



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

ZAMĚŘENÍ KOSTELU SV. VÍTA V HAVLÍČKOVĚ BOROVÉ

SURVEY OF THE CHURCH ST. VIT IN HAVLICKOVA BOROVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petra Stránská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RICHARD KRATOCHVÍL

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Petra Stránská
Název	Zaměření kostelu sv. Víta v Havlíčkově Borové
Vedoucí práce	Ing. Richard Kratochvíl
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy.

ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky.

Fišer, Vondrák: Mapování. CERM Brno, 2. vydání, 2006. ISBN 80-7204-472-9.

Fišer, Vondrák: Mapování II. CERM Brno, 2004. ISBN 80-214-2669-1.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pomocí dostupné techniky zaměřte kostel sv. Víta v Havlíčkově Borové. Vybudujte pomocnou měřičskou síť a připojte ji do závazných referenčních systémů. Naměřená data zpracujte a vyhotovte z nich účelovou mapu nejbližšího okolí kostelu ve vhodném měřítku a vyhotovte pohledy kostelu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Richard Kratochvíl
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá zaměřením kostela sv. Víta v Havlíčkově Borové v kraji Vysočina. Výsledek práce bude sloužit jako podklad pro rekonstrukci kostela.

Na lokalitě byla metodou GNSS vybudována pomocná měřická síť, která byla připojena do závazných referenčních systémů a kostel byl zaměřen pomocí terestrických metod geodézie.

Výsledkem práce je účelová mapa nejbližšího okolí kostela v měřítku 1:200 a pohledy na fasádu kostela ze čtyř světových stran.

KLÍČOVÁ SLOVA

kostel, zaměření, účelová mapa, polohopis, výškopis

ABSTRACT

The Bachelor Thesis deals with surveying of the church of St. Vitus in Havlíčkova Borová in Vysočina region. The outcome of the Thesis should serve as a basis for reconstruction of the church.

On the location was constructed auxiliary survey network with the GNSS technique. This network was attached to the binding reference systems and the church was surveyed with the terrestrial methods of land surveying.

The outcome of the Thesis is thematic map of the location in the scale 1:200 and the side views of the church.

KEYWORDS

church, surveying, thematic map, planimetry, altimetry

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Petra Stránská *Zaměření kostelu sv. Víta v Havlíčkově Borové*. Brno, 2018. 38 s., 24 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Richard Kratochvíl

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23.5. 2018

Petra Stránská
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své práce panu Ing. Richardovi Kratochvílovi za ochotu a cenné rady při zpracování této práce. Dále potom děkuji své rodině za pomoc při měření a také za finanční a psychickou podporu během celého studia. V neposlední řadě děkuji panu Josefu Bruknerovi za zapůjčení přístrojů.

Obsah

1	Úvod	10
2	Lokalita	11
2.1	Městys Havlíčkova Borová.....	11
2.2	Kostel sv. Víta.....	12
3	Přípravné práce	14
3.1	Rekognoskace terénu.....	14
3.2	Rekognoskace bodového pole.....	14
3.3	Volba přístrojů	15
4	Měřické práce	17
4.1	Vybudování a zaměření pomocné měřické sítě.....	17
4.1.1	Technologie GNSS	17
4.1.2	Rajon	19
4.2	Podrobné měření	20
4.2.1	Zaměření okolí kostela.....	20
4.2.2	Zaměření pohledů na fasádu kostela.....	21
4.2.3	Kódová tabulka	21
5	Zpracování	22
5.1	Zpracování naměřených dat	22
5.1.1	Výpočet bodů měřených technologií GNSS.....	22
5.1.2	Vyrovnání sítě	22
5.1.3	Výpočet podrobných bodů	24
5.2	Testování přesnosti podrobných bodů	25
5.2.1	Testování přesnosti souřadnic podrobných bodů	25
5.2.2	Testování přesnosti výšek podrobných bodů	27

5.3	Kresba	29
5.3.1	Účelová mapa okolí kostela	29
5.3.2	Pohledy na fasádu	30
6	Závěr	31
7	Literatura	32
8	Seznam použitých zkratk	34
9	Seznam obrázků	35
10	Seznam tabulek	36
11	Seznam příloh	37

1 Úvod

Každá památka stojí za zachování pro další generace, pro tyto účely se také vyhotovuje jejich dokumentace. Dokumentace slouží pro uchování přesné podoby dané památky a následně jako podklad pro případné opravy nebo rekonstrukce.

Předmětem této bakalářské práce je zaměření kostela sv. Víta v Havlíčkově Borové a jeho nejbližšího okolí. Výsledkem je vzhledem k rozsahu práce pouze část celkové dokumentace stavby, a to účelová mapa okolí kostela a pohledy na fasádu kostela ze čtyř světových stran.

V těsné blízkosti kostela se nachází i hřbitov, ale po dohodě s vedoucím práce tento hřbitov není předmětem bakalářské práce.

Závěrečná práce je rozdělena na dvě hlavní části, měřickou a zpracovatelskou.

V té první se zabývá přípravnými pracemi, jako jsou například rekognoskace v terénu, nebo výběr vhodných přístrojů a metod pro měření. Dále zahrnuje vybudování pomocné měřické sítě a samotné podrobné zaměření polohopisu pro účelovou mapu a podrobných bodů pro tvorbu pohledů.

Druhá část obsahuje zpracovatelské práce – zpracování naměřených dat, výpočet souřadnic podrobných bodů a následnou tvorbu účelové mapy ve vhodně zvoleném měřítku a také tvorbu pohledů.

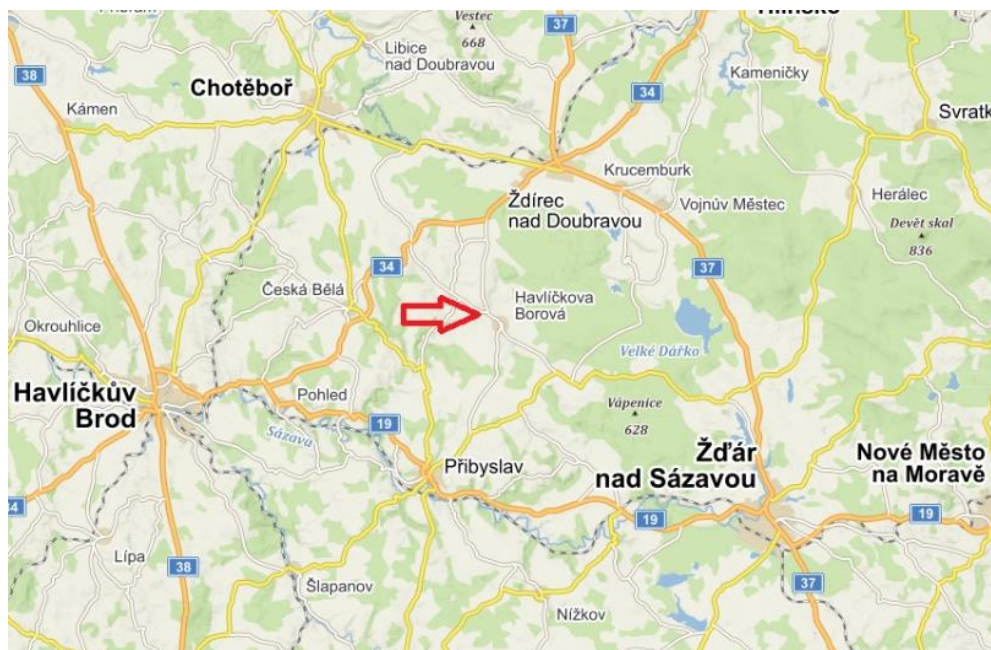
2 Lokalita

2.1 Městys Havlíčkova Borová

Městys Havlíčkova Borová se nachází v severovýchodní části okresu Havlíčkův Brod v kraji Vysočina, přibližně 35 kilometrů severovýchodně od krajského města Jihlava. Lokalizace je patrná z Obr. 1. Městys je rozdělen na tři místní části – Havlíčkova Borová, Peršikov, Železné Horky. V roce 2016 zde žilo 945 obyvatel.

Havlíčkova Borová je situována na kuželovitém svahu, na jehož vrcholu, ve výšce 637 m n m., se nachází kostel svatého Víta. [1]

Na Obr. 2 je pohled na Havlíčkovu Borovou ze severu.



Obr. 1 Lokalizace [2]

Obec na Českomoravské vrchovině nese název podle svého nejslavnějšího rodáka, Karla Havlíčka Borovského, jehož rodný dům dnes slouží jako muzeum.

Historie obce sahá až do roku 1289, do kterého je datována první písemná zmínka o obci. Tato zmínka je zaznamenána v berní rule a týká se jistého Čeňka

z Borové. Podle některých zdrojů na místě dnešního městyse existovala osada již v desátém století.

V dřívějších dobách se v okolí obce těžily nerostné suroviny, především železná ruda nebo nikl a měď. [3]



Obr. 2 Pohled na Havlíčkovu Borovou [1]

2.2 Kostel sv. Víta

Kostel sv. Víta se nachází na jižním okraji obce na vrcholku kopce, díky čemuž je kostel jasným orientačním bodem v širokém okolí.

Je to jednolodní, pozdně gotický kostel. Okolo kostela se rozléhá hřbitov, jenž je z roku 1856. Samotná budova kostela byla vystavěna pravděpodobně na přelomu 15. a 16. století na místě původní románské kaple, která sloužila horníkům.

V roce 1384, ještě v době románské podoby kostela, zde působil první farář, poté spadal kostel až do roku 1695 pod farnost v nedaleké Příbyslavi.

V roce 1695 byl kostel díky knížeti Ferdinandu z Dietrichsteina obnoven a stal se opět farním. V tomto období byl také opraven a byla vybudována kostelní

věž s cibulovitou bání. Okolo části kostela byly zbytky hradeb pocházející z dob 30leté války.

V roce 1873 udeřil do kostelní věže blesk, který ji nezapálil, pouze shodil ze střechy šindel. O dva roky později, v roce 1875 opět zasáhl věž kostela blesk. Tentokrát shořela střecha chrámové věže a zvony v ní se roztavily. Poté byla věž upravena do podoby, jakou známe dnes (Obr. 3).

Ke kostelu připadá také fara, která byla postavena v roce 1726. Součástí farního objektu jsou i rozsáhlá hospodářská stavení.

Od roku 1710 zde nepřetržitě působí nějaký duchovní, v současnosti je to Mgr. Daniel Kolář. [3]



Obr. 3 Kostel sv. Víta, pohled z jihu

3 Přípravné práce

3.1 Rekognoskace terénu

Dne 15. července 2017 proběhla rekognoskace mapovaného terénu. Kostel a jeho blízké okolí se nachází na vrcholu kopce. Zájmová oblast je ohraničena hřbitovnou zdí tzv. starého hřbitova, který přímo přilehá ke kostelu (Obr. 4). Nejsou zde žádné výrazné terénní stupně. Prostranství se nachází na mírně skloněném vrcholu kopce. Součástí areálu je také budova márnice.



Obr. 4 Mapovaný areál [4]

3.2 Rekognoskace bodového pole

Věž kostela svatého Víta je trigonometrickým bodem číslo 000000932010200. Podle informací z webových stránek Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) by se měly v jeho blízkosti nacházet dva zajišťovací body, ani jeden z nich však nebyl nalezen.

Kostel se nachází na vrcholku kopce, proto byla šance, že bude možnost orientace na nějaké vzdálené body. Bohužel jediným bodem, který přicházel

v úvahu, byl kostel v České Bělé (bod č. 208.1), ale i ten byl posléze vyřazen, protože při měření panovala zhoršená viditelnost a kostel se ztrácel v oparu. Všechny ostatní body, které přicházely v úvahu, byly skryté za stromy, kterých je kolem kostela velké množství.

3.3 Volba přístrojů

Při měření byly použity tyto pomůcky a přístroje:

- Přijímač SOUTH S82 2013 s anténou SOUTH S82 2013 (Obr. 5)
- Totální stanice Trimble M3
- Dřevěný stativ Trimble
- Odrazný hranol Trimble
- Dvoumetr, sekera, kladivo

Pro tvorbu základní kostry pomocné měřické sítě metodou GNSS byl použit přijímač SOUTH S82 2013 s anténou SOUTH S82 2013, v. č. S82344117101657.



Obr. 5 Přijímač SOUTH S82 [5]

Pro měření podrobných bodů byla využita totální stanice Trimble M3 se sériovým číslem C610942, verze umožňující měření s úhlovou přesností 3". Tato totální stanice je vybavena funkcí bezhranového měření, která byla využita pro zaměření pohledů na fasádu kostela (Obr. 6).

Střední chyba měření délek udávaná výrobcem je v hranolovém módu $ms = \pm (2 + 2ppm \times D)$ mm, kde D je měřená vzdálenost v kilometrech. U bezhranového měření je přesnost délek $ms = \pm (3 + 2ppm \times D)$ mm. V bezhranovém módu má dálkoměr dosah až 300 metrů. [6]



Obr. 6 Totální stanice Trimble M3 [6]

4 Měřické práce

Měřické práce probíhaly v průběhu července a srpna 2017. Celá fáze měření by se dala rozdělit na tři dílčí etapy – na úvod byla vybudována pomocná měřická síť, v další části byly zaměřeny podrobné body polohopisu pro tvorbu účelové mapy a v posledním kroku byly zaměřeny podrobné body pro pohledy na kostel.

4.1 Vybudování a zaměření pomocné měřické sítě

Před zahájením měření podrobných bodů byla nejprve vybudována pomocná měřická síť. Body sítě byly vhodně zvoleny okolo kostela tak, aby bylo možné z nich zaměřit jak body polohopisu pro účelovou mapu, tak i body pro tvorbu pohledů na fasádu. Body byly dočasně stabilizovány dřevěnými kolíky. Měřická síť je na Obr. 7



Obr. 7 Pomocná měřická síť

4.1.1 Technologie GNSS

V kapitole 3.2 je uvedeno, že v měřené oblasti nebyly nalezeny žádné body polohových bodových polí, a proto byla pro tvorbu měřické sítě zvolena technologie GNSS. Touto metodou byly zaměřeny pomocné body 4001, 4002,

4003, 4004, 4005, 4006, z nichž body 4001 a 4003 sloužily pouze jako orientace.

Technologie GNSS (Globální navigační satelitní systémy) jsou obecně využitelné v jakémkoli čase a kdekoliv na Zemi. Tyto systémy využívají umělé družice Země. Skutrokturu GNSS můžeme rozdělit na tři základní segmenty, kterými jsou řídicí segment (řídí činnost systému), kosmický segment (umělé družice Země) a uživatelský segment (přijímače na Zemi). [7]

Metody měření technologií GNSS

- Statická metoda
- Rychlá statická metoda
- Metoda stop and go
- Kinematická metoda
- Kinematická metoda v reálném čase (RTK)

Pro zaměření bodů pomocné měřické sítě byla zvolena metoda RTK (real time kinematics). RTK je metoda pro získávání souřadnic v reálném čase. Byla využita služba VRS NOW (společnosti Trimble), která poskytuje síťové řešení. VRS (virtuální referenční stanice) je stanice virtuálně umístěná poblíž přijímače. K této stanici jsou přepočteny korekce z okolních stanic a jsou dále poskytovány danému roveru. [8]

Souřadnice každého bodu byly změřeny opakovaně tak, aby každé měření bylo nezávislé a při nezávislé konstelaci družic. Minimální časový rozestup mezi měřeními je jedna hodina, v našem případě rozestup činil téměř čtyři hodiny.

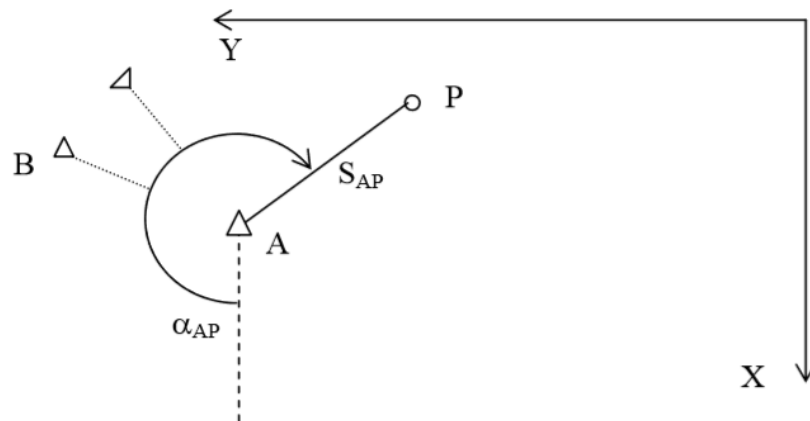
Parametry měření byly následující:

- Interval záznamu – 1 sekunda
- Elevační maska – 10 stupňů
- Minimální doba záznamu – 20 sekund

4.1.2 Rajon

Bod číslo 4007 měřické sítě se nepodařilo určit pomocí GNSS, neboť je ukrytý pod vzrostlou lípou. Tento bod byl zaměřen metodou rajon. Bod byl zřízen až v průběhu měření, kdy se zjistilo, že část severního pohledu není možné zaměřit z již určených bodů měřické sítě.

Rajon je jedna ze základních geodetických úloh. Rajon je orientovaná a délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu. Danými veličinami jsou souřadnice výchozího bodu A (X_A, Y_A), směrnik z daného na určovaný bod α_{AP} a délka mezi oběma body s_{AP} . Prostřednictvím těchto veličin lze určit souřadnice bodu P [9]. Tyto veličiny jsou patrné z Obr. 8.



Obr. 8 Výpočet rajonu [9]

Souřadnice bodu P určíme pomocí následujících rovnic

$$\begin{aligned} X_P &= X_A + s_{AP} * \cos\alpha_{AP} \\ Y_P &= Y_A + s_{AP} * \sin\alpha_{AP} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Pro rajon platí tyto základní podmínky:

1. Délka rajonu nesmí přesáhnout 1000 m a zároveň
 - 1.1. může být maximálně o třetinu delší, než je délka měřické přímky, na kterou je rajon připojen
 - 1.2. nesmí být delší, než je délka k nejbližší orientaci

4.2 Podrobné měření

Podrobné zaměření bodů polohopisu probíhalo z větší části v létě 2017, začátkem března 2018 potom proběhlo doměření nedostatků zjištěných při tvorbě mapy.

4.2.1 Zaměření okolí kostela

Podrobné body polohopisu byly zaměřeny tachymetrickou metodou, která se pro tyto účely jeví jako nejvhodnější. Při tachymetrii se určuje současně poloha i výška bodu.

Polohu a výšku určovaných bodů získáváme měřením polárních souřadnic – vodorovného a svislého úhlu a šikmé délky od stanoviska k určovaným bodům. Převýšení je určené z měřené délky a zenitového úhlu. Osnovy vodorovných směrů se orientují na body o známých souřadnicích (body geodetických základů, body pomocné měřické sítě). Při tachymetrickém měření je také nutné zaznamenávat výšku přístroje a cíle. Souřadnice určovaných bodů se počítají stejným principem, jako při určování souřadnic metodou rajon, která je popsána v kapitole 4.1.2. Výška je určována trigonometricky (pomocí převýšení mezi stanoviskem a cílem). [11]

Dva body (konkrétně jeden u vstupu do schodiště na věž a druhý na hřbitovní zdi) nebylo možné určit tachymetricky, z důvodu špatné viditelnosti. Tyto body byly určeny ortogonální metodou.

Předmětem podrobného zaměření byla především budova kostela, kde byl měřen průnik zdiva s terénem. Dále hřbitovní zeď, budova márnice, chodníky a pěšiny v oblasti hřbitova, stromy, lampy, předměty malého rozsahu atd. Samotné hroby nejsou předmětem této bakalářské práce, proto nebyly zaměřovány. Pro lepší vyjádření průběhu terénu byly v té části lokality, kde se hroby nachází, zaměřeny body tak, aby se každé 2 – 3 centimetry v měřítku mapy nacházel bod. Pro měřítko 1:200, ve kterém je mapa vytvářena, to znamená bod každých 4 – 6 metrů.

4.2.2 Zaměření pohledů na fasádu kostela

Pohledy na kostel byly zaměřeny ze čtyř světových stran. Obvod budovy byl zaměřen již z měření podrobných bodů pro účelovou mapu. Ostatní body byly zaměřeny opět metodou tachymetrie za využití bezhranolového módu měření totální stanice.

Geodetickými metodami nebylo možné ani účelné zaměřit všechny detaily na fasádě kostela. Z každé strany byly zaměřeny jednoznačně identifikovatelné body jako jsou rohy oken či dveří, okraje střechy, střešní vikýře atd. Celý kostel byl fotograficky zdokumentovaný a geodeticky zaměřené body poté sloužily pro transformaci fotografií. Fotografie byly pořizovány tak, aby byly rovnoběžné s danou stranou kostela a co nejvíce kolmé k zemi.

4.2.3 Kódová tabulka

V průběhu podrobného měření byly všechny měřené podrobné body ukládány s kódem označujícím daný předmět. Při kresbě sloužily kódy pro orientaci ve výkrese. Tabulka s kódy je v příloze č. 7.4. Ukázka kódové tabulky je na Obr. 9.

KÓDOVÁ TABULKA	
BZ	budova zděná
OZ	ohradní zeď
VS	vstup do budovy
CH	chodník
VP	nadzemní dešťová kanalizace

Obr. 9 Kódová tabulka – ukázka

5 Zpracování

Po ukončení měřických prací následovala zpracovatelská část, kterou je možné rozdělit na tři fáze. V první fázi probíhaly výpočty – bodů pomocné měřické sítě, následné vyrovnání sítě a výpočet podrobných bodů. V druhém kroku proběhlo testování přesnosti podrobných bodů podle ČSN 01 3410 – Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Nakonec byla vyhotovena účelová mapa v měřítku 1:200 a čtyři pohledy na fasádu, každý na samostatném výkresu.

5.1 Zpracování naměřených dat

5.1.1 Výpočet bodů měřených technologií GNSS

Souřadnice bodů určených technologií GNSS byly zprůměrované ze dvou měření. Pro transformaci souřadnic ze souřadnicového systému ETRS-89 do S-JTSK byla použita globální transformace prostřednictvím zpracovatelského programu TRANSFORM MAX verze 2. Takto byly určeny předběžné souřadnice bodů pomocné měřické sítě, které byly následně vyrovnány jako síť.

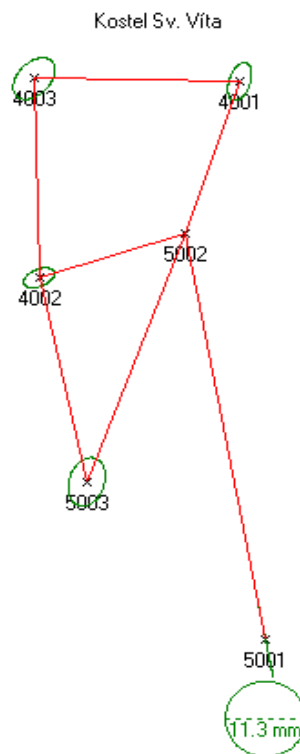
5.1.2 Vyrovnání sítě

Vyrovnání sítě proběhlo ve výpočetním softwaru Groma v. 12.0. Software Groma slouží pro kompletní zpracování geodetických dat. Lze v něm zpracovat vše od surových dat z měření, až po seznamy souřadnic, protokoly o výpočtu nebo kontrolní kresbu. [10]

Síť byla vyrovnána ve variantě pevný bod a pevný směrník. Při této variantě má jeden bod charakteristiku pevný bod a jeho souřadnice jsou zachovány. Stejně tak je zachován ten směrník, který je z pevného bodu a má charakteristiku pevný směrník. Ostatní body v síti mají charakteristiku volný bod.

V mém případě byl jako pevný bod zvolen bod 4002 a jako pevný směrník směrník z bodu 4002 na bod 4001, který je nejbližší orientací.

Schéma vyrovnané sítě včetně středních elips chyb je na Obr. 10.



Obr. 10 Vyrovnaná síť včetně středních elips chyb

Vyrovnané souřadnice v souřadnicovém systému S-JTSK a výšky v systému Bpv včetně středních chyb jsou uvedeny v Tab. 1.

Číslo bodu	Souřadnice		m _{xy} [mm]	Výška H [m]	m _z [mm]	Poznámka
	Y [m]	X [m]				
4001	652196.0941	1105811.7015	8.00	634.0700	0.00	Pevný směrník
4002	652211.0800	1105732.1400		638.5000		Pevný bod
4003	652228.7958	1105780.9057	6.34	635.1568	8.49	
4004	652200.7917	1105702.6895	4.71	636.5768	5.78	
4005	652237.4309	1105740.8807	3.74	637.4272	5.54	
4006	652238.3144	1105702.1033	6.07	636.1750	6.86	

Tab. 1 Vyrovnané souřadnice a výšky, střední chyby vyrovnaných bodů

5.1.3 Výpočet podrobných bodů

Podrobné body byly registrovány přímo do totální stanice. Po dokončení měření byla data exportována jednoduchým stažením na USB disk ve formátu *.asc. Ukázka zápisníku z měření je na Obr. 11

```
;Zakazka: HB_POLOHOPIŠ, TSC ver.: 7.01, Datum: 24.07.2017, Meril: STRANSKA
9999
9999999999
63796300001
1
3
0
2
1 637963000014002          1.520  *STN
637963000014001          81.101  1.450   0.0000  103.5233  *OR
637963000014003          51.973  2.000   34.0376  103.5096  *OR
637963000014004          31.234  2.000  233.2511  102.9482  *OR
637963000014005          27.783  1.580   91.4579  102.3297  *OR
-1
637963000010001          43.144  1.580  370.9821  103.9936  *OZ
637963000010002          55.519  2.000   40.1384  103.3786  *OZ
637963000010003          49.121  2.000   22.8760  103.1955  *OZ
637963000010004          47.397  2.000   11.5596  103.1986  *CH
637963000010005          47.171  2.000    8.4962  103.2875  *OZ
```

Obr. 11 Ukázka zápisníku z měření

Výpočet probíhal v softwaru Groma v. 12.0. Při importu zápisníku byly převedeny měřené šikmé délky na délky vodorovné. Dále byla nastavena redukce délek do nulové nadmořské výšky a zaveden koeficient pro převod délek do Křovákova zobrazení, prostřednictvím funkce Křovák, která spočítá měřítkový koeficient pro průměrné souřadnice z lokality a průměrnou výšku.

Souřadnice podrobných bodů byly spočítány funkcí Polární metoda dávkou. Souřadnice dvou bodů byly spočteny ortogonální metodou. Výsledné souřadnice podrobných bodů jsou v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Kompletní protokoly o výpočtu podrobných bodů jsou v příloze č. 3 a zápisníky z měření jsou příloha č. 2.

5.2 Testování přesnosti podrobných bodů

Při testování přesnosti podrobných bodů se ověřuje, zda výsledky dosažené při tvorbě mapy vyhovují kritériím přesnosti stanovené třídy přesnosti. Přesnost se ověřuje v průběhu tvorby mapy a poté po vyhotovení mapy při závěrečných kontrolách.

V průběhu měření byl vždy z každého stanoviska zaměřen alespoň jeden bod, který byl zaměřen již z předešlého stanoviska. Body byly ukládány s poznámkou KONTR.

Závěrečná kontrola byla provedena v souladu s ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Byla vytvořena nová měřická síť a následně byl testován reprezentativní výběr podrobných bodů na území, ve kterém probíhala mapovací činnost. Rozsah bodů reprezentativního výběru je stanoven na nejméně 100 kontrolních bodů. Podrobné body pro testování přesnosti se vyberou tak, aby byly jednoznačně identifikovatelné, rozmístěné po celém území a tvořily reprezentativní výběr. V dané lokalitě byly využity především rohy kostela, hřbitovní zdi, chodníků, rohy hrobů či volně stojící kříže. Testování proběhlo pro třetí třídu přesnosti. Kritéria přesnosti pro 3. třídu jsou uvedena v Tab. 2. [12]

Třída přesnosti	u_{xy} [m]	u_H [m]	U_v [m]
3	0,14	0,12	0,50

Tab. 2 Kritéria přesnosti

5.2.1 Testování přesnosti souřadnic podrobných bodů

Pro každý podrobný bod z testovaného souboru se vypočtou souřadnicové rozdíly

$$\Delta X = X_m - X_k \qquad \Delta Y = Y_m - Y_k \qquad (5.1)$$

kde X_m, Y_m jsou výsledné souřadnice podrobného bodu polohopisu a X_k, Y_k souřadnice téhož bodu určené kontrolním měřením.

Přesnost se testuje pomocí výběrové směrodatné souřadnicové odchylky s_{XY} , která se určí ze vztahu

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{1}{2}(s_X^2 + s_Y^2)} \quad (5.2)$$

kde s_X a s_Y jsou směrodatné odchylky souřadnic X, Y .

Směrodatné odchylky souřadnic se ve výběru o rozsahu N bodů určí jako

$$s_X = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta X_j^2} \quad s_Y = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta Y_j^2} \quad (5.3)$$

Koeficient k v rovnicích 5.3 je roven 2, protože kontrolní určení souřadnic má stejnou přesnost jako původní určení souřadnic. Testováno bylo 106 podrobných bodů. [12]

Statistická hypotéza, že testovaný výběr náleží zvolené třídě přesnosti je přijata, pokud s_{XY} vyhovuje kritériu

$$s_{XY} \leq \omega_{2N} * u_{XY} \quad (5.4)$$

Koeficient ω_{2N} má pro hladinu významnosti $\alpha = 5\%$ a výběr o rozsahu N od 100 do 300 bodů hodnotu 1,1. Hodnota u_{XY} je uvedena v Tab. 2.

Druhým krokem při testování přesnosti souřadnic je posouzení, zda všechny polohové odchylky Δ_p vyhovují kritériu [12]

$$|\Delta_p| \leq 1,7 * u_{xy} \quad (5.5)$$

$$|\Delta_p| = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (5.6)$$

Výpočet testování přesnosti je obsažen v příloze č. 6.1. Výsledky testování přesnosti souřadnic jsou přehledně seřazeny v Tab. 3.

Kritérium	$ \Delta_p \leq 1,7 * u_{xy}$	$S_{xy} \leq \omega_{2N} * u_{xy}$
Dosažená hodnota	max. 0,17 m	0,03 m
Mezní hodnota	0,24 m	0,15 m
Výsledek	splněno	splněno

Tab. 3 Výsledky testování přesnosti souřadnic podrobných bodů

5.2.2 Testování přesnosti výšek podrobných bodů

U každého podrobného bodu z testovaného výběru se vypočte rozdíl výšek podrobných bodů H_m a podrobných bodů z kontrolního měření H_k podle vztahu

$$\Delta H = H_m - H_k \quad (5.7)$$

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové směrodatné výškové odchylky s_H , která se vypočte podle vztahu

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2} \quad (5.8)$$

Koeficient $k = 2$, protože kontrolní určení výšek má stejnou přesnost jako původní určení výšek. Testováno bylo 105 podrobných bodů.

Přesnost určení výšek považujeme za vyhovující, pokud jsou splněny následující podmínky

1. hodnoty rozdílů výšek ΔH splňují kritérium

$$|\Delta H| \leq 2u_H * \sqrt{k} \quad (5.9)$$

2. výšková odchylka s_H vyhovuje kritériu

- na zpevněném povrchu

$$s_H \leq \omega_N * u_H \quad (5.10)$$

- na nezpevněném povrchu

$$s_H \leq 3\omega_N * u_H \quad (5.11)$$

Koeficient ω_N má pro hladinu významnosti $\alpha = 5\%$ hodnotu $\omega_N = 1,1$ pro výběr N o rozsahu 80 – 500 bodů.

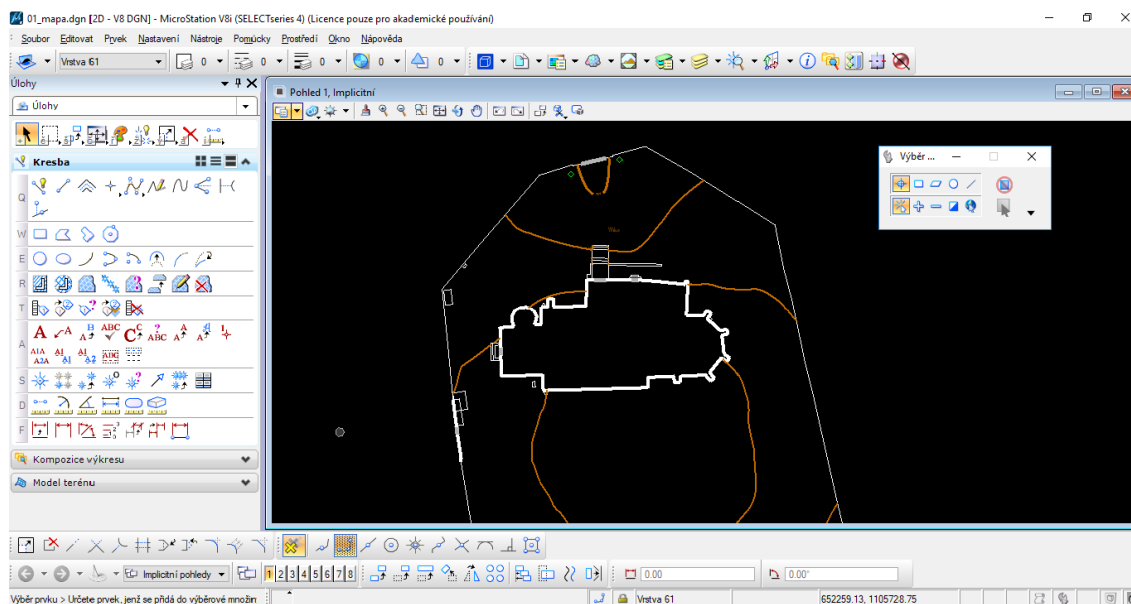
Výpočet testování přesnosti výšek podrobných bodů je součástí přílohy č. 6.2. Výsledky jsou sestaveny v Tab. 4.

Kritérium	$ \Delta H \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$	$s_H \leq \omega_N * u_H$
Dosažená hodnota	max. 0,17 m	0,07 m
Mezní hodnota	0,34 m	0,13 m
Výsledek	splněno	splněno

Tab. 4 Výsledky testování přesnosti výšek podrobných bodů

5.3 Kresba

Po dokončení výpočetních prací následovalo vyhotovení výkresů – účelové mapy a pohledů na fasádu kostela. Veškeré výkresy byly vyhotoveny v prostředí softwaru Microstation V8i (Obr. 12)



Obr. 12 Prostředí programu Microstation V8i

5.3.1 Účelová mapa okolí kostela

Před započítím kresby byl vytvořen samostatný výkres formátu .dgn, do kterého byly prostřednictvím aplikace MDL Groma naimportovány souřadnice všech podrobných bodů a bodů pomocné měřické sítě. Tento výkres byl následně referenčně připojen k výkresu určenému pro výslednou mapu. Polohopis byl vykreslen na těchto bodech.

Výškopis v mapě je vyjádřen vrstevnicemi a výškovými kótami. Vrstevnice byly vykresleny pomocí softwaru Atlas DMT. Výškové kóty podrobných bodů byly do výkresu importovány aplikací MDL Groma. Výškové kóty bodů na nezpevněném povrchu jsou uváděny na jedno desetinné místo (decimetry), u bodů zpevněného povrchu na dvě desetinná místa (centimetry). Ve volném terénu jsou výškové kóty v mapě umístěny každé 2 – 3 centimetry.

V závěrečné fázi tvorby mapy byl výkres doplněn o průsečíky se souřadnicovou sítí (souřadnicové křížky), o náčrt zobrazení mapy v kladu mapových listů 1:200 a o popisovou tabulku a legendu. Tyto závěrečné práce probíhaly v prostředí MGEO.

Účelová mapa byla vykreslena v souladu s normou ČSN 01 3411 – Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky. Využité knihovny buněk a čar jsou součástí přílohy. Atributy prvků byly převzaty ze školního materiálu z předmětu Mapování I. od Ing. Petra Kalvody, Ph.D. Tabulka atributů je příloha č. 7.3.

Na podkladě účelové mapy byl v programu Microstation V8i vytvořen také přehledný náčrt pomocné měřické sítě a přehledka výběru bodů pro testování přesnosti.

5.3.2 Pohledy na fasádu

Pro tvorbu pohledů na fasádu byl vytvořen 3D výkres ve formátu .dgn. Stejně jako při tvorbě mapy byly naimportovány souřadnice bodů prostřednictvím aplikace MDL Groma a následně vykreslena kostra kostela na zaměřených bodech.

Dále byly vykresleny další detaily pohledu, včetně okenic, dveří či mříží na oknech. Tyto detaily byly do výkresu doplněny vektorizací transformovaných fotografií. Fotografie byly transformovány afinní transformací v programu Microstation V8i.

Výkres byl na závěr doplněn legendou materiálů. Součástí výkresu jsou také výškové kóty rozhraní kostela (kříž, střecha, věž, ...) a jednoduchý náčrtek, ve kterém je vyznačen směr pohledu.

6 Závěr

Výsledkem práce je účelová mapa blízkého okolí kostela sv. Víta v Havlíčkově Borové v měřítku 1:200 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Mapa odpovídá kritériím pro 3. třídu přesnosti. Dále potom pohledy na fasádu kostela ze čtyř světových stran.

V okolí lokality se nachází nedostatečné bodové pole, proto byla vytvořena pomocná měřická síť bodů. Síť pomocných bodů byla zaměřena technologií GNSS.

Z nově určených bodů pomocné měřické sítě byly postupně zaměřeny souřadnice podrobných bodů polohopisu, které sloužily pro tvorbu účelové mapy, a podrobné body pro tvorbu pohledů. Podrobné body byly zaměřovány tachymetricky. Při měření bodů pro tvorbu pohledů byl využit bezhranolový mód měření.

Měření bylo zpracováno v softwaru Groma v. 12.0. Proběhlo vyrovnání sítě a následně výpočet podrobných bodů. Zápisníky měření, protokoly o výpočtech i souřadnice nově určených bodů jsou součástí přílohy.

Dále bylo zaměřeno 106 bodů jako reprezentativní výběr pro testování přesnosti podrobných bodů. Přesnost byla posouzena dle ČSN 01 3410. Dosažená výběrová směrodatná souřadnicová odchylka činila 0,03 m a výšková odchylka činila 0,07 m. Kritéria pro třetí třídu přesnosti byla dodržena.

Poslední prací byla tvorba výkresů. Všechny výkresy byly vyhotoveny v programovém prostředí Microstation V8i. Vrstevnice pro účelovou mapu byly vyhotoveny v programu Atlas DMT.

7 Literatura

- [1] Současnost. *Oficiální stránky městyse Havlíčkova Borová* [online]. Galileo, ©2018 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.havlickovaborova.cz/mestys/soucasnost/>
- [2] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.7844261&y=49.6524745&z=11>
- [3] STRÁNSKÁ, JAROSLAVA. *Havlíčková Borová ve svědectví starých pergamenů*. 2006.
- [4] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.7820336&y=49.6316387&z=18&base=ophoto>
- [5] *SOUTH* [online]. [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://www.southsurvey.co.za/S82-2013.html>
- [6] *Geotronics Praha* [online]. ©2016 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://geotronics.cz/geodezie/totalni-stanice/trimble-m3/>
- [7] ŠVÁBENSKÝ, OTAKAR, JOSEF WEIGEL A RADOVAN MACHOTKA. *Seminář GPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení*. Brno, 2007.
- [8] LÁSKA, ZDENĚK, MARTIN TEŠNAR, JAROSLAV SLABÝ A JAN SUKUP. *Globální navigační satelitní systémy a jejich využití v praxi*

-
- [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z:
http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_08_1009.pdf
- [9] NEVOSÁD, ZDENĚK A JOSEF VITÁSEK. *Geodézie III*. Brno, 2005.
- [10] *GROMA* [online]. ©2017 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z:
<https://www.groma.cz/cz/>
- [11] VONDRÁK, Jiří. *Geodézie II: Geodetická cvičení II*. Brno, 2004.
- [12] ČSN 01 3410: *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

8 Seznam použitých zkratk

ČÚZK	Česky úřad zeměměřický a katastrální
GNSS	Globální navigační systémy
RTK	Real time kinematic
VRS	virtuální referenční stanice
ČSN	Česká státní norma
ETRS-89	Evropský terestrický referenční systém
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání

9 Seznam obrázků

Obr. 1	Lokalizace	11
Obr. 2	Pohled na Havlíčkovu Borovou	12
Obr. 3	Kostel sv. Víta, pohled z jihu	13
Obr. 4	Mapovaný areál	14
Obr. 5	Přijímač SOUTH S82	15
Obr. 6	Totální stanice Trimble M3	16
Obr. 7	Pomocná měřická síť	17
Obr. 8	Výpočet rajonu	19
Obr. 9	Kódová tabulka - ukázka	21
Obr. 10	Vyrovnaná síť včetně středních elips chyb	23
Obr. 11	Ukázka zápisníku z měření	24
Obr. 12	Prostředí programu Microstation V8i	29

10 Seznam tabulek

Tab. 1	Vyrovnané souřadnice a výšky, střední chyby vyrovnaných bodů	23
Tab. 2	Kritéria přesnosti	25
Tab. 3	Výsledky testování přesnosti souřadnic podrobných bodů	27
Tab. 4	Výsledky testování přesnosti výšek podrobných bodů	28

11 Seznam příloh

01_GNSS

- 01.1_ Zapisník (digitálně)
- 01.2_Protokol_GNSS (digitálně)
- 01.3_Zapisník_testování_přesnosti (digitálně)
- 01.4_Protokol_GNSS_testování_přesnosti (digitálně)

02_Zápisníky

- 02.1_Zápisník_polohopis (digitálně)
- 02.2_Zápisník_pohledy (digitálně)
- 02.3_Zápisník_testování_přesnosti (digitálně)

03_Protokoly

- 03.1_Vyrovnání_sítě (digitálně)
- 03.2_Podrobné_body_polohopis (digitálně)
- 03.3_Podrobné_body_pohledy (digitálně)
- 03.4_Testování_přesnosti (digitálně)

04_Seznamy_souřadnic

- 04.1_Pomocná_měřická_síť (digitálně)
- 04.2_Podrobné_body_polohopis (digitálně)
- 04.3_Podrobné_body_pohledy (digitálně)
- 04.4_Testování_přesnosti (digitálně)

05_Přehledné_náčrty

- 05.1_Pomocná_měřická_síť (digitálně i papírově)
- 05.2_Kontrolní_body (digitálně i papírově)

06_Testování_přesnosti**06.1_Testování_XY (digitálně)****06.2_Testování_H (digitálně)****07_Mapy****07.1_Mapy (digitálně i papírově)****07.2_Body (digitálně)****07.3_Tabulka_atributů (digitálně)****07.4_Tabulka_kódů (digitálně)****08_Pohledy****08.1_Severní_pohled (digitálně i papírově)****08.2_Jižní_pohled (digitálně i papírově)****08.3_Východní_pohled (digitálně i papírově)****08.4_Západní_pohled (digitálně i papírově)****09_Fotofokumentace****Datové soubory**