíslován, původní číslo 70.							
Bod určen :							
Bod určen : metodou GPS							
Bod	225		225.1				
Blab. obje	0.00	žula 16x16x68	0.00	žula 16x16x69	0.00		0.00
Blab. obje	.87	žula 30x30x10	.89	žula 30x30x12			
Ochranný znak (druh,rok)	OT-1994		OT-1994				
Kat.Lozemí	Bechyně 2111		Bechyně 1646				
225.1							
Bod	225		225.1				
Zřizen	1994 ků ČB		1994 ků ČB				
Určení YX	2005		1995				
Určení výšky	2005		2005				
[Pře]Stabilizace	1994		1994				
Rok Údržba	2005						
Obnova							
Poznámka : Bod 225 přeurčen metodou GPS v r. 2005. Bod 225.1 ověřen metodou GPS v r. 2005.							

GEODETICKÉ ÚDAJE  
zhušťovacího bodu

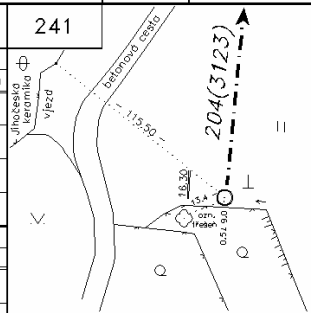
Kraj: Jihočeský  
Okres: Tábor  
Obec: Bechyně

List č.: 1/1  
Stav k: 1998

Vytvořeno pro web 11.04.2007

TL	3124
ZM-50	22-42
SMO-5	100795

Číslo a název bodu		241	U keramiky		241
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška	
241	ZHB	749930.20	1130140.76	Bpv	vztahuje se na
				419.36	hranol
Orientace na body (v grádech) :					
Bod číslo :	Jižník	Délka strany	Bod číslo :	Jižník	Délka strany
204	206.11383	600.387			
Bod určen : metodou GPS					
Místopisný popis : Bod je na stupni poblíž závodu Jihočeská Keramika, asi 1,6 km severně od kostela v Bechyni.					
Bod určen :					
Bod	241				
Slab. údaje	0.00	žula 16x16x67	0.00	0.00	0.00
	.97	žula 20x20x12			
Ochranný znak: (druh,rok)	OT-1996				
KaLuzemí Poročís.	Bechyně 1890				
Bod	241				
Organizace,rok	Zřizen	1996 KÚ ČB			
	Určení YX	1998			
	Určení výšky	1998			
	[Pře]Stabilizace	1996			
Rok	Údržba	1998			
	Obnova				
Poznámka :					



**GEODETIKÉ ÚDAJE**  
zhušřovacího bodu

Kraj: Jihočeský  
Okres: Tábor  
Obec: Bechyně

List č.: 1/1  
Stav k: 1998

Vytvořeno pro web 11.04.2007

TL	3003
ZM-50	22-42
SM0-5	100604

Číslo a název bodu		201	U křížce		201				
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška Bpv	vztahuje se na				
201	ZHB	751649.62	1128145.23	400.53	hranol				
Orientace na body (v grádech) :									
Bod číslo :	Jižník	Délka strany	Bod číslo :	Jižník	Délka strany				
31	34.96099	981.980							
Místopisný popis : Bod je na jižní straně hlavní spojovací cesty ze Senožat do Radětic, 2,6 km severně od kostela v Bechyni. Bod určen metodou GPS.									
Bod určen :									
Bod	201								
Bod. údaje	0.00	žula 16x16x65	0.00		0.00		0.00		
	.85	žula 20x20x15							
Ochranný znak (druh, rok)	OT-1996								
Kat.uzemi Por.čís.	Bechyně 2057/1								
Bod	201								
Organizace, rok	Zřízení	1996 KÚ ČB							
	Určení YX	1998							
	Určení výšky	1998							
	[Pře]Stabilizace	1996							
Rok	Údržba	1998							
	Obnova								
Poznámka :									

# GEODETICKÉ ÚDAJE

zhušťovacího bodu

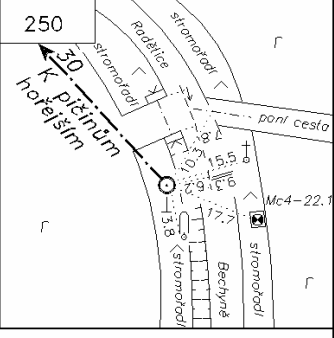
Kraj: Jihočeský  
 Okres: Tábor  
 Obec: Radětice

Líst č.: 1/1  
 Stav k: 2003

Vytvořeno pro web 11.04.2007

TL	3003
ZM-50	22-42
SM0-5	100614

Číslo a název bodu		250		V zatáčce		250	
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška			
				Bpv	vztahuje se na		
250	ZHB	752579.94	1128708.70	412.42	hranol		
Orientace na body (v grádech) :							
Bod číslo :	Jižník	Délka strany	Bod číslo :	Jižník	Délka strany		
30	151.92591	964.717					
<p>Místopisný popis : Bod je v mírné zatáčce na západní straně silnice Bechyně–Radětice, 0,9 km jihovýchodně od kaple v Raděticích. Bod původně určen jako OB1 30.1 (3003).</p> <p style="text-align: right;">Bod určen :</p>							
Bod	250						
Bláh. bodě	0.00	žula	0.00		0.00	0.00	
		16.16.75					
	.97	žula					
		30.30.10					
Ochranný znak (druh, rok)	OT-1961						
Kat.uzemí Por.čís.	Radětice u Bechyně 1500/1						
Bod	250						
Organizace, rok	Zřízení	VTOPÚ 1961					
	Určení YX	1977					
	Určení výšky	1977					
	[Pře]Stabilizace	1961					
Rok	Údržba	2003					
	Obnova						
Poznámka :							





# GEODETICKÉ ÚDAJE

trigonometrického bodu

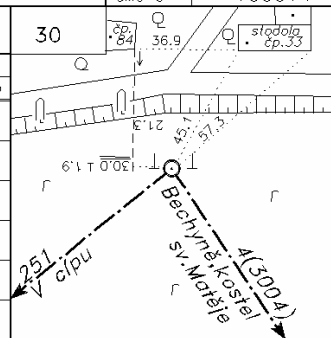
Kraj: Jihočeský  
 Okres: Tábor  
 Obec: Radětice

List č.: 1/1  
 Stav k: 2003

Vytvořeno pro web 11.04.2007

TL	3003
ZM-50	22-42
SM0-5	100614

Číslo a název bodu	30	K piččinům hořejším	30		
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška	
				Bpv	vztahuje se na
30	TB	753241.15	1128006.22	436.91	hranol



Orientace na body (ve stupních)							
Číslo		Jižník	Délka strany	Číslo		Jižník	Délka strany
251		54 27 51.2	1049.188				
4	/3004/	326 53 48.5	3284.563				

Místopisný popis: Bod je na okraji pole nad polní cestou Radětice–Nepomuk, proti domu čp. 84 a 350 m jz. od kaple v Raděticích. Bod 30.1 převeden na 250, bod 30.2 na 251.

Bod	30						
Státní úloží	0,00	žula	16.16.90	0,00		0,00	0,00
	.93	žula	50.50.10				
	1.20	sklo	střed hrda				
Ornát, povrch, značky na baku:	△ s. TP j.						
Ochranný znak (druh, rok)	20T-2003						
Kat. území, zeměpisná šířka	Radětice u Bechyně 2310 orná půda						

Druh a výška signal. stouby nebo nárys trvaleho cíle:		Poznámky:
Signalizace z rakvi:		

GEODETICKÉ ÚDAJE  
zhušťovacího bodu

Kraj: Jihočeský  
Okres: Tábor  
Obec: Radějice

List č.: 1/1  
Stav k: 1994

Vytvořeno pro web 11.04.2007

TL	3003
ZM-50	22-42
SMO-5	100613

Číslo a název bodu		240	Nad humny		240						
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška							
				Bpv	vztahuje se na						
240	ZHB	753889.47	1127697.29	nív. 463.94	hranol						
Orientace na body (v grádech) :											
Bod číslo :		Jižník	Délka strany	Bod číslo :		Jižník	Délka strany				
73004/206		361.30669	4195.709								
Bod určen : geodetickou metodou											
Místopisný popis : Bod je u lesa na vrcholu stoupání, asi 0,9 km západně od kapličky v obci Radějice. Bod je přečíslován, původní č. 69.											
Bod určen :											
Bod	240										
Bod. tab. číslo	0.00	žula 16x16x75	0.00		0.00		0.00				
	.99	žula 30x30x9									
Ochranný znak (druh, rok)	OT-1993										
Kat.uzemí Parc.čís.	Radějice u Bechyně										
Rok Organizace, rok	Bod	240									
	Zřízení	1993 KÚ ČB									
	Určení YX	1993									
	Určení výšky	1993									
	[Pře]Stabilizace	1993									
Rok	Údržba	1994									
	Obnova										
Poznámka :											

# GEODETICKÉ ÚDAJE

trigonometrického bodu

Kraj: Jihočeský  
 Okres: Tábor  
 Obec: Bechyně

Líst č.: 1/1  
 Stav k: 2003

Vytvořeno pro web 11.04.2007

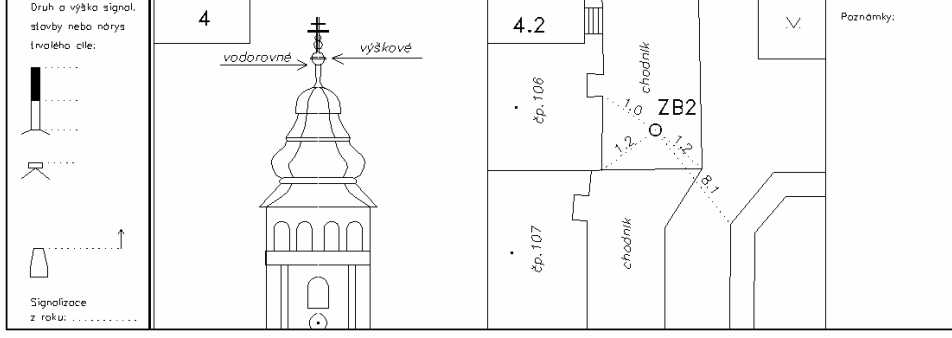
TL	3004
ZM-50	22-42
SM0-5	100605

Číslo a název bodu		4		Bechyně, kost. sv. Matěje		4	
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška		vztahuje se na	obrázky
				Bpv			
4	TB	751447.29	1130757.66	444.92		střed makovice	
4.1	ZB1	751425.36	1130845.47	402.24	nív.	hranol	
4.2	ZB2	751519.44	1130820.37	398.20	nív.	hranol	
4.3	SV1	751478.09	1130829.25	401.70		svorník	

Orientace na body (ve stupních)							
Číslo		Jižník	Délka strany	Číslo		Jižník	Délka strany
4.1		345 58 30.0	90.505				
4.2		49 00 11.0	95.590				
	4.1-4.2		97.364				

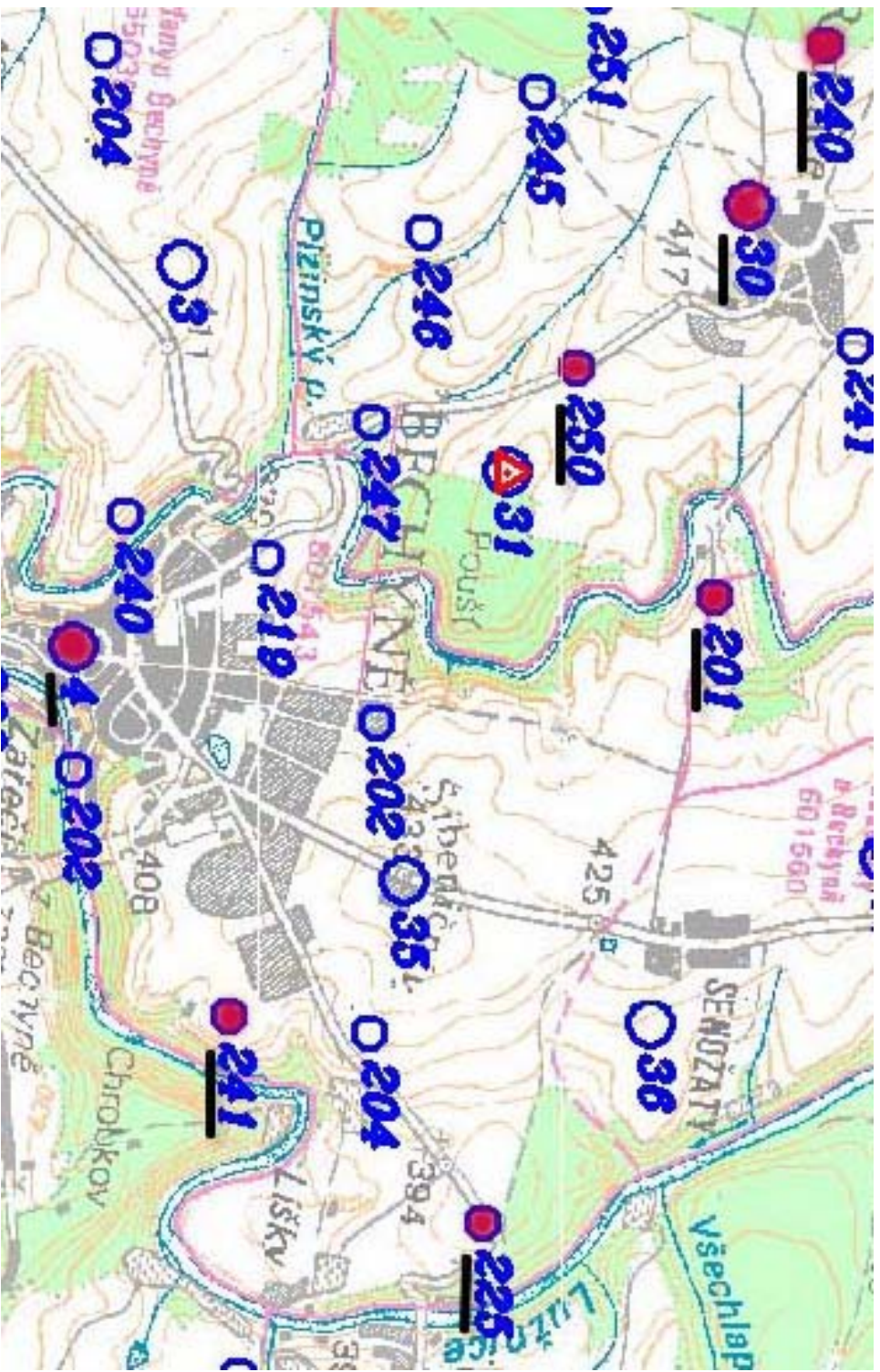
Místopisný popis: Bod je střed makovice věže římsko-katolického děkanského kostela sv. Matěje v Bechyni. ZB2 je 20 cm pod úrovní chodníku, nad hranolem je osazena žulová deska 30.30.10.

Bod	4	4.1	4.2	4.3
Stábla, tabule	0,00	0,00	0,00	0,00
Objekt	střed mak. věže kostela	žula	žula	čep.nív.zn. typ VI. s křížkem
		žula	žula	
		30.30.10	30.30.10	
		sklo	sklo	
		1.22	střed hrdla	
Ornament, povrch, značky na budov.		Δ s. TP j.	Δ s. TP j.	
Ochranný znak (druh znak)				
Kat. území, pozemkový úřad	Bechyně st.109 zast. pl.	Bechyně 1988 ostat. pl.	Bechyně 2028 ostat. pl.	Bechyně



## **Příloha B**

### **Grafické znázornění polohy trigonometrických a zhušťovacích bodů**



## **Příloha C**

**Ortofoto mapa měřické lokality s vyznačením měřených bodů  
(měřítko 1:3300)**



## **Příloha D**

### **Výsledky měření pomocí GPS aparatury Trimble 4600 LS**



## D-1 Měření pomocných měřických bodů metodou FastStatic

### Výpočet základny - 27. 12. 2006

From	To	Baseline Length	Solution Type	Ratio	Reference Variance	RMS
re.stanice	30	3214,842m	L1 fixed	13,4	1,855	0,004m
re.stanice	4001	3342,552m	L1 fixed	1,7	30,783	0,016m
re.stanice	4002	3544,372m	L1 fixed	21,3	1,513	0,004m
re.stanice	4003	3602,447m	L1 fixed	2,2	2,552	0,005m
re.stanice	4007	3844,157m	L1 float	0	175,938	0,041m













### Výpočet základny - 25.2. 2007

From	To	Baseline Length	Solution Type	Ratio	Reference Variance	RMS
referencka	4006	3471,234m	L1 fixed	2,3	2,359	0,005m




### Výpočet základny - 1.3. 2007




From	To	Baseline Length	Solution Type	Ratio	Reference Variance	RMS
referencka	4001	3342,539m	L1 fixed	3	18,294	0,013m

### Po vyrovnání – 27.12. 2006







Point Name	Source	Northing	Easting	Height
<a href="#">Referencka</a>	Office entered	 1130431,930m	 751132,146m	 409,502m
<a href="#">30</a>	Office entered	 1128006,219m	 753241,150m	 436,910m
<a href="#">4002</a>	Adjustment	 1127972,968m	 753683,901m	 448,922m
<a href="#">4003</a>	Adjustment	 1128023,846m	 753810,571m	 449,887m

### Po vyrovnání – 25.2. 2007

Point Name	Source	Northing	Easting	Height
<a href="#">referencka</a>	Office entered	 1130431,929m	 751132,146m	 409,502m

<a href="#">4001</a>	Adjustment	 1127983,867m	 753407,249m	 442,261m
----------------------	------------	--	---	--

Po vyrovnání – 1.3. 2007

Point Name	Source	Northing	Easting	Height
<a href="#">referencka</a>	Office entered	 1130431,929m	 751132,146m	 409,502m
<a href="#">4001</a>	Adjustment	 1127983,867m	 753407,249m	 442,261m

## D – 2 Měření metodou Stop and Go

Výsledné souřadnice – 25.2. 2007

Point Name	Source	Northing	Easting	Height
<a href="#">cesta 1</a>	Adjustment	1127972,959m	753683,852m	448,901m
<a href="#">cesta 2</a>	Adjustment	1127974,445m	753687,888m	448,953m
<a href="#">cesta 3</a>	Adjustment	1127977,451m	753686,648m	448,902m
<a href="#">cesta 5</a>	Adjustment	1128017,866m	753798,571m	449,744m
<a href="#">cesta 6</a>	Adjustment	1128024,290m	753810,455m	449,909m
<a href="#">cesta 7</a>	Adjustment	1128021,490m	753840,336m	450,200m
<a href="#">cesta 9</a>	Adjustment	1128014,393m	753907,935m	452,253m
<a href="#">cesta 11</a>	Adjustment	1128012,115m	753928,488m	453,781m
<a href="#">cesta 12</a>	Adjustment	1128025,832m	753822,682m	450,026m
<a href="#">cesta 13</a>	Adjustment	1128022,805m	753822,987m	449,889m
<a href="#">cesta 14</a>	Adjustment	1128024,564m	753840,563m	450,195m
<a href="#">4005</a>	Adjustment	1128341,576m	753846,685m	440,109m
<a href="#">4004</a>	Adjustment	1128350,057m	753875,421m	440,158m

Výsledné souřadnice – 1.3. 2007

Point Name	Source	Northing	Easting	Height
<a href="#">cesta 303</a>	Adjustment	1127957,528m	753649,114m	448,584m
<a href="#">cesta 304</a>	Adjustment	1127960,579m	753648,265m	448,426m
<a href="#">cesta 305</a>	Adjustment	1127949,008m	753620,503m	450,443m
<a href="#">cesta 306</a>	Adjustment	1127946,814m	753621,916m	450,663m
<a href="#">cesta 307</a>	Adjustment	1127972,780m	753684,110m	448,945m
<a href="#">cesta 308</a>	Adjustment	1128022,615m	753819,066m	449,820m
<a href="#">cesta 367</a>	Adjustment	1128012,051m	753928,398m	453,839m
<a href="#">cesta 368</a>	Adjustment	1128015,794m	753928,843m	453,914m
<a href="#">posed 50</a>	Adjustment	1128301,369m	753861,813m	440,978m
<a href="#">posed 51</a>	Adjustment	1128299,132m	753858,434m	441,045m
<a href="#">posed 52</a>	Adjustment	1128301,624m	753856,741m	441,012m
<a href="#">posed 53</a>	Adjustment	1128303,938m	753860,242m	440,851m

## **Příloha E**

### **Výsledky měření pomocí totální stanice Leica TC 407**

## E – 1 Polygonový pořad

### Výpočet polygonového pořadu

číslo pořadu	číslo bodu	úhly a úhlové vyrovnání			směrníky			Strany d	Souřadnice a souřadnicové vyrovnání		
		g	c		g	c			Y	X	
(1)	(2)	(3)			(4)			(5)	(6)	(7)	(8)
	4									751447,29	1130757,66
	30	254	69	80	363	21	87			753241,15	1128006,22
	4001	206	00	33	108	51	82	167,57		-0,023 166,070 753407,20	0,005 -22,354 1127983,87
	4002	143	30	13	102	51	24	274,95		-0,038 276,738 753683,90	0,003 -10,927 1127983,87
	240	17	33	88	159	20	86	343,94		-0,029 205,604 753889,47 (753889,47)	0,062 -275,716 1127697,29 (1127697,29)
	250				341	86	73				
					(341	86	73)			752579,94	1128708,70
		$O_\omega = 0,01$								$O_y = -0,090$	$O_x = 0,070$
		$u_{M\omega} = 100\sqrt{n+3} = 0,026$								$O_p = 0,114$	
		$\delta_\omega = 0,0025$								$u_{Mp} = 0,01\sqrt{\sum d} + 0,10 = 0,380$	

## E – 2 Osnova směrů

stanovisko

4002 753683.90 1127972.95

orientační body:

4001 753407.20 1127983.87 0.0000g 302.5111g

\*\*\*\*\*

typ délek: 2 - šikmá, výška stroje = 1.65

-----  
podrobné body

číslo bodu	délka	směr	z.úhel	v.cíle		
				Y	X	Z
				1.50		
1	63.10	373.2500g	100.7600g	753625.32	1127949.50	448.36
				1.50		
2	62.63	375.9945g	100.8795g	753624.81	1127952.21	448.25
				1.50		
3	39.48	375.6375g	101.0455g	753646.73	1127959.67	448.46
				1.50		
4B	39.20	371.1035g	100.7790g	753648.02	1127957.16	448.63
				1.50		
5	16.41	172.7215g	100.0330g	753699.08	1127979.17	449.10
				1.50		
6	16.51	160.4665g	100.2300g	753697.69	1127982.02	449.05
				1.50		
7	43.74	169.2025g	99.8245g	753723.40	1127991.75	449.23
				1.50		
8	43.13	173.5115g	99.7455g	753724.01	1127988.81	449.28
				1.50		
9	80.09	173.9350g	99.6825g	753758.57	1128001.91	449.51
				1.50		
10	79.92	171.5340g	99.7300g	753757.27	1128004.64	449.45
				1.50		
11	120.73	172.3525g	99.6725g	753795.34	1128019.39	449.73
				1.50		
12	120.38	173.6380g	99.6730g	753795.93	1128017.00	449.73
				2.00		
15	133.70	174.1280g	99.4035g	753808.69	1128020.92	449.86
				2.00		
16	134.11	172.7995g	99.3710g	753808.04	1128023.66	449.94
				2.00		
17	141.82	173.5360g	99.3840g	753815.79	1128025.06	449.98
				2.00		
18	140.99	174.7145g	99.4420g	753815.96	1128022.32	449.85

stanovisko

4002 753683.90 1127972.95

orientační body

číslo bodu      Y      X      směr      or. posun

-----  
4 751447.29 1130757.66 352.3500g 4.5716g

osnova vyrovnána aritmetickým průměrem

směrník na počátek: 4.5716g

\*\*\*\*\*

polární metoda - zadání přímky (osnova směrů)

číslo bodu	směrník	Y	X	Z
4002	4.5716g	753683.90	1127972.95	448.96

typ dělek: 2 - šikmá, výška stroje = 1.58

-----  
podrobné body

číslo bodu	délka	směr	z.úhel	v.cíle		
				Y	X	Z
				1.50		
4003	136.52	71.1141g	99.5855g	753810.58	1128023.83	449.93
				2.60		
4006	371.27	28.3490g	101.1613g	753867.42	1128295.62	441.17
				2.60		
50	373.56	27.0360g	101.1875g	753861.81	1128301.35	440.97
				2.60		
51	370.06	26.7035g	101.1795g	753858.44	1128299.19	441.08
				2.60		
52	371.50	26.2490g	101.1810g	753856.78	1128301.70	441.04
				2.60		
53	375.12	26.5845g	101.2130g	753860.21	1128303.97	440.79
				2.60		
4005	403.23	21.8895g	101.2350g	753846.69	1128341.77	440.11
				2.60		
55	317.80	150.5255g	96.8900g	753889.68	1127731.27	463.46
				2.60		
56	321.04	151.1300g	96.9050g	753889.45	1127726.84	463.54
				2.30		
57	323.86	150.5780g	96.9970g	753893.42	1127726.46	463.51
				2.30		
58	320.76	149.8870g	96.9550g	753894.05	1127731.10	463.57

stanovisko

4003 753810.58 1128023.83

orientační body

číslo bodu	Y	X	směr	or. posun
------------	---	---	------	-----------

-----  
4 751447.29 1130757.66 350.1255g 4.4942g

osnova vyrovnána aritmetickým průměrem

směrník na počátek: 4.4942g

\*\*\*\*\*

polární metoda - zadání přímky (osnova směrů)

číslo bodu	směrník	Y	X	Z
4003	4.4942g	753810.58	1128023.83	449.93

typ dělek: 2 - šikmá, výška stroje = 1.58

-----  
podrobné body

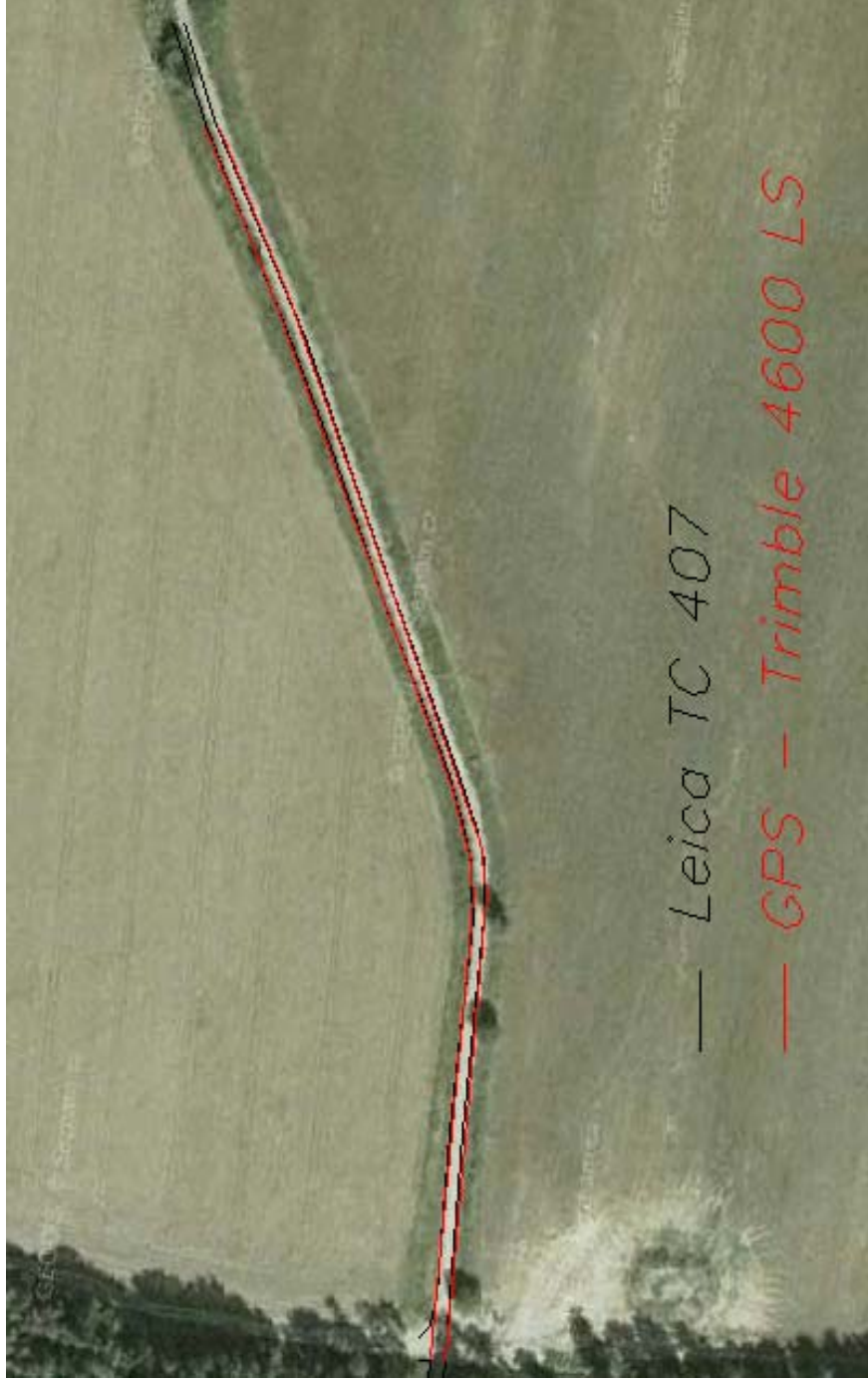
číslo bodu	délka	směr	z.úhel	v.cíle		
				Y	X	Z
				1.50		
59	3.34	226.3600g	102.2910g	753809.03	1128020.88	449.89
				1.50		

60	1.96	300.7145g	100.9290g	753808.63	1128023.99	449.98
				1.50		
61	5.84	113.8950g	101.3240g	753816.18	1128022.17	449.89
				1.50		
62	5.18	77.0640g	99.5735g	753815.55	1128025.31	450.04
				1.50		
63	10.85	102.9740g	100.4545g	753821.36	1128022.56	449.93
				1.50		
64	10.59	83.8665g	99.5595g	753821.00	1128025.76	450.08
				1.50		
65	17.09	99.9630g	99.9720g	753827.64	1128022.64	450.02
				1.50		
66	17.14	88.5475g	99.5650g	753827.62	1128025.70	450.13
				1.50		
67	66.75	102.0005g	99.0895g	753876.98	1128017.04	450.96
				1.50		
68	66.64	98.8355g	99.1035g	753877.13	1128020.35	450.95
				1.50		
69	104.66	99.4980g	98.2890g	753915.00	1128017.28	452.82
				1.50		
70	104.70	101.6285g	98.2880g	753914.77	1128013.78	452.83
				1.50		
71	111.20	102.0455g	98.1285g	753921.15	1128012.44	453.28
				1.50		
72	114.47	103.6740g	97.9930g	753924.05	1128009.19	453.62
				1.50		
73	119.31	103.1460g	97.9035g	753928.98	1128009.56	453.94
				1.50		
74	118.94	101.7165g	97.8975g	753928.89	1128012.25	453.94
				1.50		
75	119.54	99.7690g	97.8665g	753929.79	1128015.84	454.02



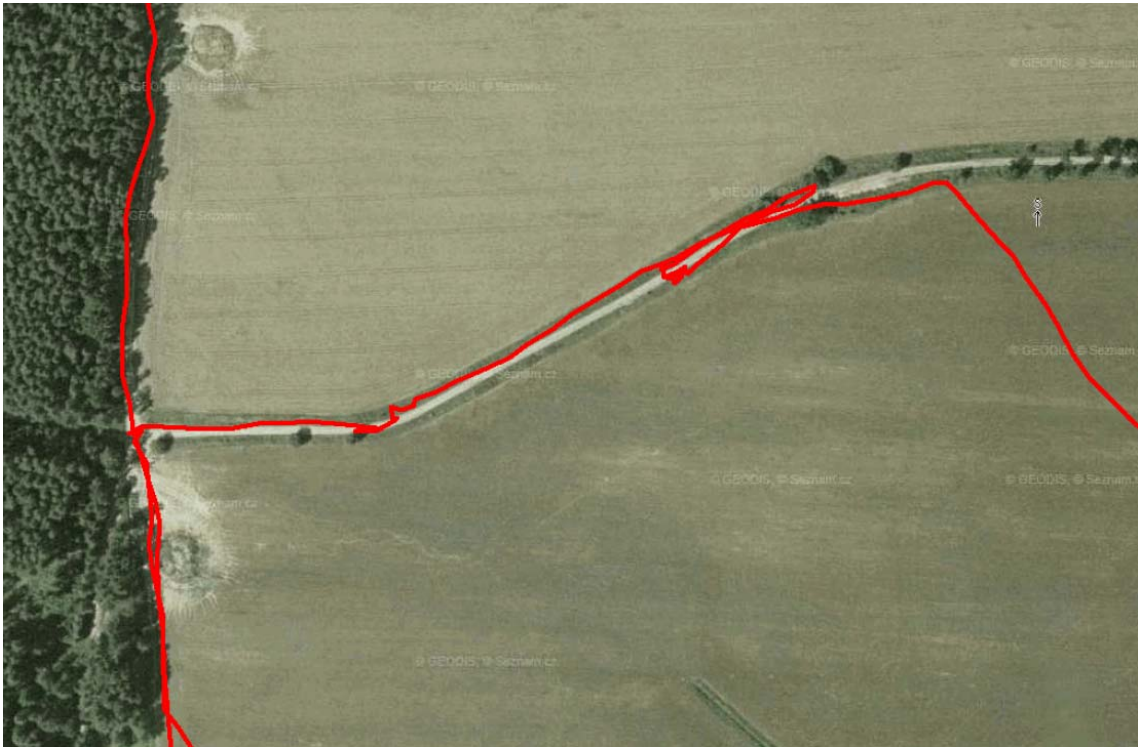
## **Příloha F**

**Mapování dopravní komunikace přístroji Trimble 4600 LS a Leica  
TC 407 (měřítko 1:1500)**



## **Příloha G**

**Trasování pomocí turistické GPS i – Tec – BT – 339**



## **Příloha H**

### **Fotodokumentace**



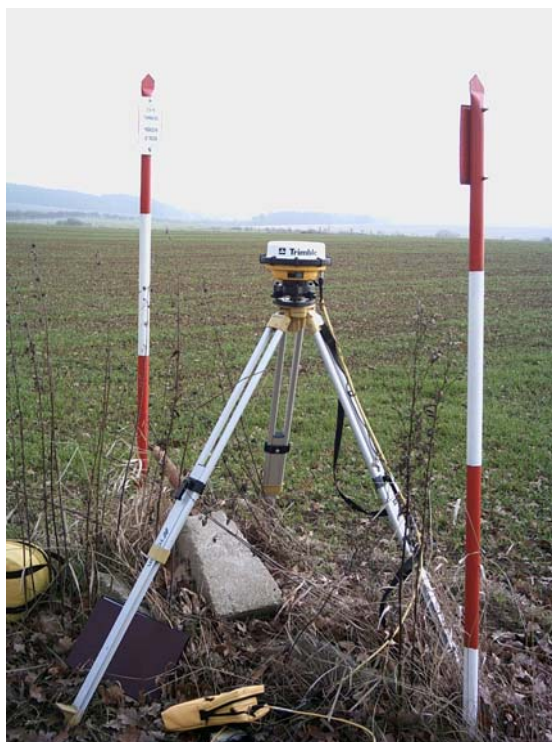
*Obrázek H. 1: Bod č. 4001*



*Obrázek H. 2: Bod č. 4002*



*Obrázek H. 3: Bod č. 4007 a rozhledna*



*Obrázek H. 4: Bod č. 30*



*Obrázek H. 5: Bod Referencka*



*Obrázek H. 6: Posed a pozemek*