

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

DOKUMENTACE KOSTELA V DOLNÍCH VĚSTONICÍCH

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA'S THESIS

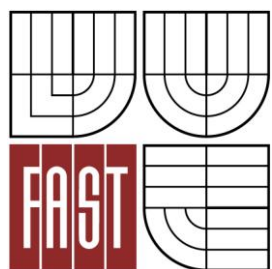
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA KOVÁŘOVÁ

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

DOKUMENTACE KOSTELA V DOLNÍCH VĚSTONICÍCH

DOCUMENTATION OF THE CHURCH IN THE DOLNÍ VĚSTONICE VILLAGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA KOVÁŘOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM KRATOCHVÍL, Ph.D.

BRNO 2014

Abstrakt v českém jazyce

Cílem této práce je vytvoření dokumentace kostela sv. Michaela archanděla v Dolních Věstonicích, která obsahuje polohopisnou situaci objektu, výkres prvního nadzemního podlaží, příčný a podélný svislý řez a venkovní pohledy na fasádu objektu. V textové části práce je popsán objekt, jeho umístění a chronologický postup veškerých činností. V kapitole přípravné práce je popis rekognoskace stávajícího bodového pole, vytvoření sítě pomocných bodů pro měření a příprava náčrtů. V další části jsou popsány metody, kterými byly polohově i výškově zaměřeny pomocné i podrobné body. Dále následuje kapitola kancelářské práce, která zahrnuje popis veškerých výpočtů a vyhotovení jednotlivých výkresů. V závěru je shrnutí výsledků a popsána možnost dalšího použití vyhotovené dokumentace. Veškeré výkresy, protokoly o výpočtech a testování přesnosti podrobných bodů se nacházejí v přílohách.

Abstrakt v anglickém jazyce

The purpose of this thesis is the creation of documentation of the St. Michael the Archangel church in Dolní Věstonice village, which includes topographic situation of the object, drawing of the first floor, vertical and longitudinal sections and outdoor views of the façades. The church, its location and chronological description of all activities is included in the text of the thesis. Chapter named Preparatory work describes reconnaissance of current point field, creation of network of extra points for measuring and sketches preparation. The next section describes the methods used for positional and height measurement of detailed and assist points. The following chapter entitled Office work includes description of all the calculations and the making of individual drawings. The summary of results and the possibility of future use of the created documentation is described in the end of this thesis. All drawings, calculations reports and the accuracy testing of detailed points are found in the annexes.

Klíčová slova v českém jazyce

kostel, dokumentace, měření, výpočet souřadnic

Klíčová slova v anglickém jazyce

church, documentation, measuring, calculate of the coordinates

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Anna Kovářová *Dokumentace kostela v Dolních Věstonicích*. Brno, 2014. 56 s., 88 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Radim Kratochvíl, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 30.5.2014



.....
podpis autora
Bc. Anna Kovářová

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Radimovi Kratochvílovi, Ph.D. za rady, připomínky a podněty k vedení této práce. Dále děkuji pracovníci Národního památkového ústavu Mgr. Petře Dohnalové za výběr zpracovávaného objektu, manželům Potomovým za každodenní zapůjčování klíčů od kostela v době měření a Bc. Gabriele Slezákové za spolupráci při zaměřování objektu. V neposlední řadě děkuji Ing. Josefovi Vémolovi za konzultace k stavebním výkresům.

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	PŘEDSTAVENÍ OBJEKTU.....	17
2.1	Umístění objektu.....	17
2.2	Historie objektu	17
2.3	Popis objektu	19
3	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	23
3.1	Rekognoskace stávajícího bodového pole.....	23
3.2	Rekognoskace objektu	23
3.3	Podklady pro tvorbu náčrtů	23
3.4	Volba měřických metod	24
3.5	Volba přístrojů.....	24
3.6	Návrh stabilizace pomocných bodů	25
4	MĚŘICKÉ PRÁCE	27
4.1	Polohové určení pomocných bodů.....	27
4.1.1	Metoda určování souřadnic metodou GNSS	27
4.1.2	Metoda polygonových pořadů	28
4.1.3	Metoda rajónu	30
4.2	Výškové určení pomocných bodů.....	30
4.3	Technická nivelace.....	31
4.4	Trigonometrické určování výšek	32
4.5	Zaměření podrobných bodů.....	33
4.6	Kontrolní měření.....	33
5	VÝPOČETNÍ PRÁCE.....	35
5.1	Výpočet přesnosti bodů určených metodou GNSS.....	36
5.2	Výpočet souřadnic pomocných bodů.....	37
5.2.1	Výpočet výšek pomocných bodů	37
5.2.2	Výpočet předběžných souřadnic pomocných bodů.....	37
5.2.3	Vyrovnání sítě	37
5.3	Výpočet souřadnic podrobných bodů	38
5.4	Testování přesnosti podrobných bodů	38
5.4.1	Testování polohy identických bodů	38
5.4.2	Testování výšek identických bodů.....	39
5.4.3	Testování relativní přesnosti bodů	39
6	KRESBA.....	41
6.1	Geodetické údaje pomocných bodů	41
6.2	Přehledný náčrt bodového pole	41
6.3	Výkres polohopisné situace.....	41

6.4	Stavební výkresy	43
6.4.1	Pohledy na průčelí kostela.....	43
6.4.2	Půdorys 1 NP.....	43
6.4.3	Svislé řezy	44
7	ZÁVĚR.....	45
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	47
9	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	49
10	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	51
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	53
12	SEZNAM PŘÍLOH	55

1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je zaměření kostela svatého Michaela archanděla v Dolních Věstonicích a vytvoření jeho dokumentace pro Národní památkový ústav. Tato dokumentace zahrnuje situaci okolí kostela, půdorys prvního nadzemního podlaží, příčný a podélný řez a venkovní pohledy na fasádu objektu. Rozsah dokumentace byl stanoven na základě dohody s Mgr. Petrou Dohnalovou, která je pracovnící Národního památkového ústavu. Veškeré souřadnice z geodetického zaměření jsou uvedeny v systémech závazných pro Českou republiku podle nařízení vlády č. 430/2006 Sb., a to pro polohové souřadnice systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a pro výšky bodů Výškový systém baltský – po vyrovnání (Bpv).

Měření probíhalo v srpnu 2013 se vzájemnou výpomocí Bc. Gabriely Slezákové, která zpracovávala diplomovou práci na obdobné téma v blízkém Pavlově. Doprava na lokalitu probíhala denně z Brna z důvodu dobré dostupnosti a vlakového i autobusového spojení. Veškeré měřické pomůcky byly zapůjčeny Ústavem geodézie Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně.



Obr. 1.1: Pohled na kostel sv. Michaela archanděla v Dolních Věstonicích ze západu

2 PŘEDSTAVENÍ OBJEKTU

2.1 Umístění objektu

Kostel svatého Michaela archanděla se nachází v obci Dolní Věstonice v okrese Břeclav v Jihomoravském kraji. Obec leží asi 33 km jižně od Brna v těsné blízkosti Střední Věstonické vodní nádrže, která je součástí soustavy nádrží Nové Mlýny.

První zmínky o obci jsou z roku 1312. Za doby Velkomoravské říše zde sídlili Slované. V té době vedla okolím důležitá obchodní stezka. Od 13. století byla obec osidlována německými kolonisty. V roce 1460 byla ves povýšena na městečko s právem trhu. Dalším významným mezníkem pro obec byl rok 1619, kdy se v její blízkosti odehrála bitva moravských stavů s císařskými vojsky, kterou Moravané vyhráli. Na počátku 16. století obec osídlili Habáni. Vesnice je známá zejména díky archeologickým výzkumům, které zde probíhaly v roce 1925, při nichž byla nalezena soška Věstonické venuše. Nálezy nejstarší tkané textilie a keramiky pálení z hlíny i popela dokládají vznik nejstarších uměleckých tradic člověka z doby ledové. [1]

Kostel stojí na návsi a od okolní zástavby jej dělí ze všech stran silnice. Spadá pod Římskokatolickou farnost Dolní Věstonice, Děkanát Mikulov, diecézi brněnskou. [2]



Obr. 2.1: Poloha obce Dolní Věstonice na mapě České republiky



Obr. 2.2: Letecký pohled na kostel v Dolních Věstonicích [27]

2.2 Historie objektu

První zmínka o kostelu pochází z roku 1359, jedná se o gotickou západní část kostela s hranolovou věží, ve které je umístěn zvon z roku 1545. Kostel prošel mnoha přestavbami a získal mnoho renesančních a barokních prvků. V roce 1742 kostel nabyl současného vzhledu díky přístavbě většího barokního presbytáře. [3]



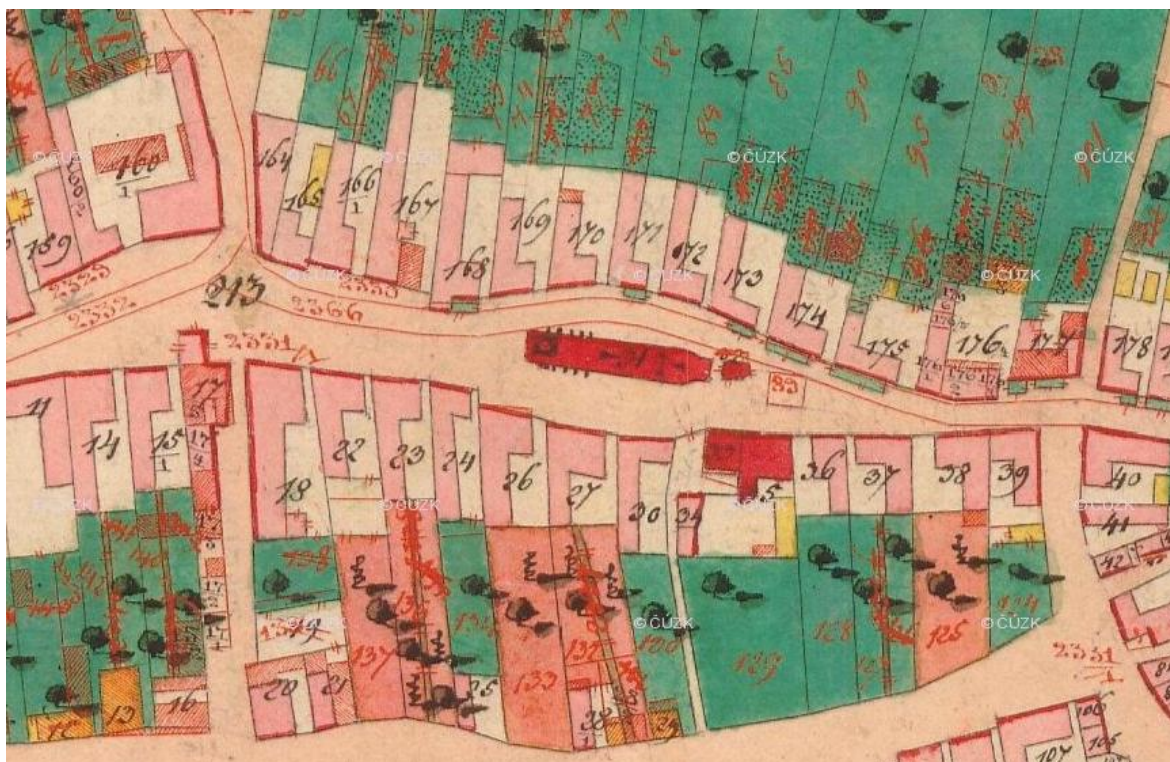
Obr. 2.3: Malba návsi v Dolních Věstonicích z roku 1925 [4]



Obr. 2.4: Historická fotografie kostela z roku 1915 [4]



Obr. 2.5: Historická fotografie kostela z roku 1955 [4]



Obr. 2.6: Pohled na náves – mapa stabilního katastru, císařský otisk, mapováno 1825 [5]

2.3 Popis objektu

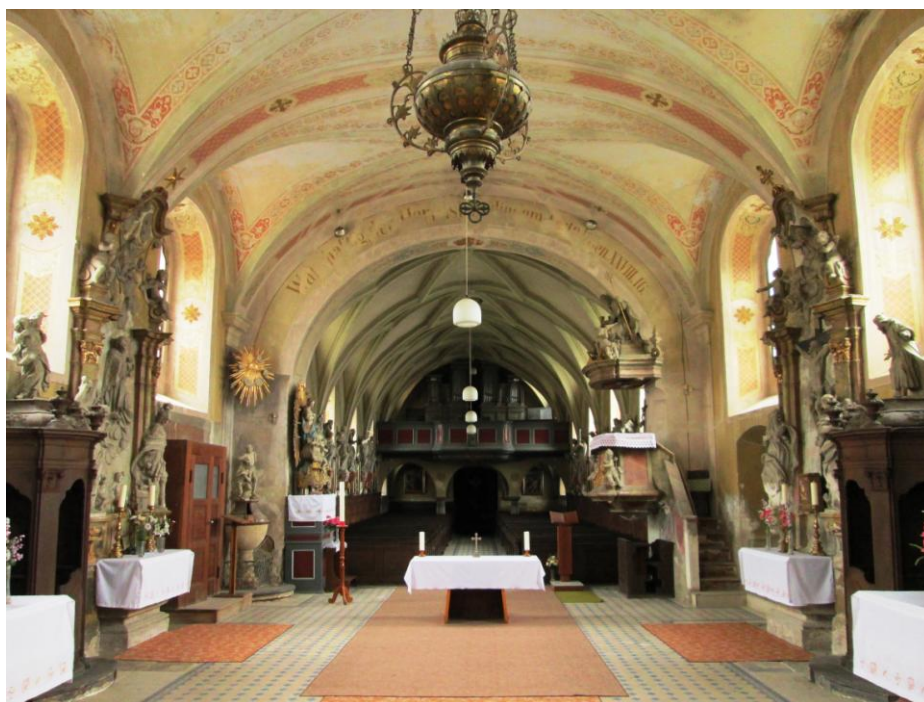
Starší západní část se vyznačuje vysokou hranolovou věží zakončenou renesančním ochozem a jehlancovou střechou. Nachází se na ní tři ciferníky s hodinami. Tato část má menší okna s obloukovým nadpražím a opěráky. V roce 1581 byla dokončena věž, opěrný systém a také žebrová síťová klenba v kostele. [3][7]



Obr. 2.7: Pohled na kostel z jihovýchodu [6]

Gotický presbytář byl zbořen a ve 20. letech 18. století jej nahradil presbytář barokní, který je zakončen půlkruhově a náleží mu velká kasulová zdobená okna. Za presbytářem je přistavěna malá čtvercová sakristie. Tato práce je připisována vídeňskému architektovi Christianu Alexandru Oedtlovi.

V západní části interiéru kostela se nachází žebrová síťová klenba a na zděných konzolách sochy dvanácti apoštolů. V lodi kostela jsou umístěny 4 propracované oltáře pokryté štukem a celý presbytář je zakončen monumentálním sousoším archanděla Michaela. Později bylo do zádveří kostela umístěno monumentální kamenné sousoší. Sochařské zařízení kostela vytvořil Ignác Lengelacher ve 2. čtvrtině 18. století. Kromě vybavení kostela vytvořil v roce 1724 také plastiku Panny Marie s Ježíškem umístěnou za budovou. [3][7]



Obr. 2.8: Interiér – pohled od hlavního oltáře ke vstupu



Obr. 2.9: Interiér – pohled na okna s půlkruhovým nadpražím a sochy apoštolů



Obr. 2.10: Žebrová síťová klenba



Obr. 2.11: Pohled na hlavní oltář

3 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

3.1 Rekognoskace stávajícího bodového pole

Nejprve byly na internetových stránkách Českého úřadu zeměměřického a katastrálního vyhledány informace o stávajícím bodovém poli v zadané lokalitě. Střed makovice kostela sv. Michaela archanděla je trigonometrický bod 14, který má dva zajišťovací body. Tyto zajišťovací body, ani žádný bod PPBP, nebyly nalezeny.

Vyhledávání nivelačních bodů bylo úspěšnější. Přímo na kostele sv. Michaela archanděla se nachází bod Pd3-29.2. Jižně od kostela leží bod Pb3-29.1, tento bod nebyl pro práci použit, jelikož je hloubkově stabilizován 7,9 m pod zemí a lze použít pouze se svolením Zeměměřického úřadu. Další nejbližší nivelační body byly nalezeny na rodinném domě přibližně 160 m západně od kostela. Jde o body Pd3-30 a Pd3-30.1. [8] Rozmístění nivelačních bodů je znázorněno na obr. 3.1.



Obr. 3.1: Umístění nalezených nivelačních bodů na leteckém snímku [27]

3.2 Rekognoskace objektu

Po ohledání kostela bylo dohodnuto s pracovníci NPÚ, že bude zpracován půdorys 1 NP kostela, podélný a příčný svislý řez a pohledy na průčelí kostela. Byla provedena podrobná fotodokumentace interiéru i exteriéru kostela.

3.3 Podklady pro tvorbu náčrtů

Dalším krokem přípravných prací bylo vyhotovení podkladů pro tvorbu náčrtů. Náčrty venkovních pohledů na průčelí kostela, pro zakreslování podrobných bodů, byly vyhotoveny na formátu A4. Pro východní a západní pohled pokaždé na jeden papír uvedeného formátu, pro severní a jižní pohled vždy po dvou papírech formátu A4 situovaného na šířku. V náročnějších částech byly zakresleny i detaily. V interiéru kostela

bylo kromě tří náčrtů na formátu A4 využito i fotografií, do kterých byly přímo zakreslovány podrobné body.

Dále byly provedeny náčrty okolí pomocných bodů pro tvorbu místopisů.

3.4 Volba měřických metod

Z důvodu nenalezení bodů stávajícího bodového pole bylo rozhodnuto, že 4 body budou zaměřeny metodou GNSS. Tyto body slouží k připojení celé měřené sítě do státního systému JTSK. K propojení těchto bodů bylo použito obousměrně připojených a oboustranně orientovaných polygonových pořadů. K zahuštění této sítě pomocných bodů bylo použito ještě metody rajónu.

Zaměřování podrobných bodů probíhalo polární metodou.

Pro určení výšek byla zvolena metoda technické nivelace. Toto měření bylo použito na bodech určených metodou GNSS kvůli vyšší přesnosti. Pro ostatní pomocné a podrobné body byla použita metoda trigonometrického určování výšek.

3.5 Volba přístrojů

Měření pomocí technologie GNSS bylo provedeno GNSS přijímačem Leica GX 1230 GG a GNSS anténou AX 1202 GG na tyči.

Pro výškové zaměření pomocných bodů a ověření nivelační značky byl použit nivelační přístroj Sokkia C40.

Všechna ostatní měření pomocných i podrobných bodů byla provedena pomocí totální stanice TOPCON GPT 3003N, jejíž úhlová přesnost je 1,0 mgon a délková přesnost pro měření s hranolem je 3mm + 2 ppm a bezhranolový mód 5 + 2 ppm do vzdálenosti 25 m. [9]

Pro měření délek a oměrných měr bylo nejčastěji používáno pásmo, ale v několika případech byl použit ruční dálkoměr STABILA LE 50, jehož přesnost je ± 3 mm.



Obr. 3.2: Použité měřické přístroje – zleva totální stanice TOPCON GPT 3003N [10], GNSS aparatura Leica GX 1230 GG s GNSS anténou [11], nivelační přístroj SOKKIA C40 [12], ruční dálkoměr Stabila LE 50 [13]

3.6 Návrh stabilizace pomocných bodů

Body v okolí kostela, které byly umístěny na zpevněném povrchu, byly stabilizovány měřickými hřeby. Pro body na nezpevněném povrchu byly připraveny roxory (pro přípojovací body) a dřevěné kolíky. Body v interiéru kostela byly stabilizovány pouze rohy dlažby, aby nedošlo k poškození interiéru.



Obr. 3.3: Dočasná stabilizace v interiéru kostela

4 MĚŘICKÉ PRÁCE

Jelikož v České republice není žádný platný předpis pro zaměřování památkových objektů, bylo postupováno s přihlédnutím k Návodu na obnovu katastrálního operátu [14].

4.1 Polohové určení pomocných bodů

Souřadnice pomocných bodů lze určit [14]

- staničením na měřických přímkách mezi body polohových bodových polí a pomocnými body,
- rajóny,
- pomocnými polygonovými pořady,
- protínáním ze směrů nebo z délek,
- volným polárním stanoviskem,
- technologií GNSS,
- plošnými sítěmi.

Kolem kostela v Dolních Věstonicích byla vytvořena plošná síť, jejíž body byly zaměřeny pomocí polygonových pořadů, rajonů a technologií GNSS.

4.1.1 Metoda určování souřadnic metodou GNSS

Jde o systémy použitelné v každém čase téměř na kterémkoliv místě zeměkoule, které slouží například k zeměpisné orientaci za použití umělých družic Země.

Celá struktura GNSS se dělí do tří složek:

- **řídící segment**, který zahrnuje stanice rozmístěné po zemském povrchu, ty koordinují funkci celého systému, monitorují družice, udržují systémový čas a provádí korekce v drahách družic,
- **kosmický segment**, který zahrnuje samotné umělé družice, jejichž poloha je kontinuálně určována v jednotné celosvětové geocentrické soustavě,
- **uživatelský segment**, který zahrnuje pozemní přijímače schopné přijímat a zpracovávat družicové signály.

V dnešní době se používají družice GPS, které spravuje ministerstvo obrany USA, a družice ruského systému GLONASS. [15]

Pro zaměřování se používají metody:

- statická,
- rychlá statická,
- stop & go,
- kinematická,
- RTK.

Pro zaměření bodů 4001 – 4004 byla zvolena metoda RTK, což je metoda založená na měření souřadnic v reálném čase. Díky příjmu internetu přijímačem byla využita služba VRS3-MAX, kterou poskytuje síť CZEPOS. Tato služba virtuální referenční stanice

spočívá v tom, že systém umístí automaticky vytvořenou imaginární referenční stanici v měřené lokalitě. Využívá se výpočtu korekcí dat síťovým řešením, tedy z více stanic CZEPOS. [16] Uživatel dostává korekce v reálném čase. Při zakládání zakázky v přístroji byl zvolen globální transformační klíč CZ JT 13, který slouží pro převod z ETRS 89 do S-JTSK.

Souřadnice každého bodu byly učeny nezávisle dvakrát a byl dodržen minimální počet viditelných družic, což jsou 4 družice (u RTK 5 družic). Nezávislost měření byla zajištěna dodržením minimálního časového odstavu dvou měření, který je jedna hodina. [17]

Body zaměřené touto metodou byly použity jako připojovací body a sloužily k připojení zaměřované lokality do S-JTSK. Veškerá další měření navazovala na tyto body. Body 4002 a 4004 byly použity pouze jako orientace.



Obr. 4.1: Zaměřování bodu 4003 metodou RTK technologií GNSS



Obr. 4.2: Zaměřování bodu 4004 technologií GNSS

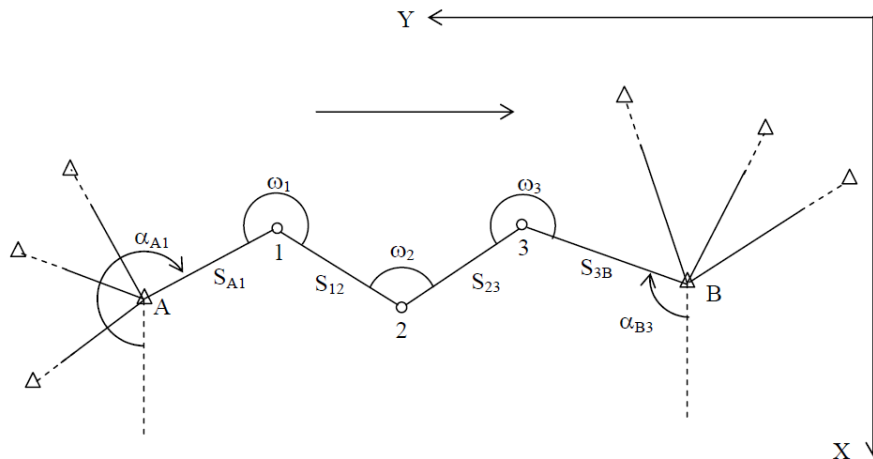
4.1.2 Metoda polygonových pořadů

Polygonový pořad je průmět prostorové lomené čáry do roviny. Na jednotlivých bodech polygonu jsou zaměřovány osnovy směrů, z nichž se vypočtou vrcholové úhly. Délky stran jsou měřeny vždy tam i zpět mezi jednotlivými body. [18] Polygonové pořady jsou děleny na:

- polygonové pořady obousměrně připojené a oboustranně orientované,
- polygonové pořady obousměrně připojené a jednostranně orientované,
- polygonové pořady vetknuté,
- polygonové pořady jednostranně připojené a jednostranně orientované,

- polygonové pořady uzavřené s orientací na počátečním bodě,
- polygonové pořady uzavřené neorientované.

Polygonové pořady v této práci byly zaměřovány jako polygonové pořady obousměrně připojené a oboustranně orientované. U této metody musí být známy souřadnice počátečního a koncového bodu pořadu i souřadnice orientačních bodů. Za známé body byly považovány body zaměřené technologií GNSS. Princip měření obousměrně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu je znázorněn na obr. 4.3.



Obr. 4.3: Obecný princip polygonového pořadu obousměrně připojeného a oboustranně orientovaného [18]

Každý polygonový pořad má mít maximálně 15 nových bodů. Minimální délka strany polygonového pořadu by neměla klesnout pod 50 m. [10] Z důvodu malého rozsahu zaměřovaného území a snahy rozmístění pomocných bodů tak, aby se daly účelně použít pro zaměření bodů podrobných, nebyla tato mezní hodnota dodržena a délka stran se pohybuje mezi 23,613 m – 42,937 m u venkovních polygonových pořadů a u vnitřního 13,153 – 23,6129 m při vzdálenostech orientací 212,289 m a 243,306 m.

Metodou polygonového pořadu obousměrně připojeného a oboustranně orientovaného bylo změřeno 8 bodů a to 4005 – 4012. Za počáteční a koncový bod byly považovány body 4001 a 4003 a orientováno bylo na body 4002 a 4004, všechny určené metodou GNSS. Celkem vznikly tři polygonové pořady. Dva z nich obepínají kostel ze severní a jižní strany a třetí prochází interiérem kostela. Rozmístění pomocných bodů je znázorněno v příloze č. 8.

Polygon na severní straně kostela obsahuje dva nově určené pomocné body, jižní polygon má také dva nově určené pomocné body a polygon procházející interiérem kostela obsahuje 4 nově určené pomocné body. Všechny polygony mají stejný počáteční a koncový bod. Bod 4008 byl započítán jako polygonový bod pro jižní i interiérový polygon.

Zaměřování bodů polygonu probíhalo obousměrně ve dvou polohách dalekohledu. Úhly byly měřeny v jedné skupině. Cíleno bylo na hrot zrcadla. V případech kdy tento hrot

nebylo vidět, bylo cíleno co nejnižše pod zrcadlo. Fyzikální redukce byly zaváděny v terénu zadáním teploty, tlaku a konstanty hranolu do totální stanice.

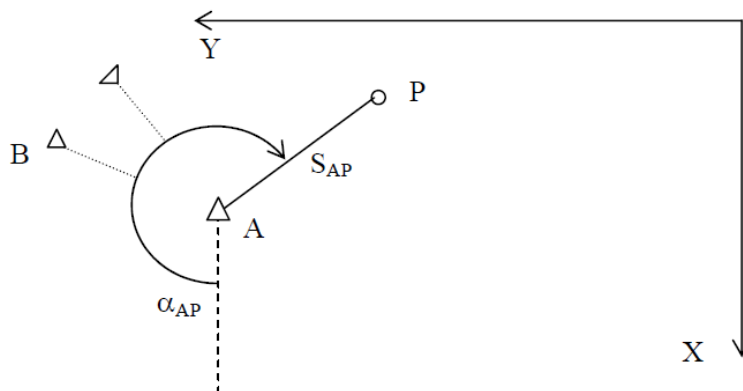
Z důvodu stísněného místa kolem kostela nebylo měřeno na trigonometrický bod 14 a tím pádem tento bod ani nebyl zahrnut do pozdějšího zpracování a vyrovnání sítě. Záměry ze všech bodů polygonu na tento bod, pokud by vůbec bylo možno cílit, by byly velmi strmé.

4.1.3 Metoda rajónu

Metodou rajónu je rozuměna orientovaná a délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu. [18]

Délka rajónu nesmí přesáhnout 1000 m a zároveň nesmí být jeho délka větší než 1/3 délky měřické přímky, ani větší než délka k nejbližšímu orientačnímu bodu. Nejvýš na sebe mohou navazovat tři rajóny a jejich celková vzdálenost nesmí přesáhnout 250 m. [14]

Obecné schéma rajónu je zobrazeno na obr. 4.4.



Obr. 4.4: Obecný princip rajónu [18]

Touto metodou bylo zaměřeno šest pomocných bodů 5001 – 5006. Za známé body byly považovány body zaměřené metodou polygonových pořadů. Záměry na tyto body byly měřeny ve dvou polohách dalekohledu. Úhly byly měřeny v jedné skupině. Cíleno bylo na hrot zrcadla nebo co nejnižše. Fyzikální redukce byly zaváděny v terénu.

4.2 Výškové určení pomocných bodů

Výšky mohou být zaměřovány pomocí

- geometrické nivelace
 - o technické nivelace
 - o přesné nivelace
 - o velmi přesné nivelace
 - o zvláště přesné nivelace
- trigonometrického určení výšky
- měření GNSS

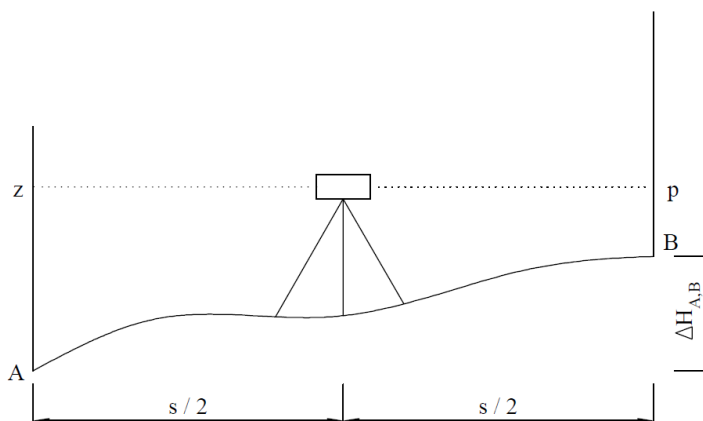
- hydrostatické nivelace
- barometrického měření výšek

Pro zjištění výšek bodů 4001 a 4003, které byly zaměřeny technologií GNSS, byla použita i technická nivelace. Pro další práce byla u těchto bodů použita hodnota naměřená technickou nivelací, kvůli její vyšší přesnosti. Na ostatní body byla výška měřena pomocí trigonometrie.

4.3 Technická nivelace

Technická nivelace je nejběžnější nivelační metodou pro běžně prováděné technické práce. Pro zaměřování v Dolních Věstonicích byla použita technická nivelace, která je založena na určení převýšení mezi dvěma body. Jedna obecná sestava technické nivelace je znázorněna na obr. 4.5.

Střední chyba na 1 km obousměrně měřené nivelace nesmí přesáhnout hodnotu $m_0 \leq 5$ mm. Délka záměr by neměla přesáhnout 80 m, ideálně by měly záměry dosahovat délky 40 – 50 m. Výška záměry by neměla klesnout pod 0,3 m nad terén.



Obr. 4.5: Obecný princip geometrické nivelace ze středu (A, B - měřené body; s – vodorovná délka; z – záměra vzad; p – záměra vpřed; $\Delta H_{A,B}$ – převýšení mezi body A a B)

Základním kritériem přesnosti je mezní odchylka, která se pro zvýšenou přesnost technické nivelace vypočítá podle vzorce $\Delta_n = 20 \cdot \sqrt{R}$, kde R je délka nivelačního pořadu v kilometrech. Tato mezní odchylka je mezi naměřeným a skutečným převýšením. Pokud převýšení vyhovuje mezní odchylce, jsou o tuto chybu opraveny hodnoty v nivelačním zápisníku. Současně musí převýšení vyhovovat mezní odchylce $\Delta h = 0,67 \cdot 20 \cdot \sqrt{R}$ mezi dvakrát měřeným převýšením. [19]

Před samotným zaměřením výšek bodů 4001 a 4003 bylo provedeno ověření bodu Pb3-29.1 ležícího přímo na kostele sv. Michaela archanděla, který byl považován za výchozí výškový bod pro další měření.

Ověřovací měření bylo provedeno pomocí technické nivelace na bod Pd3-30.1. Toto měření bylo prováděno tam a zpět. Porovnání naměřeného převýšení, rozdílu výšek nivelačních bodů, zjištěných z internetových stránek ČÚZK, a mezních odchylek je

uvedeno v tab. 4.1. Rozdíl mezi jednotlivými převýšeními nepřekročil mezní odchylku, což svědčí o stabilitě bodů a správnosti evidovaných nadmořských výšek. Z toho vyplynulo, že bod Pd3-29.1 lze použít pro určení výšek jiných bodů.

měření	naměřená odchylka [m]	skutečné převýšení mezo ověřovanými body [m]	rozdíl odchylek naměřených tam a zpět [mm]	porovnání	mezní odchylka dvakrát měřeného převýšení [mm]	rozdíl mezi naměřeným a skutečným převýšením [mm]	porovnání	mezní odchylka [mm]
tam	0,713	0,714	1	<	5	1	<	8
zpět	-0,712	-0,714		✓		-2	<	9

Tab. 4.1: Přehled výsledků při ověřovacím měření

Orientacím 4002 a 4004 byly ponechány výšky z měření metodou GNSS a na body 4001 a 4003 byly výšky napojeny z ověřeného bodu Pd3-29.1 pomocí technické nivelace. Měření bylo provedeno tam a zpět uzavřeným nivelačním pořadem. Mezní odchylka byla počítána stejně jako při ověřovacím měření, její hodnota nebyla překročena, jak je znázorněno v tab. 4.2.

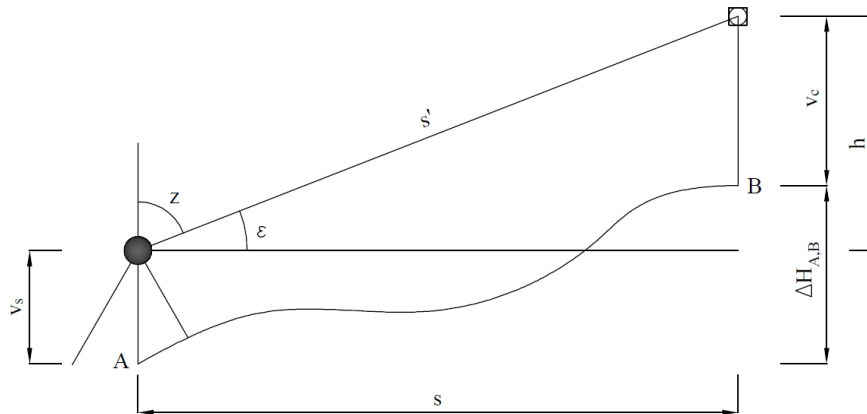
měření	naměřená odchylka [mm]	rozdíl odchylek naměřených tam a zpět [mm]	porovnání	mezní odchylka dvakrát měřeného převýšení [mm]	průměr z měření tam a zpět [mm]	porovnání	mezní odchylka [mm]
tam	1	4	<	6	-1	<	9
zpět	-3		✓			✓	

Tab. 4.2: Porovnání mezních odchylek při měření technické nivelace

Střední sestavy pro postavení přístroje a tím pádem i celé délky sestav byly odhadovány krokováním. Délky záměr se pohybují v rozmezí 10,5 m – 27,0 m, u ověření 7,5 m – 22,5 m a žádné čtení nekleslo pod 0,3 m. Zápis byl veden ručně na papírový formulář zápisníku pro technickou a plošnou nivelaci, který je doložen v příloze č. 2.1.

4.4 Trigonometrické určování výšek

Trigonometrické měření výšek je další z často používaných metod pro zaměření výšky. Metoda je založena na výpočtu převýšení ze známé vzdálenosti a měřeného zenitového úhlu alespoň na jednom z obou bodů. Přesnost převýšení, hlavně na velké vzdálenosti – několik set metrů, závisí především na chybě zenitového úhlu a na znalosti refrakčního úhlu. Chyba se zmenšuje při oboustranném měření zenitových úhlů. [19] Princip je znázorněn na obr 4.6.



Obr. 4.6: Princip trigonometrického určení výšky (A,B - měřené body; v_s - výška stroje; v_c - výška cíle; z - zenitový úhel; e - výškový úhel; s - vodorovná délka; s' - šikmá délka; h - převýšení mezi horizontem stroje a cílem; $\Delta H_{A,B}$ - převýšení mezi body A a B)

Metodou trigonometrického určení výšek byly zaměřeny výšky pomocných bodů polygonových pořadů 4005 – 4012 a veškeré výšky rajónů v rámci polohového měření.

4.5 Zaměření podrobných bodů

Podrobné body jsou nejčastěji zaměřovány metodou polání nebo technologií GNSS. [14]. Pro kresbu situace byly měřeny podrobné body v okolí kostela polární metodou převážně pomocí odrazného hranolu - zaznamenával se průběh komunikace, chodníku, domy a jejich vstupy, nadzemní vedení inženýrských sítí, stromy a samozřejmě průnik zdiva kostela s terénem. Kvůli venkovním pohledům na fasádu kostela se podrobně zaměřovaly fasády kostela a to pomocí totální stanice v režimu pasivního odrazu. V interiéru kostela byly zaměřeny další body pro zakreslení půdorysu a také byly zaměřeny klenby, aby mohly být správně znázorněny i výškově v řezech. Byly zaměřovány i objekty nad rámec běžného půdorysu a to například body oltářů a kazatelny. Pro zaměřování v interiéru se převážně používalo měření pomocí pasivního odrazu.

Podrobné body byly zaměřovány z pomocných bodů v rámci tvorby polygonového pořadu. Všechny podrobné body byly zaměřeny polární metodou v jedné poloze dalekohledu, výšky trigonometricky také v jedné poloze. Vzdálenost bodů od stanoviska nepřekročila 1,5 násobek délky k nejbližší orientaci. Naměřené údaje byly registrovány do paměti totální stanice (příloha č. 2.2).

Číslování bodů bylo rozděleno podle jejich umístění. Venkovní body kostela a body účelové mapy byly číslovány kontinuálně od 1 do 1849, body v interiéru kostela byly číslovány od 2001 - 3433. Celkem tedy bylo změřeno 3281 podrobných bodů.

4.6 Kontrolní měření

Posledním bodem měřických prací bylo zaměření kontrolních měř pomocí pásma nebo ručního dálkoměru STABILA LE 50. Tyto míry byly přeměřeny v exteriéru i interiéru kostela mezi jednoznačně určitelnými body zaměřenými polární metodou. Takových délek bylo získáno 192. Mezi kontrolní měření patří také zaměření jednoznačně

identifikovatelných podrobných bodů polární metodou z jiného stanoviska. Těchto identických bodů bylo zaměřeno 202. Veškeré hodnoty získané kontrolním měřením byly použity pro testování přesnosti podrobných bodů, podrobně popsáno v kapitole 5.4.

5 VÝPOČETNÍ PRÁCE

Jelikož byly zápisníky zaznamenávány především elektronicky přímo v totální stanici, bylo prvním bodem kancelářských prací stažení těchto dat pomocí programu Geoman. Při stahování dat nebyly zavedeny žádné korekce.

Pro výpočet téměř všech hodnot v této práci byl využit program GROMA verze 8.0. Výjimkou v těchto výpočtech jsou body určené metodou GNSS a výpočet výšek u bodů 4001 a 4003, které byly měřeny technickou nivelací.

Program GROMA je geodetický systém, který je určen ke komplexnímu zpracování surových geodetických dat přenesených z totální stanice. [20] Před samotnými výpočty bylo v programu nastaveno číslování bodů – tedy předčíslení zájmového katastrálního území, kód kvality bodů, přibližné souřadnice zadané lokality pro redukci délek při převodu do roviny kartografického zobrazení (fyzikální redukce byly zavedeny už při měření v terénu) a přesnost použité totální stanice. Dalším krokem bylo zpracování zápisníku, které zahrnovalo zpracování měření v I. a II. poloze, výpočet převýšení, zpracování obousměrně měřených délek a redukci vodorovných směrů. Tento výpočet nevykázal žádné chybné směry, zenitové úhly ani délky. Celý protokol se nachází v příloze 3.1.

Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Popis
017000014001					1.550	
017000014002	30.5434	99.9998	127.576		1.550	
017000014002	230.5442	300.0044	127.582		1.550	
017000014005	229.2600	99.4154	36.133		1.550	
017000014005	29.2636	300.5950	36.130		1.550	
017000014006	273.4462	99.3872	22.821		1.550	
017000014006	73.4468	300.6258	22.825		1.550	
017000014005					1.526	
017000014001	399.9998	100.5846	36.140		1.550	
017000014001	200.0004	299.4244	36.132		1.550	
017000014007	217.4144	99.4664	33.518		1.550	
017000014007	17.4110	300.5500	33.513		1.550	
017000010001	359.6754	100.4342	18.632		1.550	
017000010004	346.3652	99.4138	14.484		1.550	
017000010005	344.9240	99.2816	13.581		1.550	
017000010007	319.8286	99.1488	11.317		1.550	
017000010008	314.5098	98.8962	11.295		1.550	
017000010009	301.3648	98.6528	11.706		1.550	
017000010010	296.9244	98.4444	11.937		1.550	
017000010011	283.1364	98.6054	12.928		1.550	
017000010012	279.6742	98.6370	13.332		1.550	
017000010013	268.4964	98.6352	14.995		1.550	
017000010014	266.0690	98.9474	15.540		1.550	
017000010019	241.5144	98.8062	27.508		1.550	
017000010020	237.9956	99.1110	30.998		1.550	
017000010021	237.4044	99.0722	31.816		1.550	
017000010198	339.1130	99.2554	13.939		1.550	
017000010199	312.0660	99.4090	12.772		1.550	

Obr. 5.1: Prostředí programu GROMA v.8.0

Vzhledem k tomu, že výpočet souřadnic bodů probíhal před vydáním vyhlášky č. 357/2014 Sb., o katastru nemovitostí (platnost od 1.1.2014) jsou pomocné i podrobné body v seznamu souřadnic a v protokolech o výpočtu číslovány dvanáctimístným kódem, kde první tři čísla představují pořadové číslo katastrálního území v rámci územního obvodu, další číslo je uvnitř územního obvodu nula nebo může znamenat příslušnost bodu do sousedního územního obvodu a pak má hodnotu 1 až 8, další čtyřčíslí je číslo měřického náčrtu a poslední čtyři čísla představují pořadové číslo bodu (1 – 3999 pro podrobné body a čísla nad 4000 pro pomocné body). Nově by body měly být označeny patnáctimístným číslem, kde prvních šest číslic představuje katastrální území, dalších pět čísel zahrnuje číslo měřického náčrtu a poslední čtyři čísla zůstávají číslem bodu.

5.1 Výpočet přesnosti bodů určených metodou GNSS

Souřadnice bodů 4001, 4002, 4003 a 4004, které byly dvakrát měřeny metodou GNSS a výsledky byly známy přímo v terénu, byly vypočteny váženým průměrem. Tento průměr byl přímo vypočten v aparatuře a následně byla tato hodnota překontrolována na základě vzorce $\bar{x} = \frac{[\rho l]}{[\rho]}$, kde l jsou jednotlivé souřadnice polohy anebo výšky a p jsou váhy, které

byly vypočteny pomocí vzorce $p = \frac{1}{m_{x,y}^2}$, kde $m_{x,y}$ je střední souřadnicová chyba. Další charakteristiky přesnosti závisí na opravách [21]. Opravy byly vypočteny podle vzorce $v_i = \bar{x} - l_i$. Další počítané charakteristiky přesnosti:

- aposteriorní střední chyba $m_0 = \sqrt{\frac{[\rho v_i v_i]}{n}}$,
- střední chyba váženého průměru $m_x = \sqrt{\frac{m_0}{[\rho]}}$,
- střední souřadnicová chyba $m_{x,y} = \sqrt{\frac{m_x^2 + m_y^2}{2}}$,
- střední chyba prostorové polohy $m_{x,y,h} = \sqrt{\frac{m_x^2 + m_y^2 + m_h^2}{3}}$.

Body byly určeny s přesností, která odpovídá přesnosti trigonometrických bodů. Přehled středních souřadnicových chyb, středních výškových chyb a střední chyby prostorové polohy jednotlivých bodů je uveden v tab. 5.1.

Číslo bodu	$m_{x,y}$ [mm]	m_h [mm]	$m_{x,y,z}$ [mm]
4001	6,36	18,67	11,96
4002	7,49	20,98	13,57
4003	7,45	18,73	12,41
4004	7,08	19,24	12,52

Tab. 5.1: Přehled středních souřadnicových chyb, středních chyb ve výšce a středních chyb prostorové polohy u bodů měřených technologií GNSS

5.2 Výpočet souřadnic pomocných bodů

5.2.1 Výpočet výšek pomocných bodů

Výpočet výšek bodů 4001 a 4003 byl jako jediný proveden ručně přímo do nivelačního zápisníku (příloha č. 2.1). Posléze byly těmito výškami nahrazeny výšky zjištěné pomocí metody RTK technologie GNSS, kvůli jejich vyšší přesnosti. Výšky ostatních pomocných bodů zaměřené trigonometricky byly vypočteny v programu GROMA v. 8.0 přímo při výpočtu polygonových pořadů.

5.2.2 Výpočet předběžných souřadnic pomocných bodů

Souřadnice pomocných bodů byly počítány v programu GROMA v. 8.0 pomocí tří oboustranně připojených a oboustranně orientovaných polygonových pořadů. Protokol tohoto výpočtu je v příloze č. 3.2.

5.2.3 Vyrovnání sítě

Díky nadbytečnému měření bylo možno provést vyrovnání sítě. Síť byla vyrovnána jako volná s Helmertovou podmínkou připojení. Body 4001, 4002, 4003 a 4004 byly použity jako připojovací body. Z důvodu toho, že na orientacích (body 4002 a 4004) byly výšky bodů určeny pouze metodou GNSS, byla volena Helmertova podmínka u výšek pouze na bodech 4001 a 4003, ostatní výšky byly vyrovnávány jako volné.

Veškeré souřadnice vyrovnaných pomocných bodů jsou uvedeny v souřadnicovém systému S-JTSK a výšky ve výškovém systému Bpv a nacházejí se v příloze č. 4.1. polohové souřadnice jsou uváděny na centimetry, výšky na milimetry. Hodnoty i se střední souřadnicovou chybou a střední chybou výšky jsou uvedeny v tab. 5.2.

Číslo bodu	Souřadnice [m]		$m_{x,y}$	H	m_h	metoda měření výšky
	Y	X	[mm]	[m]	[mm]	
4001	599153,40	1194963,25	3,55	169,672	1,55	nivelace
4002	599280,91	1194958,78	4,25	169,674	-	GNSS
4003	599073,49	1194995,46	4,62	171,042	1,55	nivelace
4004	598904,63	1195033,27	3,59	172,558	-	GNSS
4005	599117,28	1194963,78	4,18	170,018	2,88	nivelace
4006	599085,15	1194973,31	4,61	170,286	2,34	nivelace
4007	599124,93	1194995,39	4,08	169,983	2,40	nivelace
4008	599093,98	1195007,19	4,62	170,668	2,33	nivelace
4009	599084,86	1194989,73	4,77	170,046	2,88	nivelace
4010	599100,01	1194983,15	4,49	169,913	2,96	nivelace
4011	599113,16	1194982,98	4,30	169,717	3,17	nivelace
4012	599136,08	1194978,11	3,91	169,900	2,70	nivelace

Tab. 5.2: Souřadnice, výšky a střední chyby vyrovnaných bodů

5.3 Výpočet souřadnic podrobných bodů

Polohové souřadnice i výšky podrobných bodů byly vypočítány v programu Groma v 8.0 pomocí funkce polární metoda dávkou. Mezní odchylka pro orientaci 0,08 gon byla dodržena u všech bodů. [14] Protokol o výpočtu veškerých podrobných bodů, včetně identických bodů se nachází v příloze č. 3.4. Polohové souřadnice bodů jsou udávány v systému S-JTSK na centimetry a výšky v systému Bpv na milimetry. Seznam souřadnic je v příloze č. 4.2.

5.4 Testování přesnosti podrobných bodů

Geodetické práce prováděné pro dokumentaci skutečného provedení stavby musí odpovídat 2. nebo 3. třídě přesnosti. Pro tuto práci byla pro ověření zvolena 2. třída přesnosti, pro kterou je určena mezní hodnota střední souřadnicové chyby $u_{x,y}=0,08$ m a mezní hodnota stření výškové chyby $u_H=0,07$ m. [23]

5.4.1 Testování polohy identických bodů

Tato varianta testování byla použita pro porovnání souřadnic x a y u jednoznačně identifikovatelných podrobných bodů zaměřených polární metodou z různých stanovisek. Pro tyto body byly nejprve vypočteny souřadnicové rozdíly $\Delta x = x_m - x_k$ a $\Delta y = y_m - y_k$, kde x_m , y_m jsou výsledné souřadnice původního podrobného bodu a x_k , y_k jsou souřadnice stejného podrobného bodu z kontrolního měření.

Přesnost je testována pomocí výběrové souřadnicové chyby $s_{x,y} = \sqrt{0,5 \cdot (s_x^2 + s_y^2)}$, kde s_x ,

s_y jsou stření chyby souřadnic, které se určí ze vztahů $s_x = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta x_j^2}$, $s_y = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta y_j^2}$,

kde N je rozsah bodů a k je koeficient, za který byla dosazena hodnota 2, protože má kontrolní určení podrobného bodu stejnou přesnost jako jeho první určení.

Přesnost je vyhovující, když polohová odchylka Δp , vypočtena ze vztahu $\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ vyhovuje kritériu $|\Delta p| \leq 1,7u_{x,y}$. Současně musí platit, že výběrová střední souřadnicová chyba $s_{x,y}$ vyhovuje kritériu $s_{x,y} \leq s_{x,yDOV} = \omega_{2N}u_{x,y}$, kde ω_{2N} je koeficient, za který byla dosazena hodnota 1,1, protože byla zvolena hladina významnosti $\alpha = 5\%$ a rozsah výběru N je od 100 do 300 bodů. [23]

Testováno bylo celkem 202 podrobných bodů a všechny body vyhovují výše uvedeným podmínkám. Přehled identických bodů včetně vypočtených hodnot je znázorněn v příloze č. 5.2.

Testování polohy identických bodů						
podmínka	počet testovaných bodů	vyhovuje		nevyhovuje		požadovaný podíl vyhovujících
		počet bodů	procenta	počet bodů	procenta	
$ \Delta p \leq 1,7 \cdot u_{x,y}$	202	202	100 %	0	0 %	100%
$s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}$	splněno					✓

Tab. 5.3: Testování polohy identických bodů

5.4.2 Testování výšek identických bodů

Při testování výšek podrobných identických bodů se postupuje obdobně jako při testování jejich polohy. Jako první jsou vypočteny rozdíly výšek podle vzorce $\Delta H = H_m - H_k$, kde H_m je původní výška podrobného bodu a H_k je výška z kontrolního měření. Testuje se pomocí výběrové střední výškové chyby s_H , vypočtené ze vztahu $s_H = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2}$. Za koeficient k byla dosazena hodnota rovna 2, protože kontrolní měření bylo provedeno se stejnou přesností jako původní určení výšek, N je rozsah bodů. Přesnost je považována za vyhovující pokud odpovídá kritériu $|\Delta H| \leq \Delta H_{DOV} = 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$. Současně je potřeba splnit kritérium $s_H \leq s_{HDOV} = \omega_N \cdot u_H$, pro testované body na zpevněném povrchu. Koeficient ω_N byl zvolen 1,1 kvůli zvolené hladině významnosti $\alpha = 5\%$ a počet testovaných bodů je mezi 80 a 500 body. [23]

Testovaná skupina bodů vycházela z bodů testovaných v předchozí kapitole, ale z celkové množiny bodů byly odstraněny body, které neležely na zpevněném povrchu. Do testování výšek identických bodů vstoupilo 161 podrobných bodů. Všechny body vyhovují testování. Výpočty dokládá příloha č. 5.3.

Testování výšek identických bodů						
podmínka	počet testovaných bodů	vyhovuje		nevyhovuje		požadovaný podíl vyhovujících
		počet bodů	procenta	počet bodů	procenta	
$ \Delta H \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$	161	161	100 %	0	0 %	100%
$s_H \leq \omega_N \cdot u_H$	splněno					✓

Tab. 5.4: Testování výšek identických bodů

5.4.3 Testování relativní přesnosti bodů

V této části byla porovnávána vzdálenost bodů vypočtena ze souřadnic podrobných bodů určených polární metodou se vzdáleností zaměřenou kontrolně pásmem. Jako první byl vypočten rozdíl těchto dvou délek podle vzorce $\Delta d = d_m - d_k$, kde d_m představuje délku ze souřadnic a d_k kontrolně měřenou délku. Absolutní hodnota těchto rozdílů musí splňovat kritéria:

- $|\Delta d| \leq 2u_d k$ [m] pro všechny testované délky
- $|\Delta d| \leq u_d k$ [m] pro alespoň 60% testovaných délek

Hodnota u_d se vypočítá ze vztahu $u_d = 1,5 \cdot u_{x,y} \frac{(d+12)}{(d+20)}$ [m], kde $u_{x,y}$ je mezní hodnota střední souřadnicové chyby, a d je větší ze dvou porovnávaných délek a koeficient k je roven 1, protože jde o hodnotu vypočtenou ze souřadnic. [23]

V této kategorii bylo testováno 192 délek, z toho podmínku $|\Delta d| \leq 2u_d k$ splnilo 100% testovaného souboru a podmínku $|\Delta d| \leq u_d k$ splnilo 92% testovaného souboru, což je více než 60% a testování vyhovělo. Výpočty dokládá příloha č. 5.4.

Testování dvojic měřených délek						
podmínka	počet testovaných bodů	vyhovuje		nevyhovuje		požadovaný podíl vyhovujících
		počet bodů	procenta	počet bodů	procenta	
$ \Delta d \leq 2u_d * k$	192	192	100 %	0	0 %	100%
$ \Delta d \leq u_d * k$	192	177	92 %	15	8 %	60%

Tab. 5.5: Testování dvojic měřených délek

6 KRESBA

Výsledkem této práce je tvorba dokumentace pomocí souřadnic bodů získaných z měření a náčrtů. Téměř všechny výkresy byly po dohodě s Mgr. Dohnalovou z NPÚ zpracovávány v programu AutoCAD 2011, pouze výkres polohopisné situace byl vytvořen v programu MicroStation95. Program AutoCAD produkuje firma Autodesk. Jde o jeden z nejpoužívanějších CAD programů, který je využíván například v oblasti strojírenství, stavitelství, architektury, mapování nebo v oborech GIS. [24] MicroStation je profesionální CAD systém vyvíjený firmou Bentley Systems pro zpracovávání oblastí GIS, architektury nebo například stavebnictví. [25]

6.1 Geodetické údaje pomocných bodů

Pro veškeré pomocné body vzniklé při měření byly vyhotoveny geodetické údaje pomocných bodů v programu AutoCAD 2011. Zakreslení bylo provedeno do formulářů pro Geodetické údaje o PPBP. Nachází se zde název a číslo katastrálního území, obce a okresu, ve kterých bod leží, dále název bodu, jméno osoby, která bod zřídila, platnost bodu, jeho polohové souřadnice v S-JTSK, výška v systému Bpv, popis bodu a způsob jeho stabilizace, název mapového listu, ve kterém bod leží (SM5), a samozřejmě také místopisný náčrt bodu s oměrnými mírami pro možnost jeho opětovného vyhledání. Tento náčrt není v měřítku. Všechny geodetické údaje jsou v příloze č. 6.

6.2 Přehledný náčrt bodového pole

Přehledný náčrt bodového pole je příloha, která zobrazuje rozmístění připojovacích a pomocných bodů, ze kterých byl kostel a jeho okolí zaměřován. Příloha byla zpracována v programu AutoCAD 2011. Ve výkresu je použita zjednodušená polohopisná situace převzatá z přílohy č. 9 a zjednodušený půdorys kostela převzatý z přílohy č. 10.5. Tato kresba je šedě a je doplněna zakreslením měřické sítě. Body zaměřené metodou GNSS jsou označeny fialově, červeně jsou zobrazeny polygonové pořady a zeleně rajóny. U polygonových pořadů je rozlišeno oboustranné měření délek a směrů – plnou čarou a jednostranné měření směrů (orientace) – čárkovanou čarou. Ve výkresu je zaznamenám i orientační průběh trasy při měření technickou nivelací. Světle modrá barva reprezentuje ověřovací nivelační pořad mezi body Pb3-30.1 a Pb3-29.2 se známými výškami a tmavě modrá barva uzavřený nivelační pořad pro určení výšek připojovacích bodů 4001 a 4003. Přehledný náčrt bodového pole je zakreslen v měřítku 1:250 a jedná se o přílohu č. 8.

6.3 Výkres polohopisné situace

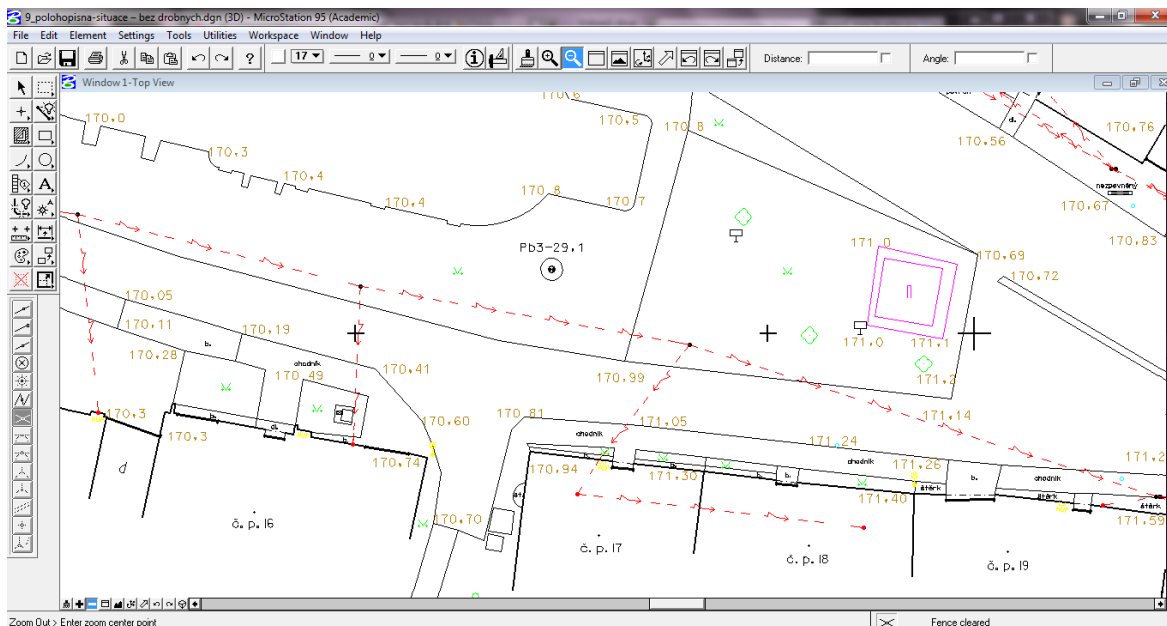
Tento výkres byl jako jediný zpracováván v programu MicroStation95 z důvodu existence knihovny mapových znaků. Výkres je zpracován v měřítku 1:250 a znázorňuje okolí kostela sv. Michaela archanděla. Kresba polohopisu je provedena převážně v černé barvě, výškopis je vyznačen hnědě. Jednotlivé použité mapové znaky (druhy pozemků, budovy,

dřeviny...) a inženýrské sítě jsou barevně rozlišeny podle přílohy č. 7, kde je popis všech barev, vrstev, stylů čar a čísel znaků pro kresbu tohoto výkresu. Použitá knihovna buněk je v souladu s normou ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky. Mapový klíč v polohopisné situaci je popsán i v legendě.

Výškopis účelové mapy se vyjadřuje vrstevnicemi, šrafami a výškovými kótami. V tomto případě byly použity pouze výškové kóty z důvodu malého převýšení znázorňovaného území a také proto, že v okolí je převážně zástavba a pozemní komunikace. Výškové kóty podrobných bodů na nezpevněném povrchu jsou uváděny na jedno desetinné místo, tedy na decimetry, a na zpevněném povrchu na 2 desetinná místa.



Obr. 6.1: Naznačení rozsahu polohopisné situace na ortofotosnímku [27]

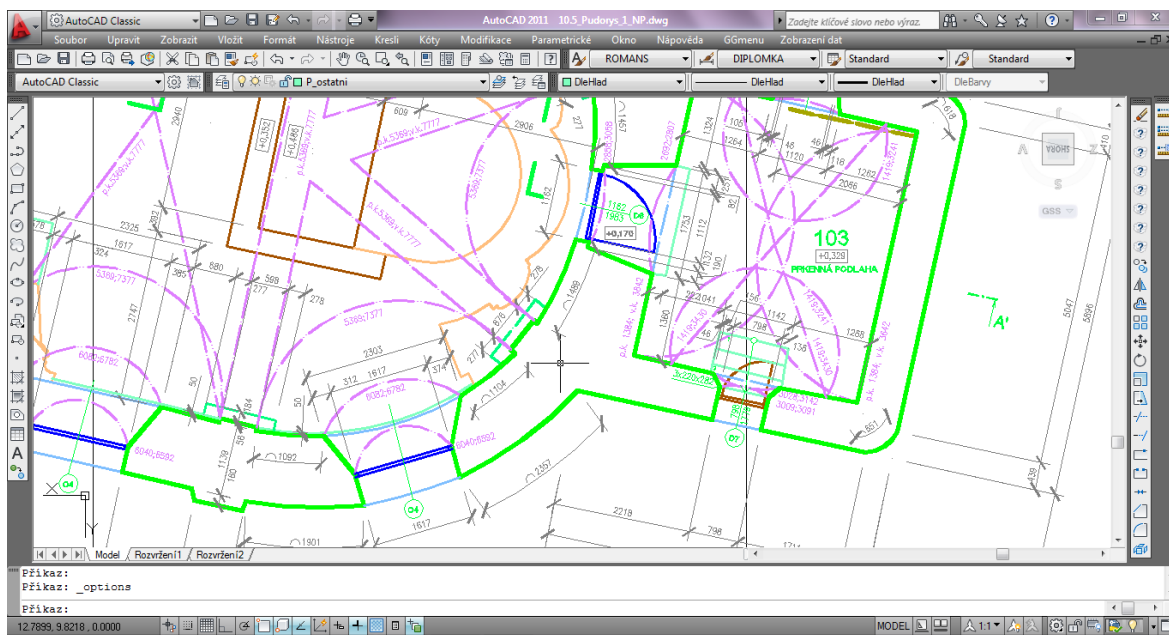


Obr. 6.2: Ukázka z prostředí programu MicroStation95

6.4 Stavební výkresy

Veškeré stavební výkresy byly zpracovány v programu AutoCAD 2011 podle normy ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části. Ve stavebních výkresech se rozlišují čára tenké, tlusté a velmi tlusté v poměru 1:2:4. [28]

Ve zpracovávaných výkresech jsou barevně označeny dřevěné prvky hnědě, kovové nebo klempířské prvky modře, střešní krytina červeně, terén zeleně a ostatní prvky jsou černě. Výkresy jsou výškově kótovány šedou barvou.



Obr. 6.3: Ukázka z prostředí programu AutoCAD 2011

6.4.1 Pohledy na průčelí kostela

Pro práci byly vytvořeny pohledy na všechny 4 průčelí kostela sv. Michaela archanděla. Tyto pohledy jsou zakresleny v měřítku 1:50. Jednotlivé výkresy byly označeny podle světových stran, ke kterým jsou natočeny.

6.4.2 Půdorys 1 NP

Půdorys prvního nadzemního podlaží je zobrazen jako pravoúhlý průmět myšlených vodorovných řezů objektem na půdorysnu. Výška tohoto řezu bývá obvykle v asi 1/3 výšky podlaží, ale z důvodu vysoko položených oken byl řez zalomen, aby procházel všemi důležitými prvky a otvory. [28]

Konstrukce, kterými prochází řezová rovina, se kreslí velmi tlustou plnou čarou, pokud není tato konstrukce šrafována (při vyšrafování je použita tlustá plná čára), hrany viditelné pod (za) touto řezovou rovinou jsou znázorněny tlustou plnou čarou, neviditelné (zakryté hrany) pak tlustou čárkovanou čarou. Hrany nad rovinou řezu viditelné se zobrazují tlustou čerchovanou čarou, zakryté pak tlustou čerchovanou s dvěma tečkami. Konstrukce výplní otvorů jsou znázorněny tlustou plnou čarou. [28]

Kótování je provedeno tenkou čarou a délky jsou uváděny v milimetrech. Výkres půdorysu má být orientován buď hlavním vstupem nebo delším rozměrem objektu k dolnímu okraji výkresového listu nebo severem k hornímu okraji výkresového listu. S ohledem na zaměřování stávajícího objektu v systému S-JTSK, byl však půdorys zakreslen v tomto systému. Půdorys 1NP je zhotoven v měřítku 1:50. Prvky, jejichž průběh je odhadován, jsou kresleny tenkou čarou.

Pro větší přehlednost jsou ve výkresu 1 NP barevně označeny klenby, sklopené oblouky a jejich popis – vše světle fialovou barvou.

6.4.3 Svislé řezy

Svislé řezy jsou zobrazovány jako průměty myšlených řezů na nárysnu. [28] Tloušťky čar jsou použity stejně, jako bylo popsáno v předchozí kapitole. Výškové kóty jsou uváděny v metrech na tři desetinná místa. Svislé řezy vznikají pro věrohodnější znázornění prostoru stavby a hlavně pro zobrazení hran, které by se obtížně zakreslovaly do půdorysu. Pro dokumentaci byl vytvořen jeden příčný a jeden podélný řez objektem. Obě řezové roviny jsou vyznačeny v půdorysu 1 NP. Oba svislé řezy jsou vyhotoveny v měřítku 1:50.

7 ZÁVĚR

Objekt kostela svatého Michaela archanděla v Dolních Věstonicích byl zaměřen a byly vypočítány souřadnice zaměřených bodů. Pomocí testování přesnosti (příloha č. 5) bylo doloženo, že byla dodržena 2. třída přesnosti. Během výpočtů nebyly překročeny mezní odchylky. Po výpočetních pracích byly souřadnice bodů přeneseny do jednotlivých programů (AutoCAD 2011 a MicroStation95) a byla vytvořena polohopisná situace (příloha č. 9) a stavební výkresy dohodnuté s pracovníci NPÚ (příloha č. 10). Mezi tyto výkresy patří půdorys 1 NP, příčný a podélný svislý řez kostelem a pohledy na průčelí kostela ze všech čtyř světových stran.

Výsledná dokumentace byla předána Národnímu památkovému ústavu – Územní odborné pracoviště Brno. Vzhledem k tomu, že žádná předchozí dokumentace tohoto objektu není k dispozici, může sloužit například jako podklad pro jakoukoliv rekonstrukci.



Obr. 7.1: Pohled na věž kostela

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Obec Dolní Věstonice* [online]. [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.obecdolnivestonice.cz>
- [2] Římskokatolická farnost Dolní Věstonice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98%C3%ADmskokatolick%C3%A1_farnost_Doln%C3%AD_V%C4%9Bstonice
- [3] Kostel sv. Michaela archanděla, Dolní Věstonice. *Hrady.cz* [online]. © Copyright 1995-2014 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.hrady.cz/index.php?OID=10381>
- [4] Dolní Věstonice - náves. *FOTOHISTORIE* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: http://www.fotohistorie.cz/Jihomoravsky/Breclav/Dolni_Vestonice/Dolni_Vestonice_-_naves/Default.aspx
- [5] *Archivní mapy* [online]. Copyright © 2012 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://archivnimapy.cuzk.cz/>
- [6] Fotogalerie. *Zlínský kraj - Východní Morava* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.vychodni-morava.cz/photo/?page=2&lokalita=340>
- [7] *Farnosti Horní Věstonice a Dolní Věstonice* [online]. 2013 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.farnostimikulovska.cz/view.php?cislocianku=2013010008>
- [8] *Státní správa zeměměřictví a katastru* [online]. Copyright © 2013 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- [9] *Topcon: Návod na použití (Řada GPT 3003N)*. 2005.
- [10] *Topcon GPT-3005LN - Ceneo.pl* [online]. © 2005-2014 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://image.ceneo.pl/data/products/2334326/i-topcon-gpt-3005ln.jpg>
- [11] *GPS Leica GX1230 Rover RTK Radio* [online]. © 2005-2014 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.topographicstore.com/25-165-thickbox/gps-leica-gx1230-rover-rtk-radio.jpg>
- [12] *Wenger Vermessungstechnik MÜNCHEN - JENA - LEIPZIG - Gebrauchtgeräte* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.wenger-vermessungstechnik.de/Image/seiten/Nestle%20C45.jpg>
- [13] *Stabila LE-50* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.narex-makita.cz/naradi/merici-technika/merice-vzdalenosti/laserove-dalkomery/stabila-le-50%28480x480%29.jpg>
- [14] Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod ve znění dodatku č. 1 a 2. Praha, ČÚZK 2009.
- [15] ŠVÁBENSKÝ, O., J. WEIGEL a R. MACHOTKA. *Seminář GPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení*. Brno: CERM, s.r.o., 2007.
- [16] *Zeměměřický úřad: Síť permanentních stanic GNSS České Republiky* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://czeapos.cuzk.cz/>

- [17] Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.
- [18] NEVOSÁD, Z. a J. VITÁSEK. *Geodézie III: Průvodce předmětem geodézie III*. Brno: CERM, s.r.o., 2005.
- [19] NEVOSÁD, Z. a J. VITÁSEK. *Geodézie III*. Brno: VUTIUM, 2000.
- [20] *Groma - Geodetický software* [online]. © 2009 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.groma.cz/cz/>
- [21] WEIGEL, J. *Teorie chyb a vyrovnávací počet I: Základní druhy vyrovnání (1.část)*. Brno, 2004.
- [22] Vyhláška č. 357/2013 Sb., *O katastru nemovitostí (katastrální vyhláška)*.
- [23] FIŠER, Z., J. VONDRÁK a a kol. *Mapování*. Brno: CERM, s.r.o
- [24] *AutoCAD* [online]. © Copyright 2014 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/autocad>
- [25] *MicroStation* [online]. © Copyright 1995-2014 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.gissoft.cz/MicroStation/MicroStation>
- [26] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*.
- [27] Geoportal *Geoprohlížeč ČÚZK* [online]. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [28] ČSN 01 3420 *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části*
- [29] Kašička, F.: *Stavebně historický průzkum*. Praha, Vydavatelství ČVUT 2002

9 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Pohled na kostel sv. Michaela archanděla v Dolních Věstonicích ze západu....	15
Obr. 2.1: Poloha obce Dolní Věstonice na mapě České republiky	17
Obr. 2.2: Letecký pohled na kostel v Dolních Věstonicích [27].....	17
Obr. 2.3: Malba návsi v Dolních Věstonicích z roku 1925 [4].....	18
Obr. 2.4: Historická fotografie kostela z roku 1915 [4]	18
Obr. 2.5: Historická fotografie kostela z roku 1955 [4].....	18
Obr. 2.6: Pohled na náves – mapa stabilního katastru, císařský otisk, mapováno 1825 [5]	19
Obr. 2.7: Pohled na kostel z jihovýchodu [6]	19
Obr. 2.8: Interiér – pohled od hlavního oltáře ke vstupu.....	20
Obr. 2.9: Interiér – pohled na okna s půlkruhovým nadpražím a sochy apoštolů	20
Obr. 2.10: Žebrová síťová klenba	21
Obr. 2.11: Pohled na hlavní oltář	21
Obr. 3.1: Umístění nalezených nivelačních bodů na leteckém snímku [27].....	23
Obr. 3.2: Použité měřické přístroje – zleva totální stanice TOPCON GPT 3003N [10], GNSS aparatura Leica GX 1230 GG s GNSS anténou [11], nivelační přístroj SOKKIA C40 [12], ruční dálkoměr Stabila LE 50 [13]	24
Obr. 3.3: Dočasná stabilizace v interiéru kostela.....	25
Obr. 4.1: Zaměřování bodu 4003 metodou RTK technologií GNSS	28
Obr. 4.2: Zaměřování bodu 4004 technologií GNSS	28
Obr. 4.3: Obecný princip polygonového pořadu obousměrně připojeného a oboustranně orientovaného [18]	29
Obr. 4.4: Obecný princip rajónu [18].....	30
Obr. 4.5: Obecný princip geometrické nivelace ze středu (A, B - měřené body; s – vodorovná délka; z – záměra vzad; p – záměra vpřed; $\Delta H_{A,B}$ – převýšení mezi body A a B)	31
Obr. 4.6: Princip trigonometrického určení výšky (A,B - měřené body; v_s - výška stroje; v_c - výška cíle; z - zenitový úhel; e - výškový úhel; s - vodorovná délka; s' - šikmá délka; h - převýšení mezi horizontem stroje a cílem; $\Delta H_{A,B}$ - převýšení mezi body A a B).....	33
Obr. 5.1: Prostředí programu GROMA v.8.0	35
Obr. 6.1: Naznačení rozsahu polohopisné situace na ortofotosnímku [27].....	42
Obr. 6.2: Ukázka z prostředí programu MicroStation95	42
Obr. 6.3: Ukázka z prostředí programu AutoCAD 2011.....	43
Obr. 7.1: Pohled na věž kostela.....	45

10 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 4.1: Přehled výsledků při ověřovacím měření	32
Tab. 4.2: Porovnání mezních odchylek při měření technické nivelace	32
Tab. 5.1: Přehled středních souřadnicových chyb, střených chyb ve výšce a středních chyb prostorové polohy u bodů měřených technologií GNSS	36
Tab. 5.2: Souřadnice, výšky a střední chyby vyrovnaných bodů	37
Tab. 5.3: Testování polohy identických bodů.....	39
Tab. 5.4: Testování výšek identických bodů	39
Tab. 5.5: Testování dvojic měřených délek	40

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Bpv	Výškový systém baltský – po vyrovnání
CAD	počítačem podporované projektování
CZEPOS	Síť permanentních stanic GNSS České republiky
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
ETRS 89	Evropský terestrický referenční systém
GIS	geografický informační systém
GLONASS	ruský globální navigační satelitní systém
GNSS	globální navigační satelitní systémy
GPS	Globální polohovací systém
NP	nadzemní podlaží
NPÚ	Národní památkový ústav
PPBP	podrobné polohové bodové pole
RTK	real time kinematic (kinematická metoda v reálném čase)
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SM5	státní mapa v měřítku 1:5 000

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Měřické náčrty

- 1.1 Situace (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.2 Pohled východní (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.3 Pohled západní (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.4 Pohled jižní (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.5 Pohled severní (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.6 Exteriér detaily (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.7 Půdorys interiéru (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 1.8 Interiér detaily (kompletní elektronická i tištěná verze)

Příloha č. 2: Zápisníky

- 2.1 Zápisník technické nivelace (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 2.2 Zápisník měření totální stanicí (kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)

Příloha č. 3: Protokoly výpočtu

- 3.1 Zpracování zápisníku (kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)
- 3.2 Výpočet souřadnic pomocných bodů (kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)
- 3.3 Vyrovnání sítě (kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)
- 3.4 Výpočet souřadnic podrobných bodů (kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)

Příloha č. 4: Seznamy souřadnic

- 4.1 Seznam souřadnic pomocných bodů (kompletní elektronická i tištěná verze)
- 4.2 Seznam souřadnic podrobných bodů (kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)

Příloha č. 5: Testování přesnosti

- 5.1 Výpočet přesnosti bodů zaměřených metodou GNSS (kompletní elektronická i tištěná verze)

5.2 Testování polohy identických bodů
(kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)

5.3 Testování výšek identických bodů
(kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)

5.4 Testování relativní přesnosti bodů
(kompletní elektronická verze, ukázka v tištěné verzi)

Příloha č. 6: Geodetické údaje pomocných bodů
(kompletní elektronická i tištěná verze)

Příloha č. 7: Atributy kresby
(kompletní elektronická i tištěná verze)

Příloha č. 8: Přehledný náčrt bodového pole
(kompletní elektronická i tištěná verze)

Příloha č. 9: Výkres polohopisné situace
(kompletní elektronická i tištěná verze)

Příloha č. 10: Stavební výkresy

10.1 Pohled na západní průčelí kostela
(kompletní elektronická i tištěná verze)

10.2 Pohled na východní průčelí kostela
(kompletní elektronická i tištěná verze)

10.3 Pohled na jižní průčelí kostela
(kompletní elektronická i tištěná verze)

10.4 Pohled na severní průčelí kostela
(kompletní elektronická i tištěná verze)

10.5 Půdorys 1 NP
(kompletní elektronická i tištěná verze)

10.6 Svislý podélný řez A – A'
(kompletní elektronická i tištěná verze)

10.7 Svislý příčný řez B – B'
(kompletní elektronická i tištěná verze)