

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODEZIE A KARTOGRAFIE

OBOR GEODEZIE A KARTOGRAFIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Kostel sv. Petra a Pavla v Řeporyjích – fotogrammetrická dokumentace vybrané části

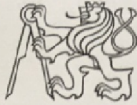
Church of St. Peter and Paul in Řeporyje – photogrammetric documentation of selected part

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Hodač, Ph.D.

Katedra geomatiky

Květen 2019

Bc. Jakub Mikeš



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mikeš Jméno: Jakub Osobní číslo: 423987
Zadávací katedra: Katedra geomatiky - K155
Studijní program: Geodézie a kartografie - N3645
Studijní obor: Geodézie a kartografie - 3646T003

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Kostel sv. Petra a Pavla v Řeporyjích - fotogrammetrická dokumentace vybrané části
Název diplomové práce anglicky: Church of St. Peter and Paul in Řeporyje - photogrammetric documentation of selected part

Pokyny pro vypracování:

- ve spolupráci se zadavatelem proveďte rekognoskaci zaměřované části objektu a definujte typ a parametry výstupů projektu,
- navrhnete vhodné měřické metody a technologické postupy pro vytvoření definovaných výstupů,
- proveďte měřické práce v objektu v nezbytném rozsahu s důrazem na možnosti kontroly přesnosti,
- zpracujte pořízená data do podoby výstupů,
- shrňte dosažené výsledky a zhodnoťte jejich přesnost a vypovídací schopnost v kontextu dalšího využití zadavatelem.

Seznam doporučené literatury:

- JÁKL, Martin. Dům U Sixtů Kamzíkova 7 (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části. diplomová práce; Praha: Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2019.
- VESELÝ, Jan. Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. V Praze: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, generálním ředitelstvím, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav).
- BEZDĚK, Ladislav a Martin FROUZ. Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v památkové péči. Praha: Národní památkový ústav, generální ředitelství, 2014. Metodiky, Dokumentace památek (Národní památkový ústav)

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jindřich Hodač, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 19. února 2019

Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2019

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

[Blank box for signature]

Podpis vedoucího práce

[Blank box for signature]

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

19.2. 2019

Datum převzetí zadání

[Blank box for signature]

Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Tato diplomová práce se věnuje tvorbě fotogrammetrické dokumentace věže kostela sv. Pavla a Petra v Praze 5 - Řeporyjích.

Cílem práce je vytvoření celkem deseti fotoplánů, které znázorňují strukturu zdiva vnějších a vnitřních stěn věže kostela. Téma diplomové práce vzniklo ve spolupráci s Národním památkovým ústavem v Praze za účelem dokumentace původního vzhledu historických stěn.

Ke splnění cíle bylo zapotřebí využít metod jednosnímkové pozemní fotogrammetrie a základních geodetických úloh. V diplomové práci jsou popsány postupy měření, pořízení snímků, zpracování dat a tvorby jednotlivých fotoplánů.

Hlavními výstupy této práce jsou vytvořené fotoplány jednotlivých vnitřních a vnějších stěn a celkové rozvinuté fotoplány vnitřních a vnějších stěn věže kostela.

Klíčová slova

jednosnímková fotogrammetrie, fotoplán, měřická dokumentace, vřícovací body, software Topol

Abstrakt

The main contents of diploma thesis is the creation photogrammetric documentation of the St. Petr and Pavel's church town in Prague 5-Řeporyje.

The aim of the work is the creation of total ten photoplans, which represent the structure of masonry of exterior and interior walls of church town. The topic of the diploma thesis was created with cooperation with National Heritage Institute in Prague in order to documentation the original appearance of the historic walls.

Pieces of knowledge of one shot terrestrial photogrammetry and basic geodetic tasks were used for meeting the goal. The measuring, taking pictures, processing data and creating individual photoplans are described in the diploma thesis.

The created photoplanes of individual inner and outer walls and the total developed photoplanes of the interior and exterior walls of the church tower are the main outputs of this thesis.

Keywords

one shot photogrammetry, photoplan, surveying documentation, kontrol points, software Topol

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Kostel sv. Petra a Pavla v Řeporyjích – fotogrammetrická dokumentace vybrané části“ vypracoval samostatně a použil výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje.

Poděkování

Na prvním místě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Jindřichu Hodačovi, PhD. za odborné vedení při vypracování diplomové práce, podnětné postřehy a příjemnou spolupráci. Dále děkuji pracovníkům Národního památkového ústavu v Praze za zprostředkování námětu na vytvoření diplomové práce a jejich vstřícný přístup.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům a také své přítelkyni nejen za podporu během studia, ale i za pomoc při zpracování této diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	9
1 Popis objektu a jeho historie.....	10
2 Teoretický úvod do problematiky.....	13
2.1 Fotogrammetrie.....	13
2.1.1 Jednosnímková fotogrammetrie.....	13
2.1.2 Prvky vnitřní orientace – distorze.....	14
2.2 Měřické metody.....	15
3 Přístroje a použité softwary.....	17
3.1 Měřické přístroje.....	17
3.2 Fotoaparáty a objektivy.....	18
3.3 Použité softwary.....	21
3.3.1 Software pro zpracování geodetických dat.....	21
3.3.2 Softwary pro úpravu snímků.....	22
3.3.3 Softwary pro tvorbu fotoplánů.....	24
4 Sběr dat.....	26
4.1 Snímkování.....	26
4.2 Zaměření měřické sítě a vlíčovacích bodů.....	28
4.3 Technická nivelace.....	30
5 Zpracování geodetických měření a příprava snímků.....	33
5.1 Výpočet technické nivelace.....	33
5.2 Výpočet měřické sítě a vlíčovacích bodů.....	34
5.2.1 Transformace vlíčovacích bodů do roviny fotoplánu.....	37
5.3 Kalibrace fotoaparátů.....	37
5.4 Postprocessing snímků a odstranění distorze.....	38
6 Tvorba fotoplánu.....	40
6.1 Vytvoření fotoplánů v software TopoL.....	41

6.1.1	Transformace	41
6.1.2	Maskování a mozaikování	44
6.2	Příprava fotoplánů pro tisk v softwaru MicroStation.....	46
7	Zhodnocení dosažených výsledků	48
7.1	Pořízení a postprocessing snímků	48
7.2	Geodetické měření a výpočty.....	49
7.3	Tvorba fotoplánů.....	50
	Závěr	53
	Seznam použitých zkratk	54
	Seznam použitých zdrojů.....	55
	Seznam obrázků.....	57
	Seznam tabulek	58
	Obsah DVD.....	59
	Seznam příloh	61

Úvod

Diplomová práce se věnuje měřické dokumentaci vybrané historické části kostela sv. Pavla a Petra v Praze 5 - Řeporyjích. Ke zpracování tématu je využita metoda jednosnímkové fotogrammetrie, která slouží k vytvoření fotoplánů. Jednotlivé fotoplány zachycují vnitřní a vnější části věže kostela.

Téma této diplomové práce vzniklo na základě dlouhodobé spolupráce Katedry geomatiky Fakulty stavební ČVUT v Praze zastoupené Ing. Jindřichem Hodačem, PhD. a pracovištěm NPÚ v Praze zastoupeným Ing. arch. Matoušem Semerádem.

Hlavními výstupy diplomové práce jsou čtyři fotoplány jednotlivých stěn vnitřní části věže v měřítku 1:20 a jeden fotoplán v měřítku 1:50, kde jsou tyto čtyři stěny rozloženy do jedné roviny. Stejný počet fotoplánů je vytvořen pro vnější stěny věže. Tyto výstupy by měly NPÚ posloužit k dokumentačním a badatelským účelům původního vzhledu zdiva a k dalším výzkumům.

Na úvod textu popíši kostel ze stavebního hlediska a zmíním se o jeho historii. Dále se budou kapitoly věnovat teoretickému úvodu do diplomové práce, kde bude nastíněna problematika jednosnímkové fotogrammetrie, která je základem při vyhotovení fotoplánů. Ve zkratce budou také popsány základní geodetické výpočty využití při zpracování práce. Na závěr teoretického úvodu bude popsáno přístrojové a software vybavení. V hlavní části diplomové práce vysvětlím samotné zpracování fotogrammetrické dokumentace, a to od zaměření až po vyhotovení požadovaných výstupů. V závěru bude popsán přehled dosažených výsledků a shrnuty jednotlivé výstupy.

1 Popis objektu a jeho historie

Popis a poloha kostela

Zájmový kostel se rozkládá na mírně vyvýšené části Řeporyjského náměstí v Praze 5, Řeporyjích.



Obrázek 1: Umístění kostela sv. Petra a Pavla

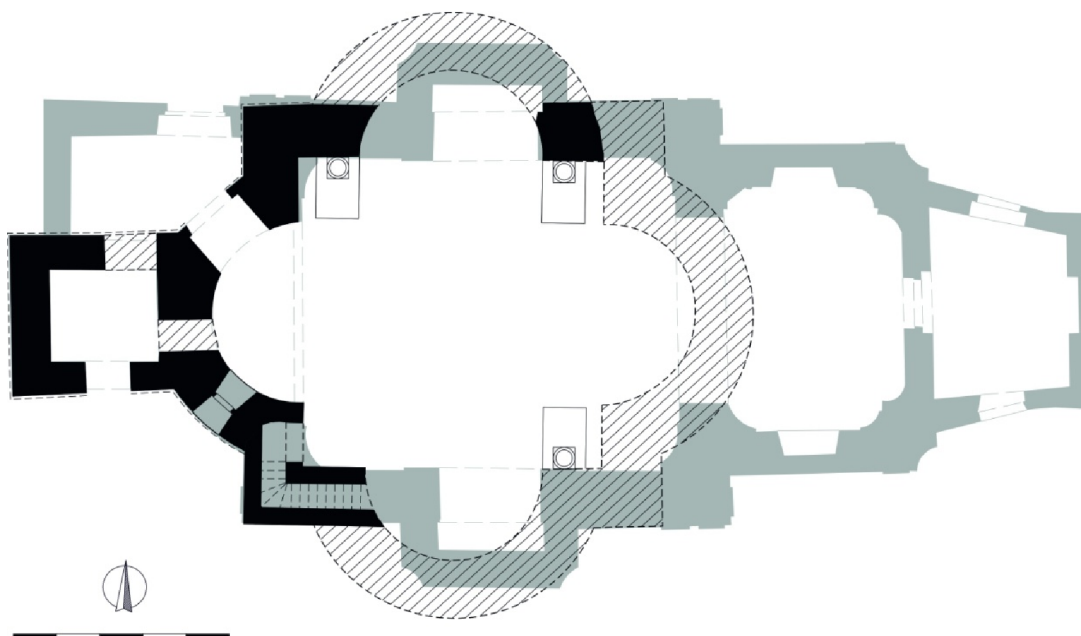
[Zdroj: <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>]

Kostel tvoří obdélníková loď, k níž se na severní a jižní straně připojují rokokové přístavky. Z východní strany je připojen rokokový chór. Na západě kostela přechází loď v románskou apsidu, před níž stojí štíhlá hranolová věž. Severní strana věže je doplněna rokokovou předsíní obdélníkového půdorysu a východní strana přízemní čtvercovou sakristií.



Obrázek 2: Pohled na kostel sv. Petra a Pavla

[Zdroj: Autor]



Obrázek 3: Půdorys kostela

[Zdroj: NPÚ v Praze]

Historie

Kostel byl vystaven ve druhé polovině 12. stol. jako románský. Půdorys kostela se vyznačoval pravidelností přesného vytyčení stavby. Z čtvercové lodi o vnitřním rozměru strany 7,1 m vybíhaly na všechny čtyři strany užší a nižší půlkruhové apsidy o poloměru 2,1 m. Kostel byl postaven z opracovaných opukových kvádrů. Staticky nejvíce namáhané prvky byly vytesány ze železitých pískovcových slepenců a z těchto pískovců byly i další architektonické články. Podoba centrálního prostoru kostela zůstává nejasná. Západní stana kostela byla doplněna o štíhlou věž. Soustava průchodů prozrazuje, že bylo podvěží řeporyjského kostela otevřené arkádami. Přízemí věže sloužilo jako nosný prvek zvonice a jako komunikační uzel. Z patra věže byl veden vstup na balkonek a ještě výše další vstup do podkroví kostela. Neodstupňovaná kolmá šachta v nitru věže byla předělena dřevěnými polopatry. Po těchto dřevěných trámech se dochovaly kapsy ve zdivu. Vnitřek věže provětrávaly a přisvětlovaly vysoká štěrbinová okénka. Otvory těchto okének disponují různými výškami a mají šíři pouze 6-7 cm.



Obrázek 4: Pohled na historický kostel

[Zdroj: https://www.geocaching.com/geocache/GC4ZHDT_reporijske-skvosty?guid=e2424b32-29ca-4770-8511-ab28c52a7ce4]

V písemných zdrojích je kostel poprvé uveden kolem r. 1341. V 15. a 16. století stavba chátrala. Od roku 1667 byl kostel opět uveden do pravidelného provozu. V roce 1772 nechali jezuité objekt přestavět, např. nové krovy, nové rokokové omítky. Poslední radikální změny následovaly na začátku 20. století.^[1]

2 Teoretický úvod do problematiky

V této kapitole bude popsán obecný teoretický základ, který je nutný znát před samostatným zpracováním zadaného tématu.

2.1 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je obor, který získává informace z obrazového, nejčastěji fotografického záznamu. Fotografický záznam lze pořídit více způsoby, a to klasicky nebo digitálně. Pro pořízení obrazu můžeme využít různá zařízení, která mohou mít rozdílnou výstupní přesnost. Dají se využít jak amatérské fotoaparáty, tak i speciální měřické fotogrammetrické komory. Fotogrammetrický snímek je středový průmět zobrazeného předmětu. Fotogrammetrie blízce souvisí s geodezií a kartografií, kde je využita hlavně jako mapovací metoda, ale její uplatnění se nachází i v různých oblastech lidské činnosti, například v památkové péči.

Dříve se fotogrammetrie dělila na leteckou a pozemní. Tyto metody se od sebe lišily v pracovních postupech.

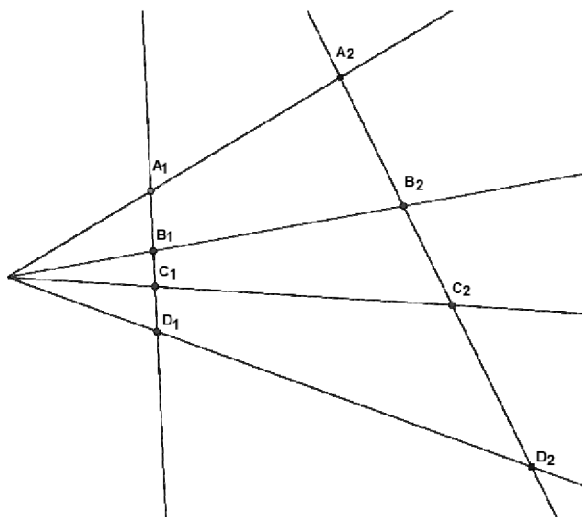
V současné době můžeme fotogrammetrii rozdělit následujícím způsobem:

- podle polohy stanoviska
- podle počtu a konfigurace vyhodnocených snímků
- podle technologie a způsobu zpracování

2.1.1 Jednosnímková fotogrammetrie

Tato metoda se dá využít jak v pozemní, tak i letecké fotogrammetrii. Jednosnímková fotogrammetrie využívá pouze samostatných snímků, na kterých lze určit pouze rovinné souřadnice. Předměty, které následně podléhají měření, by tak měly být rovinné nebo rovinně blízké, například nepříliš členité fasády domu nebo archeologické naleziště.

Když bude rovina snímku stavebního objektu přesně svislá, můžeme říct, že je vztah mezi snímkem, objektem a mapou jednoduchý a liší se pouze v měřítku. Jde tedy o vztah mezi dvěma rovinami a vše co není přesně v rovině, je zkresleno radiálním posunem. Posun je způsoben středovým promítáním a prostorovým členěním objektu. Tento typ zobrazení popisuje kolineární transformace, kde ideální geometrický vztah mezi dvěma rovinami popisuje Pappova věta.



$$\frac{A_1C_1}{B_1C_1} = \frac{A_2C_2}{B_2C_2}$$

$$\frac{A_1D_1}{B_1D_1} = \frac{A_2D_2}{B_2D_2}$$

Obrázek 5: Pappova věta

[Zdroj: [2], str. 54]

Kolineární transformace je tedy převod mezi souřadnicemi ze 3D do 2D. Tato transformace je zjednodušeně dána vztahy:

$$X = \frac{a_1x' + a_2y' + a_3}{c_1x' + c_2y' + 1}$$

$$Y = \frac{b_1x' + b_2y' + b_3}{c_1x' + c_2y' + 1}$$

X, Y - geodetické souřadnice

x', y' - snímkové souřadnice

a, b, c - neznámé

Tyto rovnice obsahují celkem 8 neznámých a_i , b_i , c_i . Neznámé lze vypočítat na základně minimálně 4 vlíčovacích bodů. Pro kontrolu výsledků ale není vhodné využít jen nutný počet vlíčovacích bodů, program pro výpočet v tomto případě hlásí nulové střední odchylky na vlíčovacích bodech. Body je dobré volit pokud možno rovnoměrně po objektu a musí ležet v jedné rovině vyhodnocovaného objektu. ^{[2][3]}

2.1.2 Prvky vnitřní orientace – distorze

Prvky vnitřní orientace definují geometrii paprsků uvnitř kamery. Jde o konstantu kamery, polohu hlavního bodu a distorzi objektivu. Distorze objektivu je vada, která působí na geometrii zobrazení. Tato vada je způsobena souhrnem geometrických nepřesností při výrobě objektivu. Pro získání přesných a kvalitních výsledků je třeba

vliv této vady na geometrii snímku odstranit. Průběh distorze je možné zajistit např. z kalibračního profilu objektivu (pokud jej výrobce poskytuje), nebo je nutné měřickou komoru kalibrovat ke zjištění všech prvků vnitřní orientace, jejíž součástí je distorze. Distorze se rozděluje na dva typy: radiální a tangenciální. Průběh radiální distorze není přesně rotačně symetrický. Jelikož se při kompenzaci předpokládá rotační symetrie, můžeme určit průběh distorze pouze v radiálním směru. Tangenciální distorze je způsobena nepřesnou centrací jednotlivých čoček. Toto zkreslení prakticky nelze odstranit a běžně se neuvažuje, tudíž je distorze zanedbatelná.^[2]

2.2 Měřické metody

Polygonové pořady

Polygonové pořady se v této diplomové práci využily při určování souřadnic měřické sítě. Jedná se o pořady, které vycházejí a končí na bodech o známých souřadnicích. Mezilehlé body těchto pořadů se následně určují pomocí zaměřených vodorovných úhlů a délek.

Polygonové pořady můžeme rozdělit do několika skupin:

- z hlediska délky stran
(dlouhé strany 200 až 1500 m a krátké strany 50 až 200 m)
- z hlediska připojení
(oboustranně připojené a orientované, neorientované, jednostranně připojené a orientované, uzavřené pořady s orientací nebo bez orientace)
- z hlediska účelu
(polygonové pořady pro určení zhušťovacího bodu nebo polygonové pořady pro určení ostatních bodů)^[4]

Rajón

Metoda rajónu se v této práci využila pro určení souřadnic bodů měřické sítě. Při využití rajónu je zapotřebí znát minimálně dvě veličiny a to úhel a vzdálenost bodů od stanoviska, pro zajištění lepších výsledků je výhodou mít zaměřených více veličin.^[5]

Geometrická nivelace

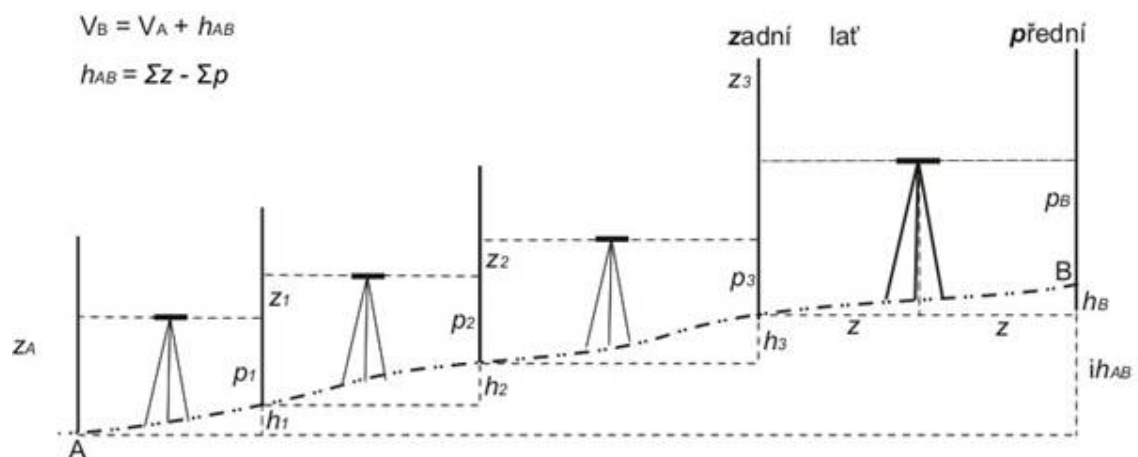
Princip geometrické nivelace spočívá v určení převýšení dvou bodů, za účelem zjistit výšky např. měřických stanovisek tj. mezilehlých bodů z bodů známých. Geometrickou nivelaci můžeme podle přesnosti rozdělit na:

- zvlášť přesná nivelace,
 - kde $\Delta_m \leq 1,5 * \sqrt{R}$
- velmi přesná nivelace,
 - kde $\Delta_m \leq (1,5 - 2,25) * \sqrt{R}$
- přesná nivelace,
 - kde $\Delta_m \leq (3 - 5) * \sqrt{R}$
- technická nivelace,
 - kde $\Delta_m \leq (20 - 40) * \sqrt{R}$

Kde: R délka nivelačního oddílu v km

Δ_m mezní rozdíl

V této diplomové práci se dle požadavků zadavatele k připojení měřické sítě do výšek ČSNS využilo technické nivelace. ^[6]



Obrázek 6: Ukázka nivelačního oddílu

[Zdroj: <http://absolventi.gymcheb.cz/2006/mocondre/nivelace.html>]

3 Přístroje a použité softwary

Ke splnění zadaných cílů bylo nutné vybrat vhodné přístroje pro získání kvalitních dat a softwary pro jejich zpracování. V této kapitole budou krátce popsány využívané přístroje a softwary a jejich základní parametry.

3.1 Měřické přístroje

Totální stanice

Totální stanice Trimble M3 (v. č.: DO47399) byla využita na zaměření polohové sítě a vřícovacích bodů. Tato totální stanice (dále TS) disponuje různými režimy měření délek. Měření na hranol, kde je dána apriorní přesnost 2 mm + 2 ppm a dále pak bezhranolové měření s přesností 3 mm + 2 ppm. Úhlová apriorní přesnost činí 5 mgom. Tato přesnost je pro oba režimy stejná. U TS se také využila laserová stopa. TS používá software Trimble Access, ve kterém můžeme řešit jednoduché geodetické úlohy přímo v terénu. Výhodou TS je její vnitřní paměť, díky níž se dají měřená data ukládat. ^[7]



Obrázek 7: Totální stanice Trimble M3

[Zdroj: <https://www.trimble.com/survey/trimblem3>]

Nivelační přístroj

Optický nivelační přístroj Foretech M32 (v. č.: G05661) byl použit pro technickou nivelaci. Přístroj má kompenzátor o rozsahu $\pm 15'$ a střední kilometrovou chybu 1,0 mm. Přístroj nemá vnitřní paměť, měřená data se tedy neukládají a musí se zaznamenávat do nivelačního zápisníku.



Obrázek 8: Nivelační přístroj Foretech M32

[Zdroj: Autor]

3.2 Fotoaparáty a objektivy

Pro získání kvalitních snímků se využily dva fotoaparáty.

Pro vnitřní stěny:

- Canon EOS 5D Mark II
 - Objektiv Canon EF 16-35 mm f/2.8L II USM

Pro vnější stěny:

- Canon EOS 450D
 - Objektiv Canon EF-S 17-85 mm 1:4-5.6 Is USM

Canon EOS 5D Mark II

Jedná se o profesionální digitální zrcadlovku s LCD monitorem s vysokým rozlišením. Tělo je vestavěno do celkového korpusu, který brání proti vniknutí vlhkosti a prachu, proto je možno využít fotoaparát v náročnějších podmínkách. ^[8]

Vlastnosti Canon EOS 5D Mark II:

- rozlišení 21,1 Mpx
- formát senzoru Full Frame
- typ snímače CMOS
- sériové snímání 3,9 snímků za sekundu

- výkonný procesor DIGIC 4
- snímání videa ve Full HD 1080
- ISO 100 – 6400 (rozlišení z 50 až na 25600)
- 9 bodů AF + pomocných bodů AF



Obrázek 9: Fotoaparát Canon EOS 5D Mark II

[Zdroj: <http://www.canon.cz/cameras/dslr-cameras-for-enthusiasts/>]

Objektiv Canon EF 16-35 mm f/2.8L II USM

Objektiv se využil společně s fotoaparátem pro pořízení snímků vnitřních stěn. Díky konstantní světlosti f/2,8 se dá využít při profesionálním fotografování i za slabého světla. Jde o velmi kvalitní objektiv typu širokoúhlý zoom. Objektiv také umožňuje pomocí mikromotoru USM (ultrazvukový motor) mimořádně rychlé a tiché automatické zaostření. Objektiv je primárně určen pro kamery s velikostí senzoru full frame. [8]



Obrázek 10: Objektiv Canon EF 16-35 mm f/2.8L II USM

[Zdroj: <http://www.canon.cz/lenses/ef-16-35mm-f-2-8l-ii-usm-lens/>]

Canon EOS 450 D

Jedná se o jednookou digitální zrcadlovku, jejíž výhodou je komptabilita s objektivy Canon EOS (bajonet EF – EF-S). Do těla fotoaparátu je zabudována ochrana čipu před prachem, a proto lze také fotoaparát využívat v náročnějších podmínkách.^[9]

Vlastnosti Canon EOS 450 D:

- rozlišení 12,4 Mpx
- sériové snímání 3,5 snímků za sekundu
- typ snímače CMOS
- formát senzoru 22,2 x 14,8 mm
- ISO 100 -1600
- 9 bodů AF



Obrázek 11: Fotoaparát Canon EOS 450 D

[Zdroj: Autor]

Objektiv Canon EF-S 17-85 mm 1:4-5.6 Is USM

Objektiv spolu s fotoaparátem Canon EOS 450 D se použil pro pořízení snímků vnějších stěn. Výhodou objektivu je velký rozsah ohniskové vzdálenosti 17 – 85 mm. Objektiv je primárně určen pro komory s velikostí senzoru APC-S, což je menší senzor než full frame^[8].



Obrázek 12: Objektiv Canon EF - S 17 -85 mm

[Zdroj: <https://www.fotoradce.cz/canon-ef-s-17-85mm-f-4-5-6-is-usm>]

3.3 Použité softwary

Rozdělení softwarů:

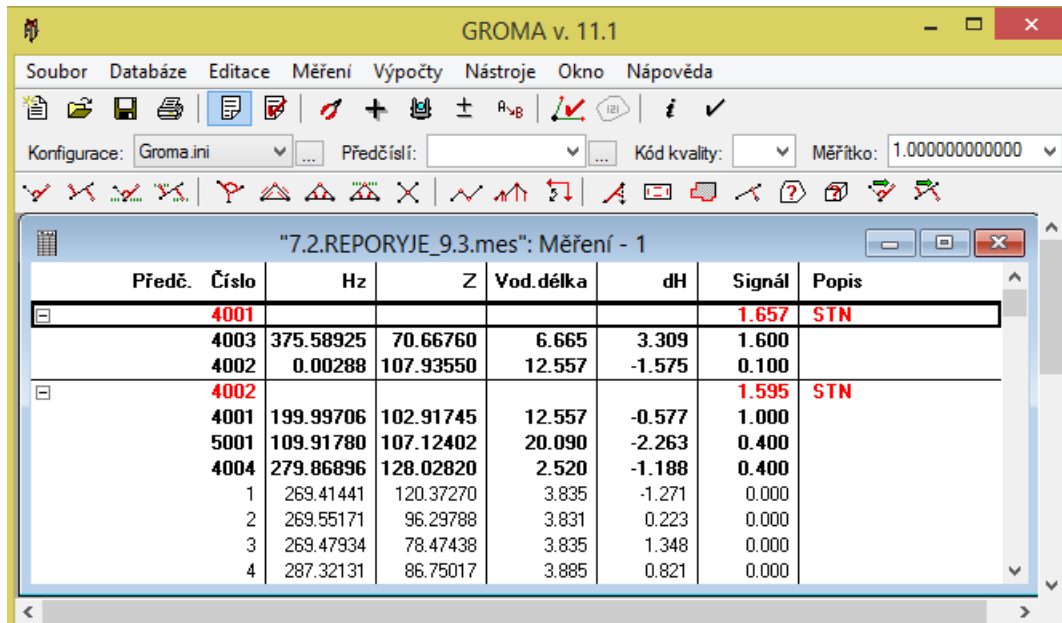
- pro zpracování geodetických měření
 - Groma
- pro úpravu snímků
 - Digital Photo Professional
 - SIMphoto
 - FastStone Image Viewer
 - PhotoModeler Scanner (také pro kalibraci)
 - Gimp
- pro tvorbu fotoplánů/výkresů
 - Topol xT v. 9.5.
 - MicroStation V8i
 - Adobe Acrobat Pro

3.3.1 Software pro zpracování geodetických dat

Groma

Software Groma umí počítat všechny základní geodetické úlohy (např. polygonové pořady, rajón, ortogonální vytyčovací prvky a mnoho dalších). Výhodou je prvotní zpracování zápisníku získaného z totální stanice a následně pomocí vybrané geodetické

úlohy výpočet souřadnic bodů. O každém kroku je veden textový protokol. Software Groma umožňuje i graficky znázornit vypočtené souřadnice. ^[10]



The screenshot shows the GROMA v. 11.1 software window. The title bar reads "GROMA v. 11.1". The menu bar includes "Soubor", "Databáze", "Editace", "Měření", "Výpočty", "Nástroje", "Okno", and "Nápověda". Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main window displays a table titled "7.2.REPORÝJE_9.3.mes": Měření - 1. The table has the following columns: Předč., Číslo, Hz, Z, Vod.délka, dH, Signál, and Popis. The data is as follows:

Předč.	Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Popis
	4001					1.657	STN
	4003	375.58925	70.66760	6.665	3.309	1.600	
	4002	0.00288	107.93550	12.557	-1.575	0.100	
	4002					1.595	STN
	4001	199.99706	102.91745	12.557	-0.577	1.000	
	5001	109.91780	107.12402	20.090	-2.263	0.400	
	4004	279.86896	128.02820	2.520	-1.188	0.400	
	1	269.41441	120.37270	3.835	-1.271	0.000	
	2	269.55171	96.29788	3.831	0.223	0.000	
	3	269.47934	78.47438	3.835	1.348	0.000	
	4	287.32131	86.75017	3.885	0.821	0.000	

Obrázek 13: Okno softwaru Groma

[Zdroj: Autor]

3.3.2 Softwarý pro úpravu snímků

Digital Photo Professional v. 3.14.47.0

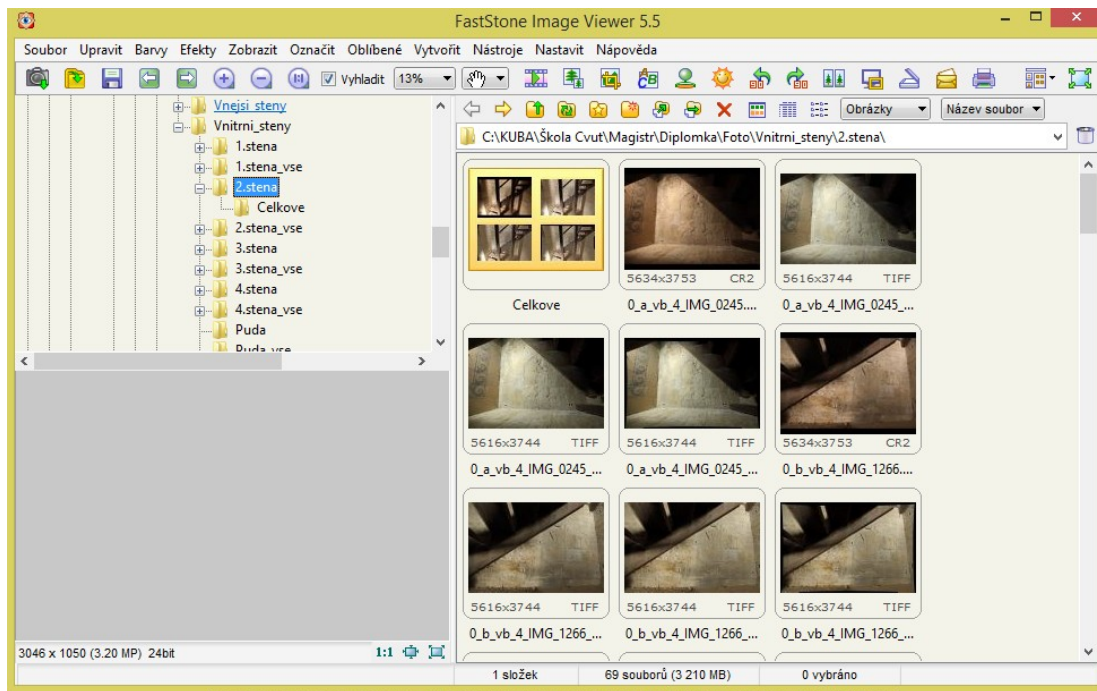
Tento software vytvořila společnost Canon a slouží k zpracování, prohlížení a úpravám snímků typu RAW a následnému převodu snímků do JPEG nebo TIFF (tj. digitální vyvolání). V softwaru se dají provádět základní i pokročilé úpravy snímků (např. otočení snímku, úprava vyvážení bílé, úprava barev, úprava dynamického rozsahu). Také lze snímky opravit o distorzi s využitím kalibračního profilu od výrobce objektivu. Tento software byl využit pro prvotní úpravu snímků a také pro odstranění distorze. ^[8]

SIMphoto

Software SIMphoto byl využit pro odstranění distorze objektivu. Je především zaměřen na zpracování rastrových dat metodou jednosnímkové fotogrammetrie a umožňuje několik dalších funkcí (např. vložení grafického měřítka, otočení rastru). Výstupní soubory jsou ukládány ve formátu TIFF, JPG nebo PDF. Software byl vytvořen v rámci diplomové práce Ing. Davida Čížka.

FastStone Image Viewer

FastStone Image Viewer nabízí celou řadu možností pro úpravu fotografií. Jedná se například o ořiznutí, porovnání, retušování a úpravu barev snímků. Dají se zde prohlížet všechny hlavní formáty (JPEG, TIFF, BPN animované GIF) a v dnešní době populární formáty RAW vytvořené digitálními fotoaparáty. Tento software se především využil pro úpravu snímků. ^[11]



Obrázek 14: Okno softwaru FastStone Image Viewer

[Zdroj: Autor]

Gimp

Multiplatformní open source Gimp je nástroj pro úpravu fotografií a rastrové grafiky. Gimp lze použít pro malování, ale také jako software pro retušování snímků, hromadné zpracování obrázků, konvektor obrazových souborových formátů atd. Přednost Gimpu je jeho volná dostupnost pro nejrůznější operační systémy. Gimp byl využit při retušování snímků. ^[13]

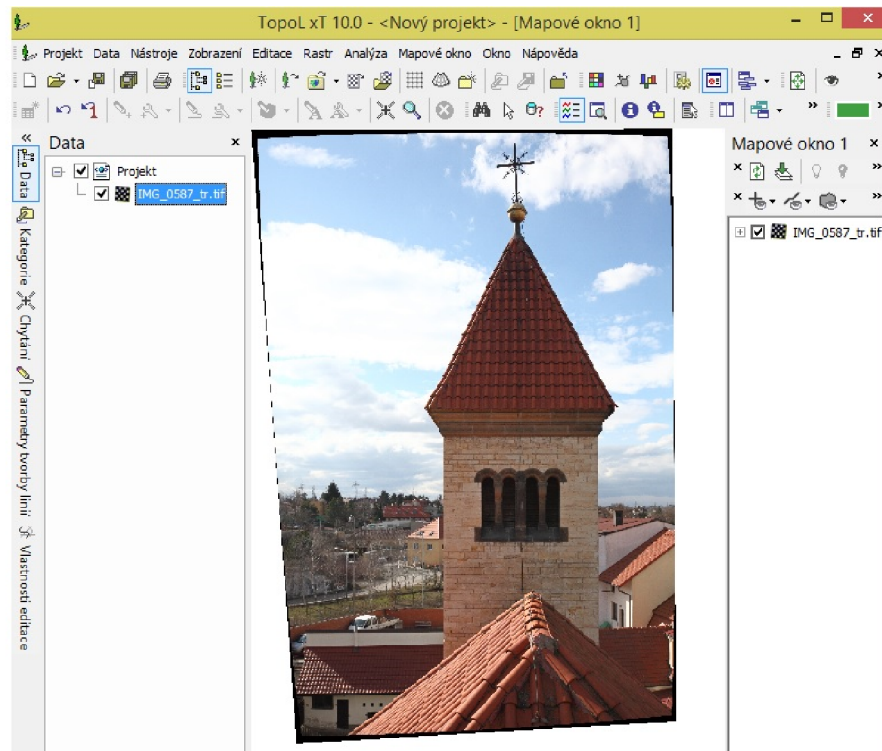
PhotoModeler Scanner

Software PhotoModeler Scanner je nadstavbou softwaru PhotoModeler. Jedná se o nástroj pro vytváření přesných 3D modelů s hustým povrchem. Software také umožňuje kalibraci fotoaparátů a následnou idealizaci neboli odstranění vlivu distorze. ^[12]

3.3.3 Softwary pro tvorbu fotoplánů

TopoL xT

Software TopoL umožňuje mimo jiné kolineární transformaci rastrových dat, což je základ při tvorbě fotoplánů. Jedná se o geografický informační systém (GIS), který dovoluje přípravu, správu a analýzu geografických dat. TopoL můžeme využít v různých oborech (např. lesnictví, zemědělství, pozemkové úpravy, v orgánech státní správy).^[14]



Obrázek 15: Okno softwaru TopoL

[Zdroj: Autor]

MicroStation V8i (SELECTseries 2) v. 08

Software MicroStation od společnosti Bentley umožňuje tvorbu 2D výkresů a 3D modelů. Velkou výhodou tohoto softwaru je snadné propojení s geodetickým výpočetním programem Groma. MicroStation pracuje s formátem DGN, ale není s tímto formátem pevně spojen, dokáže také otevřít a uložit soubory jiných formátů.^[15]

Adobe Acrobat Pro

Tento software byl využit při závěrečné úpravě výkresů ve formátu PDF. Slouží k úpravě a převedení PDF souborů. Umožňuje funkce, jako jsou měření nebo editace vrstev.

4 Sběr dat

Před samotným sběrem dat v objektu nejprve proběhla v polovině ledna 2019 rekognoskace objektu. Při rekognoskaci byl přítomen i zadavatel Ing. arch. Matouš Semerád, který vymezil části kostela podléhající zpracování. Hlavním požadavkem zadavatele bylo vytvořit fotogrammetrickou dokumentaci historické věže kostela, konkrétně vnitřních i vnějších stěn. Dále byl po domluvě s vedoucím práce Ing. Jindřichem Hodačem, PhD. zvolen co nejvhodnější pracovní postup pro vytvoření kvalitní dokumentace a byly upřesněny základní parametry výstupů. Zadavatel nás také seznámil se správcem kostela panem Čubou, který nám zprostředkoval vstup do kostela.

Sběr dat proběhl v několika etapách. Na začátek bylo nutné vytvořit přehledný náčrt, který vznikl na základě hrubého zaměření vnitřních prostor věže pomocí ručního laserového dálkoměru a metru. Na konci ledna proběhlo snímkování vnitřních stěn věže. Geodetické zaměření se odehrálo ve více etapách. Na začátku února se zaměřila polohová síť a pro vnitřní část věže kostela vlíčovací body, následně byla v polovině února využita technická nivelace pro výškové připojení měřické sítě. V polovině března se doměřily i vlíčovací body pro vnější stěny věže kostela. Pořízení snímků vnějších stěn proběhlo na konci března.

4.1 Snímkování

Dříve než mohlo začít samotné snímkování vnitřních stěn věže kostela, musely proběhnout přípravné práce v podobě rozmístění a nalepení terčů. Tyto terče slouží jako vlíčovací body pro následné zpracování. Celkem se na stěny umístilo cca 120 terčů. Jelikož v kostelní věži nebylo dostatek světla, bylo nutné stěny, které podléhaly snímkování, kvalitně nasvítit halogenovými světly. Stěny se také ometly od pavučin a nečistot pro vytvoření kvalitních snímků. Po přípravných pracích bylo zahájeno samotné snímkování vnitřních stěn. Nejprve byly pořízeny celkové snímky stěn obsahující co nejvíce vlíčovacích bodů na úkor „kvality“ (např. stíny, zákryty) snímku. Poté se nasnímkovaly stěny po dílčích částech se snahou o co nejvyšší kvalitu samotného snímku. Potíže představovaly nosné trámy, které na snímcích vytvářely stíny, a celkově stísněný prostor. Půdorysný rozměr věže je 2 x 2,3 m, viz obrázek 16. Pro pořízení snímků se využil fotoaparát Canon EOS 5D Mark II, více o fotoaparátu v kapitole 3.2. U fotoaparátu se také využilo různých nastavení parametrů. Celkem bylo pro vnitřní stěny pořízeno cca 300 snímků, z nichž se vybraly ty nejkvalitnější.



Obrázek 16: Ukázka stísněného prostoru věže

[Zdroj: Autor]

Nastavení parametrů:

- ohnisková vzdálenost 16 mm
- citlivost ISO v rozmezí 600-1200
- čas expozice od 1/30 s do 1/200 s
- nastavení prioritní clony od F9 do F14
- nastavení výsledných formátů RAW a JPEG

Snímkování vnějších stěn kostelní věže bylo o něco méně složité, jelikož nebylo zapotřebí provádět tak důkladné a zdlouhavé přípravné práce. Vlíčovací body zde byly voleny jako přirozeně signalizované, neboť z důvodu výšky věže nebylo možné nalepit štítky. Snímkování zde ovlivnily jen venkovní podmínky. Z důvodu velikosti věže bylo nutné použít druhý fotoaparát s jiným objektivem. Jednalo se o fotoaparát Canon EOS 450D, více o fotoaparátu v kapitole 3.2. Pro získání co nejkvalitnějších snímků se opět využilo různého nastavení parametrů fotoaparátu a stěny se opět snímkovaly vícekrát. Pro vnější stěny bylo pořízeno cca 100 snímků.

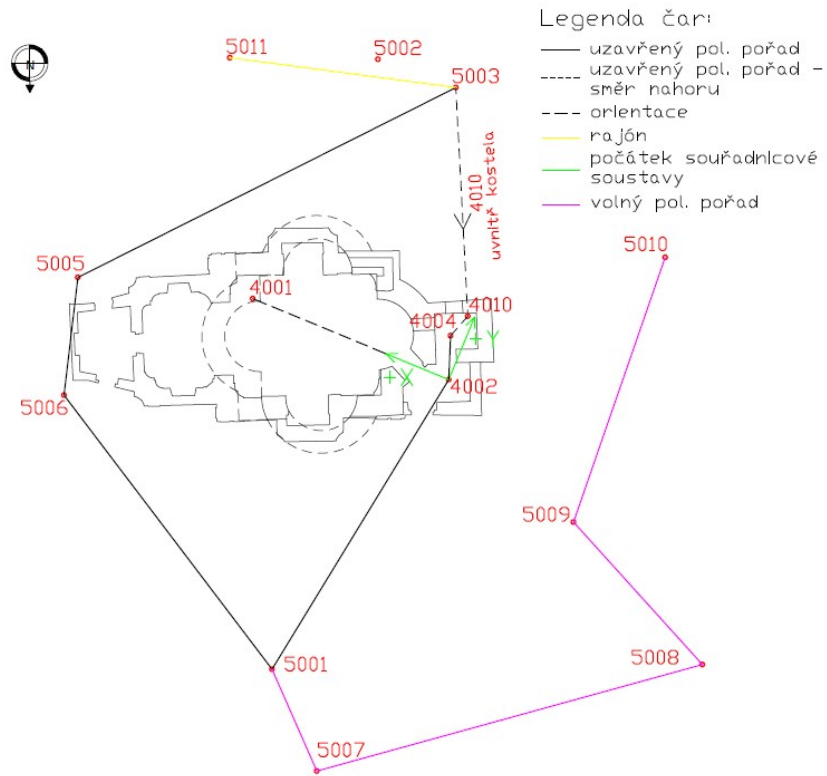
Nastavení parametrů:

- ohnisková vzdálenost 50 mm
- citlivost ISO v rozmezí 400-1200
- čas expozice od 1/100 s do 1/1000 s
- nastavení prioritní clony od F9 do F14
- nastavení výsledných formátů RAW a JPEG

4.2 Zaměření měřické sítě a vlíčovacích bodů

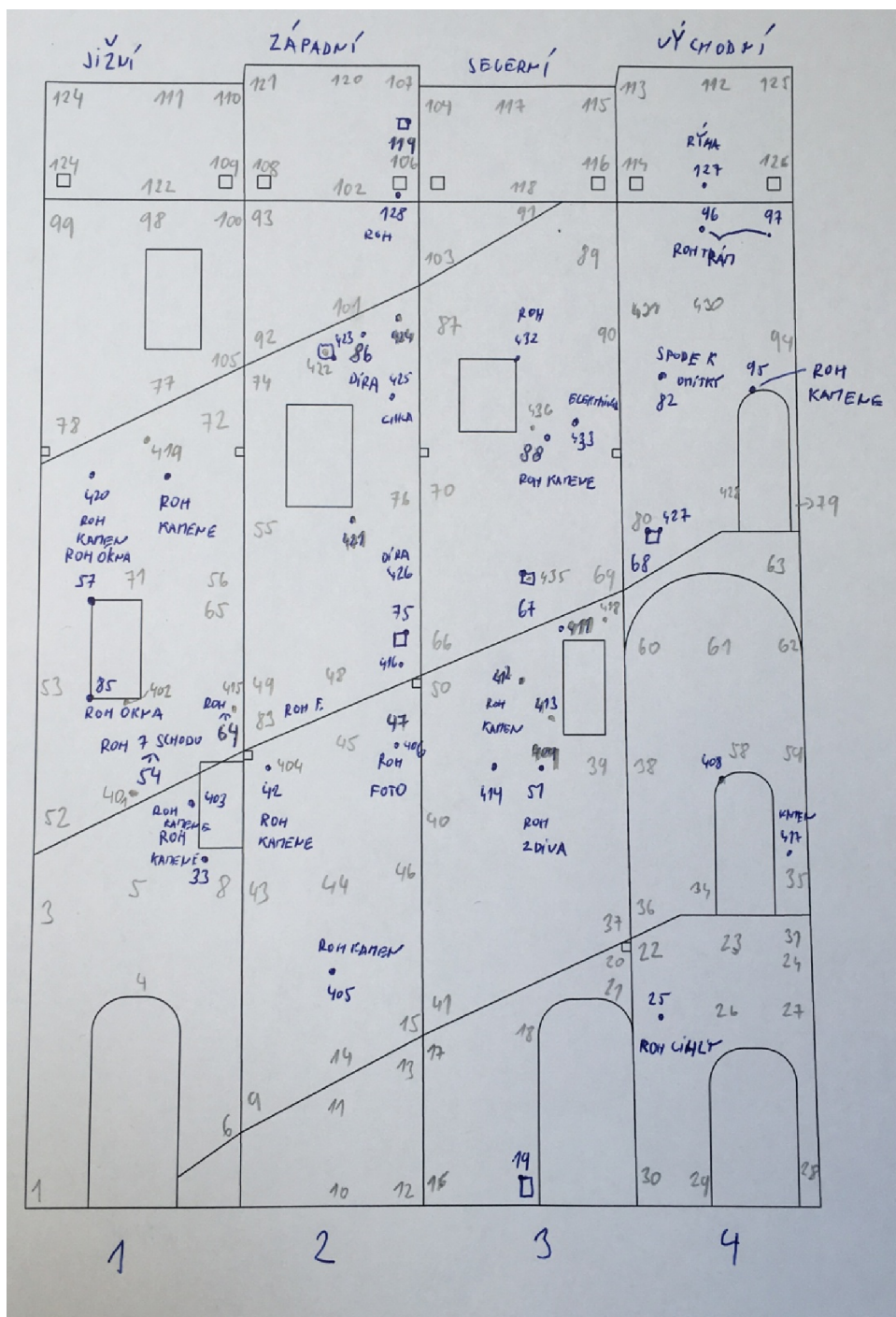
Pro následnou transformaci snímků bylo nutné nejprve navrhnout a pomocí totální stanice zaměřit měřickou síť, přičemž byla snaha tuto síť navrhnout tak, aby se při výpočtech mohl co největší počet bodů vypočítat pomocí uzavřeného polygonového pořadu. Měřická síť tedy vedla od podlahy kostelní věže až na horní podestu. Jelikož vnější stěny věže také podléhaly zpracování, měřická síť byla rozmístěna i vně kostela. Měřická síť byla zaměřena v místním souřadnicovém systému, nebylo nutné ji připojit do systému S-JTSK. Pro přehlednost byla stanoviska měřické sítě uvnitř kostela očíslována body 4001 - 4013 a vně kostela body 5001 - 5011. Stanoviska byla různě stabilizována, a to podle míst kde se nacházela. Uvnitř kostela se využily spáry dlažby a ve věži se stanoviska stabilizovala pomocí napínacích špendlíků zatlučených do schodů. Venkovní stanoviska byla stabilizována buďto dřevěnými kolíky nebo nástřelnými hřeby. Jelikož měření polohové sítě probíhalo uvnitř kostela po úzkých dřevěných schodech na krátké vzdálenosti, muselo se měření pro získání lepších výsledků provést ve dvou polohách dalekohledu na minihranol. Náčrt měřické sítě na obrázku 17. Poté mohlo dojít k zaměření vlíčovacích bodů, které se provádělo již v jedné poloze dalekohledu pomocí bezhranolového módu TS, více o totální stanici v kapitole 3.1. Vlícovací body byly signalizovány pomocí samolepících štítků, v některých částech se však musely zaměřit body přirozeně signalizované. Náčrt vlíčovacích bodů na obrázku 18.

Náčrt měřické sítě



Obrázek 17: Náčrt měřické sítě

[Zdroj: Autor]



Obrázek 18: Náčrt vličovacích bodů

[Zdroj: Autor]

4.3 Technická nivelace

Technická nivelace posloužila pro výškové připojení měřické sítě a vličovacích bodů do ČSNS. Bod číslo la3 – 16 ČSNS se nacházel nedaleko kostela na domě čp. 8 a využil se jako známý bod s výškou Bpv. Od tohoto bodu směřoval nivelační pořad ke kostelu, kde vedl přes body 5001, 5006 a následně byly zaměřeny i body v kostele, a to konkrétně bod 4001 a 4002. Všech těchto bodů se využilo pro připojení měřické sítě

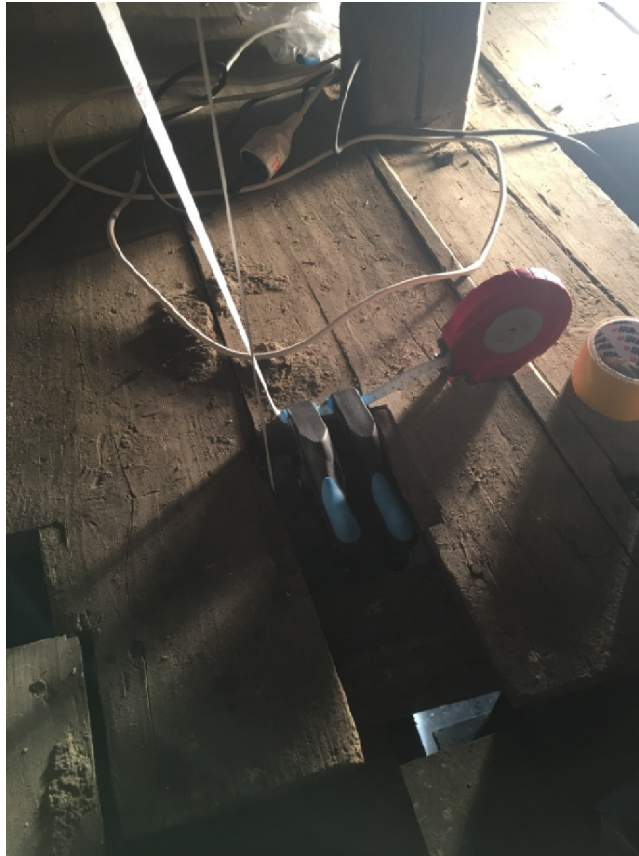
do systému Bpv. Po zaměření bodů byl pořad veden do ulice Nad Náměstím, kde se nacházel další bod ČSNS, konkrétně bod číslo la3 – 15, na kterém byl nivelační pořad ukončen. Náčrt nivelačního pořadu viz obrázek 19. Nivelační údaje bodů la3-16 a la3-15 jsou součástí příloženého DVD 1 (*složka Geodetická měření a výpočty - Nivelace*).



Obrázek 19: Náčrt nivelačního pořadu

[Zdroj: Autor]

Následně bylo pomocí technické nivelace provedeno kontrolní měření ostatních bodů měřické sítě uvnitř věže kostela. Zaměření těchto bodů probíhalo specifickým způsobem, jelikož věž je velice úzká a schody strmé. Středem věže se spustilo pásmo, které se nahoře pevně upevnilo tak, aby se dál nemohlo rozvinout a dole se zatížilo závažím pro napnutí pásma. Prvním krokem bylo přenesení výšky z bodu 4002 na pásmo, a to pomocí nivelačního přístroje umístěného mezi bodem a pásmem. Nejprve proběhlo odečtení vzad na lať stojící na bodě 4002 a následně čtení vpřed na pásmo. Po přenesení výšky na pásmo se obdobným způsobem pokračovalo až po bod 4010. Na závěr proběhla kontrola samotného pásma pro ověření stability jeho upevnění.



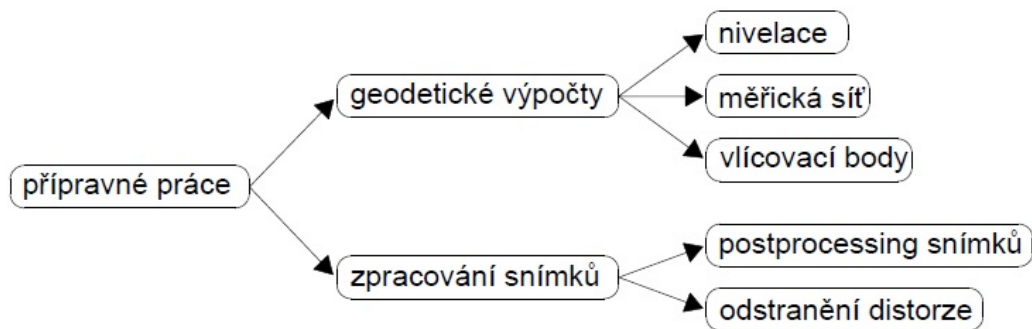
Obrázek 20: Ukázka upevnění pásma

[Zdroj: Autor]

Pro technickou nivelaci a následné kontrolní měření uvnitř věže byl využit nivelační přístroj Foretech M32, více o přístroji v kapitole 3.1. Veškeré naměřené hodnoty se zaznamenaly do zápisníků technické nivelace. Zápisníky s technickou nivelací na příloženém DVD 1 (*složka Geodetická měření a výpočty - Nivelace*).

5 Zpracování geodetických měření a příprava snímků

Před samotným vyhotovením fotoplánů v softwaru Topol bylo nutné si připravit upravené snímky a vlíčovací body. Na obrázku 21 je zobrazeno schéma zpracování geodetického měření a přípravy snímků.



Obrázek 21: Schéma zpracování

[Zdroj: Autor]

5.1 Výpočet technické nivelace

K výpočtu technické nivelace se využil nivelační zápisník. Nejprve se vypočetlo převýšení nivelované mezi body la3-16 a la3-15, které činilo 3,011 m. Následně bylo vypočteno převýšení týchž bodů ze známých výšek B_{pv} těchto bodů, jehož hodnota byla 3,014 m. Nivelační údaje obou bodů, které se převzaly z databáze bodových polí ČUZK^[16]. Rozdíl hodnot, jak je z výše uvedených převýšení patrné, činil - 3 mm. Hodnota rozdílu se poté porovnála s mezním rozdílem, který se vypočetl pomocí vzorce:

$$\Delta_m \leq (20) * \sqrt{R/2}$$

Kde: R délka nivelačního oddílu v km

Δ_m mezní rozdíl

Vypočtený mezní rozdíl vyšel 7 mm, z čehož plyne, že mezní rozdíl nebyl překročen, a tudíž měření splňuje dané požadavky. Vypočtený zápisník technické nivelace se nachází v přílohách na přiloženém DVD 1 (složka Geodetická měření a výpočty - Nivelace).

Číslo bodu	4002	4001	5001	5006
Nadmořská výška [m]	312,303	312,317	311,234	311,771
Využití	Připojovací bod	Připojovací bod	Kontrolní bod	Kontrolní bod

Tabulka 1: Přehled výšek zaměřených bodů

Obdobným způsobem se v zápisníku následně vypočetly výšky bodů, které byly umístěny na schodech věže. Také se provedl výpočet kontroly upevnění pásma. Pásmo se během měření neodvinulo. Rozdíl mezi počátečním měřením a kontrolním měřením jsou 2 mm, což znázorňuje tabulka 2.

	Čtení na lati	Čtení na pásmu	Rozdíl čtení
Počáteční měření [m]	1,657	1,104	0,553
Kontrolní měření [m]	1,787	1,236	0,551

Tabulka 2: Rozdíl mezi počátečním a kontrolním měřením

Číslo bodu	Nadmořská výška [m]
4004	315,683
4005	313,389
4006	315,674
4007	318,053
4008	319,241
4009	320,856
4010	322,257
4011	323,233
4012	324,05

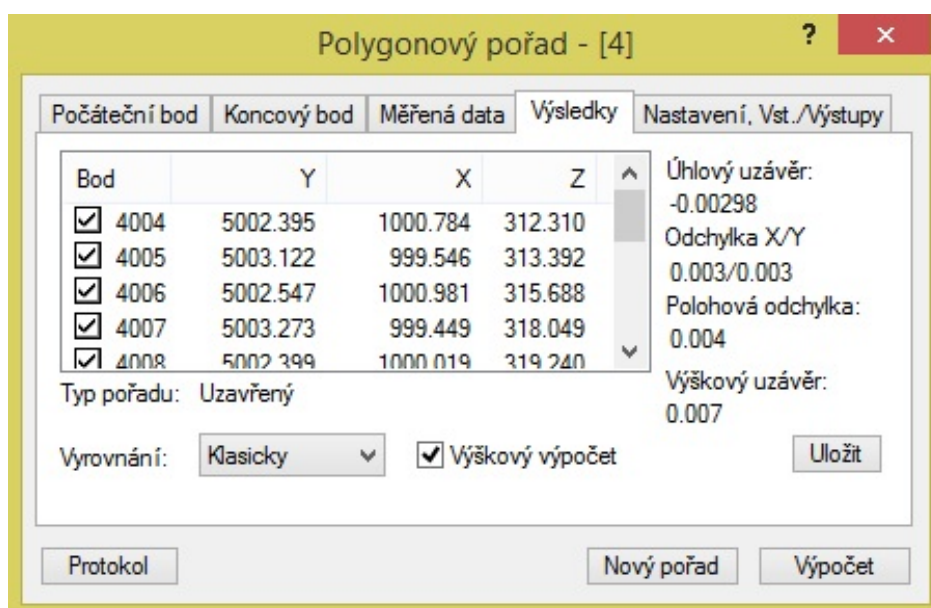
Tabulka 3: Nivelované výšky bodů v kostele

5.2 Výpočet měřické sítě a vřícovacích bodů

Celý výpočet měřické sítě a vřícovacích bodů probíhal v softwaru Groma, více o software viz kapitola 3.3.1. Po vyexportování měřených dat z TS ve formátu asc. se zápisník s měřenými daty v softwaru Groma otevřel a na úvod proběhla krátká kontrola a editace měřených dat. Měřená data ve formátu asc. jsou součástí příloženého DVD 1 (složka *Geodetická měření a výpočty – Měřická síť a vřícovací body*). Poté proběhl

výpočet zápisníků, kde bylo nastaveno zpracování měření v obou polohách, výpočet převýšení, zpracování obousměrné měřené délky a převýšení.

Po vypočtení zápisníků mohlo dojít k výpočtu souřadnic bodů měřické sítě. Pro měřickou síť uvnitř kostela byl využit uzavřený polygonový pořad, který vedl ze stanoviska 4002 nahoru celou věží kostela až na stanovisko 4010, kde pomocí okenního otvoru vedl polygon venkem zpět na bod 4002. Jelikož nebylo nutné mít měřickou síť v souřadnicovém systému S-JTSK, byla pro výpočet zvolena místní souřadnicová soustava s počátkem v bodě 4002 a souřadnicemi $Y=5000,000$ a $X=1000,000$. Osa X byla natočena do spojnice bodů 4002 a 4001, a proto souřadnice bodu 4001 byly voleny $Y=5000,000$ $X=1000,000$ + vodorovná vzdálenost. Po zvolení počátku místního souřadnicového systému mohlo dojít k výpočtu uzavřeného polygonového pořadu, při kterém se využila funkce softwaru Groma v záložce *Výpočty – Polygonové pořady*. Jako počáteční a zároveň koncový bod byl tedy volen bod číslo 4002 s orientací na bod číslo 4001. Při následném výpočtu souřadnic se zvolil i výškový výpočet, kde připojení do výškového systému Bpv proběhlo pomocí známé výšky na bodě 4002 a 4001.



Obrázek 22: Okno pro výpočet polygonového pořadu

[Zdroj: Autor]

Výsledné hodnoty:

- úhlový uzávěr 2,9 mgon
- polohová odchylka 0,004 m
- výškový uzávěr 0,007 m

Kontrola vypočtených výšek z uzavřeného polygonového pořadu proběhla na základě výšek získaných z technické nivelace vně věže kostela.

Protokol o výpočtu polygonu viz příloha 3.

Pro výpočet dalších nezbytných bodů měřické sítě bylo nutné využít v softwaru Groma ještě dalších dvou volných polygonových pořadů, popřípadě funkci v záložce *Výpočty – Polární metoda*. Kompletní seznam souřadnic bodů měřické sítě viz v příloze 4. Jelikož volný polygonový pořad z bodu 5001 na bod 5010 byl stěžejní pro zaměření vlíčovacích bodů, bylo na bodě 5010 provedeno kontrolní zaměření stejných identických bodů jako z bodu 5003. Znázornění těchto bodů viz náčrt měřické sítě. Z bodu 5010 následně měřily vlíčovací body druhé vnější stěny. Po výpočtu těchto bodů z obou stanovisek a porovnání rozdílů souřadnic se mohl volný polygonový pořad považovat za správně zaměřený a vypočtený. V tabulce 4 je znázorněno porovnání identických bodů.

Stanovisko	Číslo bodů	Y	X	Z	Rozdíl v Y[m]	Rozdíl v X[m]	Rozdíl v Z[m]
5010	6001	5004,049	1002,63	317,033	-0,004	0,011	0,006
5003	6001	5004,053	1002,619	317,027			
5010	6002	5003,938	1002,393	319,373	-0,007	0,009	0,005
5003	6002	5003,945	1002,384	319,368			

Tabulka 4: Porovnání identických bodů

K výpočtu bodů 4013 a 5011 zaměřených pomocí rajonů se využila polární metoda v záložce *Výpočty – Polární metoda*.

Před samotným výpočtem vlíčovacích bodů byly porovnány výšky vypočtené z uzavřeného polygonového pořadu a výšky získané technickou nivelací vně kostela. Při měření uzavřeného polygonového pořadu uvnitř kostela byly vzdálenosti mezi body příliš krátké a strmé, proto se do dalších výpočtů převzaly výšky z technické nivelace vně kostela měřené na zavěšené pásmo. Po výpočtu všech stanovisek měřické sítě mohlo pomocí těchto bodů dojít k výpočtu vlíčovacích bodů, a to opět přes funkci v softwaru Groma *Polární metoda*. Celkem bylo vypočteno 246 vlíčovacích bodů.

Jelikož podmínky uvnitř věže kostela nebyly ideální (odstup, úhel záměry, světlo), musely se pro kontrolu některé vlíčovací body zaměřit vícekrát z různých stanovisek. Po výpočtu vlíčovacích bodů se totožné body porovnaly. Jelikož rozdíly porovnávaných bodů nebyly markantní, pro následné zpracování se vždy využil poprvé zaměřený bod. V tabulce 5 je přehled maximálního rozdílu identických zaměřených bodů. Souřadnice těchto bodů jsou na přiloženém DVD 1 (*složka Geodetická měření a výpočty – Měřická síť a vlíčovací body*).

	Y[m]	X[m]	Z[m]
Maximální rozdíl	0,013	0,013	0,012

Tabulka 5: Maximální rozdíl v dvakrát zaměřených bodech

O veškerém zpracování a výpočtech byly vedeny protokoly, které jsou součástí přiloženého DVD 1 (*složka Geodetická měření a výpočty – Měřická síť a vlíčovací body*).

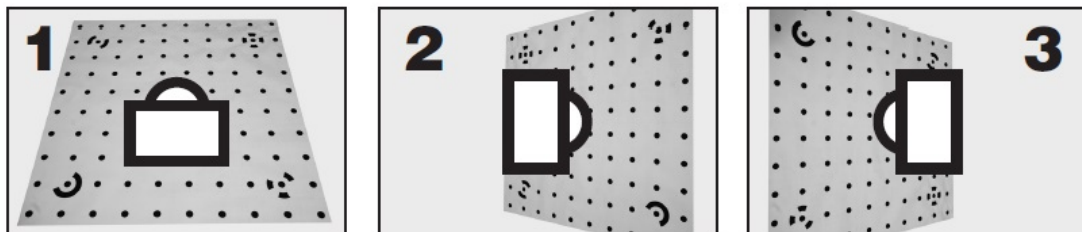
5.2.1 Transformace vlíčovacích bodů do roviny fotoplánu

Pro vytvoření fotoplánů v softwaru Topol bylo nutné 3D vypočtené body transformovat do roviny fotoplánu na 2D souřadnice. K této transformaci se použil software Groma, ve kterém byla využita funkce *Ortogonální vytyčovací prvky*. Vypočtené 3D vlíčovací body se rozřídily podle jednotlivých stěn, na kterých se nacházely. Následně byla pro každou stěnu zvolena přímka mezi dvěma nejvzdálenějšími body a pomocí funkce *Ortogonální vytyčovací prvky* se pro každý bod na stěně vypočetlo staničení a kolmice. Staničení představují souřadnici X a jako souřadnice Y byly využity výšky bodů. Pro lepší přehled se ke všem souřadnicím X přidala hodnota +100. Posledním nutným krokem k nahrání souřadnic do softwaru Topol bylo přidání znaménka mínus před obě souřadnice.

5.3 Kalibrace fotoaparátů

Před samotnou úpravou snímků proběhla kalibrace obou využitých fotoaparátů. Pro zkalibrování fotoaparátů se nejprve nasnímkovalo 12 snímků čtvercového kalibračního pole, a to vždy 3 snímky z každé strany tohoto pole, viz obrázek 23. Také se musel zoom objektivu nastavit stejným způsobem jako při snímkování v terénu. Následné zpracování kalibrace probíhalo v softwaru PhotoModeler Scanner, více o softwaru v kapitole 3.3.2. Vstupními daty byly pořízené snímky a technické parametry

komory (typ těla a objektivu, rozměr čipu, rozsah ohniskových vzdáleností). Po založení projektu, importu 12 snímků a zadání parametrů komory mohlo v PMS proběhnout automatizované vyhledání bodů na snímcích. Po vyhledání bodů proběhla manuální editace označených bodů všech 12 kalibračních polí a dále ruční výpočet kalibrace. Na závěr byla provedena kontrola přesnosti výpočtu kalibrace prostřednictvím protokolu o výpočtu. V tabulce kvality se odstranily body s největší hodnotou *Largest residual* a výpočet se poté opakoval. Stejným způsobem proběhla kalibrace druhého fotoaparátu. ^[17] O výpočtech se zaznamenával kalibrační protokol, který je součástí přiloženého DVD 2.



Obrázek 23: Ukázka nasnímání kalibračního pole pro jednu stranu

[Zdroj: [17]]

5.4 Postprocessing snímků a odstranění distorze

Pro export snímků z fotoaparátů byly použity dva formáty. Formát RAW, ve kterém jsou snímky bez veškerých úprav a formát JPEG se základními úpravami. Kvalita snímků ve formátu JPEG je nižší než v RAW, proto pro vytvoření fotoplánů bylo vhodnější využít formátu RAW. Po exportu proběhl výběr nejlepších snímků s ohledem na jejich obrazovou kvalitu. Kritéria výběru bylo množství stínu a světla a ostrost snímků.

U vnitřních celkových snímků byla distorze odstraněna v softwaru Digital Photo Professional, více o softwaru v kapitole 3.3.2. Do softwaru byly postupně nahrávány celkové vnitřní snímky, přičemž software vždy automaticky vybral využitý typ objektivu. Výhodou tohoto softwaru je přítomnost nahraných kalibračních údajů jednotlivých objektivů, přesněji kalibračních profilů objektivu. Z tohoto důvodu není nutné vyhotovovat vlastní kalibraci, ale využívají se hodnoty typové kalibrace. V softwaru poté proběhl prvotní postprocessing neboli úprava snímků. Využily se nástroje pro korekci expozice, vyvážení bílé barvy, totální úpravy (jas, kontrast) a

úpravy ostrosti. Po hrubé úpravě snímků došlo k vyexportování snímků do formátu TIFF. U těchto celkových vnitřních snímků nebylo nutné mít všechny snímky stejně barevné, jelikož sloužily jen jako pomocné snímky při transformaci. Nutné však bylo zajistit co nejlepší poměr jasu a kontrastu snímků. Pro tuto druhou editaci snímků se využil software FastStone Image Viewer. Více o software v kapitole 3.3.2.

U dílčích vnitřních snímků už bylo nutné, aby k sobě snímky co nejvíce barevně ladily, jelikož z těchto snímků vzniknou výsledné fotoplány. První úprava snímků proběhla v Digital Photo Professional, ve kterém se také využily nástroje pro korekci expozice, vyvážení bílé barvy, totální úpravy (jas, kontrast) a úpravy ostrosti. Po exportu snímků do formátu TIFF. se opět pokračovalo v úpravách v softwaru FastStone Image Viewer, kde se kromě nastavení osvětlení využilo i nastavení barev. Pro odstranění distorze u těchto snímků bylo tentokrát nutné mít vlastní kalibraci fotoaparátu, jelikož odstranění distorze probíhalo v PhotoModeler Scanner pomocí funkce *idealizace snímků*. Po postprocessingu se snímky dále nahrály do PhotoModeleru společně s dříve získaným kalibračním protokolem. Nakonec mohla proběhnout samotná idealizace snímků, tedy odstranění distorze.

Postprocessing vnějších snímků probíhal stejným způsobem jako u dílčích snímků. Také zde byl kladen důraz na to, aby k sobě snímky co nejvíce barevně ladily. Odstranění distorze však neproběhlo v PhotoModeleru, nýbrž byl využit software SIMPhoto. Více o softwaru v kapitole 3.3.2. Pro odstranění distorze se využilo vlastních hodnot z kalibrace fotoaparátu.



Obrázek 24: Ukázka neupraveného (vlevo) a upraveného (vpravo) snímku

[Zdroj: Autor]

K odstranění distorze se vždy využilo více softwarů, avšak celkové vnitřní snímky vypadaly nejlépe ze softwaru Digital Photo Professional. Z vlastní kalibrace tyto snímky po odstranění distorze jevíly částečné zkreslení. Naopak pro odstranění distorze u dílčích snímků byl využit pouze PhotoModeler Scanner, kde hlavní výhodou bylo odstranění distorze u všech snímků najednou. U vnějších snímků byl využit software SIMPhoto, a to z toho důvodu, že snímků zde nebylo tolik a výsledné snímky nenaznačovaly zkreslení, ani nebyla zhoršena kvalita snímků.

6 Tvorba fotoplánu

Pro vytvoření fotoplánů se využil software TopoL a pro následné dokončení byl využit software MicroStation. Vytvoření vnitřních fotoplánů bylo oproti vnějším poněkud komplikovanější, jelikož na dílčích snímcích vnitřních stěn se nacházelo málo geodeticky zaměřených vlíčovacích bodů pro transformaci. Muselo se tedy využít celkových vnitřních snímků, na kterých byl zachycen dostatečný počet vlíčovacích bodů. Tyto celkové snímky nebyly již dále využity pro vyhotovení fotoplánů, neboť nesplňovaly požadovanou kvalitu (např. stíny, zákryty). Celkové snímky sloužily jako vlíčovací podklady pro dílčí snímky. Pro lepší přehled při zpracování byly stěny očíslovány a navrženy názvy fotoplánů viz tabulka 6.

Název fotoplánů	Stěna	
F1.1 Jižní průčelí	1	Vnější
F1.2 Západní průčelí	2	
F1.3 Severní průčelí	3	
F1.4 Východní průčelí	4	
F2.1 Pohled k jihu	1	Vnitřní
F2.2 Pohled k západu	2	
F2.3 Pohled k severu	3	
F2.4 Pohled k východu	4	

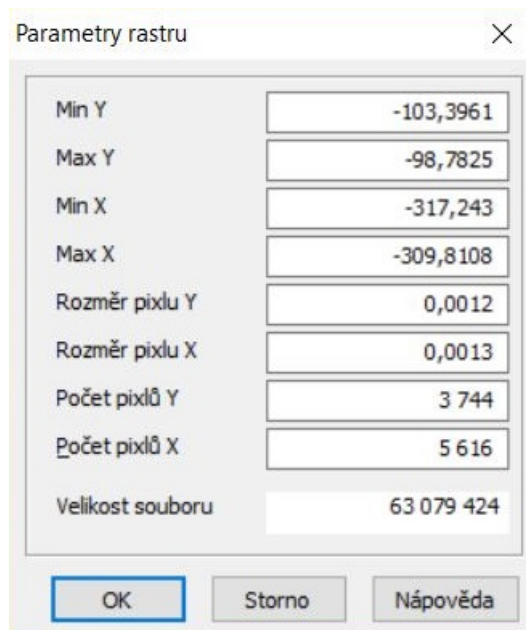
Tabulka 6: Názvy fotoplánů

6.1 Vytvoření fotoplánů v software TopoL

Po přípravě všech snímků s vlíčovými body a všech textových souborů mohlo dojít k vytvoření fotoplánů v TopoLu.

6.1.1 Transformace

Prvním krokem byla transformace celkových vnitřních snímků. Nejprve se dané celkové snímky a jejich textové soubory s vlíčovými body nahrály do softwaru a v záložce *Rast – Geometrické operace – Transformace rastru* se spustila transformace. Po označení všech vlíčovacích bodů software TopoL otevřel transformační tabulku, ve které se zvolil výpočet pomocí kolineární transformace, což je základ pro jednosnímkovou fotogrammetrii. Po výpočtu se v transformační tabulce znázornily vodorovné a svislé odchylky. Maximální dostupná odchylka je dána měřítkem vyhotovených fotoplánů, kterým je v této práci měřítko 1:20. Maximální doporučené odchylky pro toto měřítko by neměly přesahovat 0,010 m. Jelikož zaměření probíhalo ve velice ztížených podmínkách, byly záměry krátké a občas velmi strmé, musely se u některých bodů ponechat odchylky do 0,015 m. Body, které tyto odchylky překračovaly, bylo nutné vypnout a transformační klíč znovu přepočítat. Poté, co všechny vlíčovací body splňovaly požadovanou hodnotu, mohlo dojít k uložení transformační tabulky. Ještě před samotnou transformací snímku byly navoleny parametry výsledného rastru. Jednalo se hlavně o rozměr pixlu v obou směrech, kterým TopoL automaticky zvolil určité hodnoty. Tyto hodnoty bylo nutné u všech vnitřních snímků opravit na stejnou hodnotu, a to hodnotu 1 mm. Nastavení hodnot se volilo dle měřítka, ve kterém budou výsledné fotoplány zpracovány. Tímto postupem se dále transformovaly veškeré celkové fotoplány.



Parameter	Value
Min Y	-103,3961
Max Y	-98,7825
Min X	-317,243
Max X	-309,8108
Rozměr pixlu Y	0,0012
Rozměr pixlu X	0,0013
Počet pixlů Y	3 744
Počet pixlů X	5 616
Velikost souboru	63 079 424

Buttons: OK, Storno, Nápověda

Obrázek 25: Okno pro nastavení parametrů

[Zdroj: Autor]

V dalším kroku mohlo dojít na transformaci dílčích vnitřních snímků. Před transformací se k dílčímu snímku, který měl být transformován, otevřel ve druhém okně celkový již transformovaný snímek, na kterém byl daný dílčí snímek zachycen. U těchto dílčích snímků byly nejdříve označeny zaměřené vlíčovací body. Jelikož se ale na dílčích snímcích nacházely vždy maximálně tři až pět vlíčovacích bodů, bylo nutné tyto body doplnit převzetím z celkových fotoplánů. Po označení zaměřených vlíčovacích bodů se do transformační tabulky přidaly nové body. Pro lepší přehled se tyto body číslovaly podle stěny, na které se nacházel dílčí snímek. Na stěně 1 se číslovaly od 1101, na stěně 2 od 1201, na stěně 3 od 1301 a na stěně 4 od 1401. U těchto bodů se využila funkce *Sejmi pro obě soustavy*, kde bylo nejdříve nutné najít identický bod na obou snímcích. Tento bod se nejprve označil na celkovém natransformovaném snímku a následně na snímku dílčím. Tímto způsobem se vždy doplnily dílčí snímky tak, aby na jednom snímku bylo cca 6 - 8 vlíčovacích bodů. Rozmístění vybraných bodů bylo pokaždé voleno tak, aby co nejlépe doplnily zaměřené vlíčovací body. Následné kroky transformace již byly shodné s transformací celkových snímků.



Obrázek 26: Snímek po sejmutí vřícovacích bodů

[Zdroj: Autor]

Č. bodu	Váha	Zdroj vodorovně [pixely]	Zdroj svisle [pixely]	Cíl vodorovně [m]	Cíl svisle [m]		Odch. vodorovně [m]	Odch. svisle [m]
4	1	3274,4989	3445,9984	-101,082	-314,719	T	0,001	0,0008
5	1	3261,515	2291,6127	-101,106	-315,619	K	-0,0004	-0,0028
7	1	1799,936	3537,0374	-102,233	-314,609	T	0,0006	0,001
8	1	1723,5813	2563,0751	-102,24	-315,405	T	0,0002	-0,0011
403	1	2346,1233	1291,9739	-101,743	-316,319	T	-0,0002	-0,0019
1106	1	3195,9124	1799,2307	-101,1582	-315,9746	T	0,0004	0,0014
1107	1	2629,1351	3266,4397	-101,5712	-314,8533	T	-0,002	-0,0016
1108	1	2562,9947	1930,4492	-101,603	-315,8846	T	0,0003	0,0042

Tabulka 7: Ukázka transformační tabulky

U vnějších snímků nebylo nutné doplňovat zaměřené vřícovací body, transformace tak proběhla identickým způsobem jako u celkových snímků. Jediným rozdílem zde byla volba parametrů, kde hodnota pixlu X a Y byla nastavena na 2 mm.

Veškeré transformační tabulky všech využitých snímků jsou součástí příloženého DVD.

6.1.2 Maskování a mozaikování

Pro spojování dílčích snímků stěny v jeden celkový fotoplán byla využita v záložce *Rast* – *Geometrické operace* funkce *Maskování rastru*.

Každá vnitřní stěna byla rozčleněna na čtyři patra. Maskování snímků tak probíhalo vždy po jednotlivých patrech. Jelikož se výšky pater měnily, každé patro obsahovalo různý počet snímků. Počet snímků využitých při maskování viz tabulka 8. Při maskování snímků daného patra se postupovalo následujícím způsobem. Nejprve byl zkontrolován překryt a návaznost snímků a také barevný soulad snímků. Pro maskování dvou snímků bylo nutné založit vektorový soubor (tzv. blok) a vytvořit databázovou tabulku pro linie a plochy. Po založení bloku mohlo dojít k vytvoření linie řezu pomocí funkce *Vytvořit nové line*. Linie řezu byla vedena takovým způsobem, aby přechody mezi snímky byly co nejméně patrné. K tomu se využily především rohy oken a spáry. Jelikož se snímky po procesu maskování v některých patrech barevně odlišovaly, bylo nutné tyto snímky ještě doladit (citlivě retušovat) v softwaru *FastStone Image Viewer* nebo v softwaru v *Digital Photo Professional* a opět je transformovat a maskovat. Tento postup se několikrát opakoval, dokud snímky nepůsobily jako celek. Následně mohla být jednotlivá patra pomocí funkce *Mozaika* spojena. Oblast pro tvorbu mozaiky byla vybrána pomocí polygonu s dostatečným přesahem.



Obrázek 27: Snímek po opakovaném maskování (vlevo), snímek po prvním maskování (vpravo)

[Zdroj: Autor]

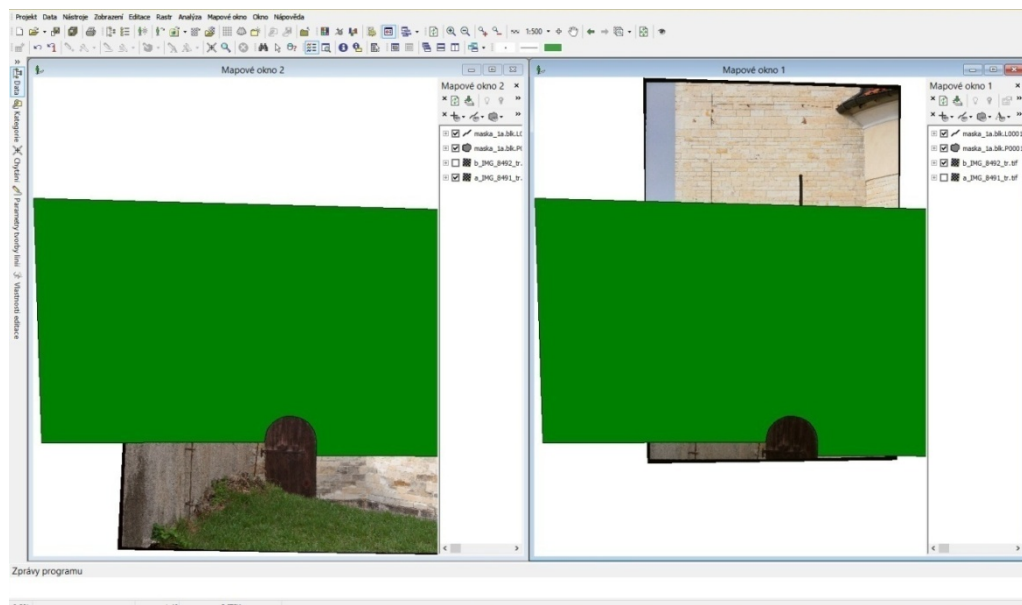
		Počet snímků			
		F2.1 Pohled k jihu	F2.2 Pohled k západu	F2.3 Pohled k severu	F2.4 Pohled k východu
Patro	0	4	2	2	2
	1	6	4	5	4
	2	2	5	5	4
	3	1	3	2	1

Tabulka 8: Počet využitých snímků vnitřních stěn

U vnějších stěn se rovněž využila funkce maskování. Zde však bylo spojení snímků a barevná souladnost kvalitnější, jelikož bylo pro vytvoření celkového fotoplánu vnějších stěn využito maximálně 5 snímků. V tabulce číslo 9 jsou uvedeny názvy vnějších fotoplánů a počet snímků, ze kterých se skládají. Na závěr se také provedla mozaika, ve které se rovněž vybrala oblast pomocí polygonu s dostatečným přesahem.

Název	Počet snímků
F1.1 Jižní průčelí	4
F1.2 Západní průčelí	3
F1.3 Severní Průčelí	2
F1.4 Východní průčelí	3

Tabulka 9: Počet využitých snímků vnějších stěn



Obrázek 28: Vytvoření linie a plochy pro masku

[Zdroj: Autor]

6.2 Příprava fotoplánů pro tisk v softwaru MicroStation

Dokončení fotoplánů proběhlo v softwaru MicroStation. Více o softwaru v kapitole 3.3.3. K fotoplánům byly v softwaru doplněny další náležitosti:

- popisová tabulka
- měřítko
- náčrt situace
- síť křížků
- výškové kóty
- severka
- rám výkresu

Od Dr. Hodače byla získána šablona, ve které již byly předem nadefinované vrstvy se všemi náležitostmi. Po otevření šablony v softwaru se pomocí funkce *RasterManager* nahrál fotoplán. Fotoplán byl automaticky umístěn podle souřadnic a vložen do správné vrstvy. Dále se naimportovaly souřadnice zaměřených vlíčovacích bodů z textového souboru připraveného v požadovaném formátu. Body převzaté z pomocných celkových snímků se zde již nevyužívaly. Pro lepší přehled byly body označeny křížkem a opět vloženy do správné vrstvy. Jelikož nebyla připravená šablona umístěna na stejných souřadnicích jako fotoplán, bylo nutné tuto šablonu k fotoplánu přemístit. Fotoplán se následně doplnil o náčrt, ve kterém se označila stěna podléhající zpracování. Také bylo nutné vyplnit popisovou tabulku, upravit síť křížků a výškové kóty. V MicroStationu se také využila funkce pro vytvoření nepravidelné plochy. Tato plocha se vytvořila přes výsledný fotoplán a následně se použila pro výpočet obsahu zobrazené plochy fotoplánu. Posledním krokem k vytvoření výsledného dílčího fotoplánu v softwaru MicroStationu byl tisk fotoplánu do formátu PDF v měřítku 1:20 na papír formátu 9 x A4. Tímto postupem se vyhotovilo všech osm fotoplánů jednotlivých stěn. Výsledné PDF umožňují vypínat a zapínat vrstvy a lze také využít funkce měření.

Na závěr se v MicroStationu vytvořil celkový fotoplán vnitřních a vnějších stěn. Každý celkový fotoplán představuje rozbalení věže do jedné roviny, tedy umístění dílčích fotoplánů vedle sebe. Pro tyto dva celkové fotoplány již nebylo nutné importovat vřícovací body, proto mohlo dojít ihned po úpravě šablony k vytisknutí fotoplánů. Jelikož by byly celkové fotoplány v měřítku 1:20 příliš rozsáhlé, zvolilo se měřítko 1:50.

Seznam vyhotovené dokumentace a přehled vrstev viz příloha 5, 6.

7 Zhodnocení dosažených výsledků

V této kapitole dojde k zhodnocení všech výsledků od geodetického měření, pořízení snímků, výpočtů až po tvorbu fotoplánů v softwaru TopoL.

7.1 Pořízení a postprocessing snímků

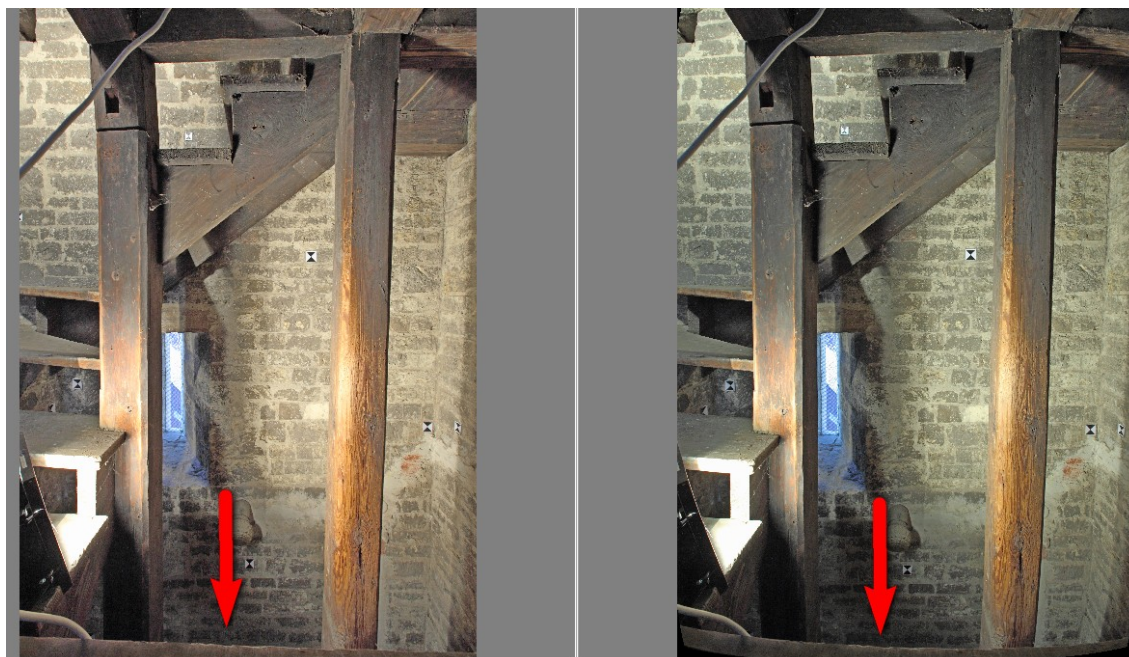
Prvním bodem k získání kvalitních fotoplánů bylo pořízení kvalitních snímků. Snímky by neměly být rozmazané, tmavé, přesvícené. Pro ideální nasnímání vnitřních stěn by bylo zapotřebí, aby se celá věž kostela nasvítla konstantním světlem a nemusely se vždy osvětlovat jen dílčí části, které se snímkovaly. Při snímkování některých dílčích snímků byla využita šedá destička, pomocí které bylo umožněno vyvážení bílé barvy. U snímků bez použití šedé destičky se provedlo vyvážení bílé barvy tak, aby se co nejvíce podobaly snímkům s využitím šedé destičky. Ukázka dvou snímků s rozdílnou kvalitou viz obrázek 29.



Obrázek 29: Využitý snímek (vlevo), nevyužitý snímek (vpravo)

[Zdroj: Autor]

U odstranění distorze snímků se využily různé softwary, z nichž se vždy vybral snímek, ze kterého jevílo nejmenší zkreslení. Porovnání dvou totožných snímků z různých softwarů viz obrázek 30.



Obrázek 30: Využitý snímek (vlevo), nevyužitý snímek (vpravo)

[Zdroj: Autor]

7.2 Geodetické měření a výpočty

Pro vytvoření fotoplánů bylo nutné mít zaměřené vřícovací body. Tyto body se zaměřily z měřické sítě, proto byla nejprve navržena měřická síť kolem celé zájmové oblasti a následně zaměřena TS ve dvou polohách dalekohledu. Měřickou síť bylo také nutno připojit pomocí technické nivelace do systému Bpv. Hlavní část měřické sítě se navrhla tak, aby se dala vypočítat jako uzavřený polygonový pořad. Správnost výpočtů tohoto polygonu byla kontrolována pomocí dosažených přesností, které jsou uvedeny v tabulce číslo 10.

	Úhlový uzávěr [g]	Polohová odchylka [m]	Výškový uzávěr [m]
Uzavřený polygonový pořad	-0,0029	0,004	0,007

Tabulka 10: Přesnost uzavřeného polygonového pořadu

Dále byly ještě zaměřené a vypočtené dva volné polygonové pořady. První posloužil pro dopočet dvou stanovisek 4011 a 4012. Tato stanoviska vedly od bodu 4010, který je součástí uzavřeného polygonového pořadu. Zde proběhla jen kontrola výšek, viz tabulka. Druhý volný polygonový pořad vedl k západní stěně věže, kde se

z posledního stanoviska 5010 zaměřily vřícovací body na západní stěně. Pro kontrolu se ze stanoviska 5010 zaměřily identické body kostela (např. roh cihly, roh okna) obdobně jako ze stanoviska 5003, který je součástí uzavřeného polygonového pořadu. Rozdíly těchto identických bodů viz tabulka 4.

Správnost zaměření technické nivelace byla ověřena pomocí mezního rozdílu, viz tabulka 11.

Převýšení nivelované [m]	Převýšení vypočtené [m]	Rozdíl [m]	Mezní rozdíl [m]	Výsledek měření
3,014	3,011	-0,003	0,007	<i>Vyhovuje</i>

Tabulka 11: Výpočet nivelace

Kontroly správnosti výšek měřické sítě uvnitř věže vypočtené z polygonového pořadu byly porovnány s výškami měřenými pomocí nivelačního přístroje a pásma. V tabulce 12 jsou uvedeny jak výšky získané z polygonu, tak i výšky vypočtené z nivelace a jejich rozdíly.

Č. bodu	Nivelace	Polygon	Rozdíl [m]
4004	312,31	312,31	0
4005	313,389	313,393	-0,004
4006	315,674	315,688	-0,014
4007	318,053	318,044	0,009
4008	319,241	319,236	0,005
4009	320,856	320,852	0,004
4010	322,257	322,252	0,005
4011	323,233	323,234	-0,001
4012	324,05	324,059	-0,009
5006	311,771	311,766	0,005
5001	311,237	311,232	0,005

Tabulka 12: Rozdíly výšek

7.3 Tvorba fotoplánů

Výsledná přesnost fotoplánů byla posouzena pomocí výsledků kolineární transformace. V tomto případě se vyhotovovaly fotoplány v měřítku 1:20, při němž je stanovena maximální doporučená odchylka na použitém vřícovacím bodě 0,01 metru. Pro celkové fotoplány, které se vyhotovovaly v měřítku 1:50 z dílčích fotoplánů, je maximální

doporučená odchylka 0,015 m. Proto při transformaci dílčích fotoplánů byly z důvodu obtížného měření ponechány i vřícovací body, které měly odchylku do 0,015 m. U některých snímků byla tato hodnota překročena, proto byl konkrétní bod vyloučen z výpočtu a výpočet se opakoval. V tabulkách 13, 14 a 15 je znázorněn souhrnný přehled výsledků transformace.

Celkové snímky vnitřní				
	Počet vřícovacích bodů	Počet nevyužitých bodů	Max X [m]	Max Y [m]
F2.1 Pohled k jihu	39	0	-0,0072	0,012
F2.2 Pohled k západu	74	6	0,0093	-0,00124
F2.3 Pohled k severu	75	1	0,0122	0,0070
F2.4 Pohled k východu	54	6	0,0127	0,0096

Tabulka 13: Souhrn transformace celkových snímků

Dílčí snímky vnitřní							
	Počet vřícovacích bodů	Počet vřícovacích bodů	Počet nevyužitých bodů	Max X [m]	Max Y [m]	Max X [m]	Max Y [m]
	Zaměřené	Převzaté z celkových		Zaměřené		Převzaté z celkových	
F2.1 Pohled k jihu	63	36	1	0,0091	0,0106	-0,0063	-0,0115
F2.2 Pohled k západu	63	20	2	0,0089	-0,010	0,0104	0,0088
F2.3 Pohled k severu	70	23	2	0,0109	-0,0056	0,0071	-0,0079
F2.4 Pohled k východu	52	16	2	0,0077	-0,012	-0,0101	0,0108

Tabulka 14: Souhrn transformace dílčích vnitřních snímků

Vnější snímky				
	Počet vřícovacích bodů	Počet nevyužitých bodů	Max X [m]	Max Y [m]
F1.1 Jižní průčelí	19	0	0,0079	0,0055
F1.2 Západní průčelí	19	0	0,0064	0,0054
F1.3 Severní průčelí	14	0	-0,0099	-0,0070
F1.4 Východní průčelí	15	1	0,0067	-0,0075

Tabulka 15: Souhrn transformace vnějších snímků

Velkým problémem při maskování a mozaikování snímků byl barevný nesoulad těchto snímků, tudíž bylo nutné snímky znovu upravit a postup opakovat. Na obrázku vlevo je zobrazena část fotoplánu po prvotním maskování a mozaikování a na obrázku vpravo již fotoplán po několika úpravách.

Dalším problémem byla při zhotovování vnitřních fotoplánů výška stěny. Proto již pořízení dílčích snímků těchto částí bylo obtížné (prostor pro fotoaparát, nekvalitní osvětlení, sklon fotoaparátu). I přes veškerou snahu vytvořit fotoplán celé stěny se na některých fotoplánech nacházejí místa, která nešla zachytit, a to především kvůli nosným dřevěným trámům schodiště. Tyto plochy jsou ve výsledných výkresech vyplněny světle hnědou plochou.

Závěr

V této diplomové práci byl na úvod nastíněn řešený problém a popsán zájmový objekt. V teoretické části byly objasněny využitě metody pro zpracování fotoplánů a charakterizovány použité přístroje a software. V praktické části této práce byl popsán podrobný postup vedoucí ke zpracování fotoplánů.

Hlavním požadavkem od zadavatele bylo vytvořit fotogrammetrickou dokumentaci ve věži kostela v Praze 5 – Řeporyjích. Výstupem této práce jsou čtyři fotoplány, které zachycují vnitřní stěny kostelní věže a jeden celkový fotoplán zachycující tyto čtyři stěny rozbaleny do jedné roviny. Stejný počet fotoplánů byl vytvořen i pro venkovní stěny věže.

Pro získání kvalitních výstupů bylo nutné získat kvalitní vstupní data, která byla pořízena pomocí geodetických přístrojů a fotoaparátů. Při geodetickém měření se prováděla také kontrolní měření pro vyloučení chyb. Data získaná měřeními a snímkováním byla následně zpracována tak, aby mohla být importována do softwaru TopoL. Důležitou součástí při zpracování snímků byla kalibrace fotoaparátu. V softwaru TopoL se nahrané snímky nejdříve transformovaly a spojily pomocí funkce Maskování a Mozaikování.

Veškeré cíle v této diplomové práci, které byly stanoveny ve spolupráci s pracovníky NPÚ v Praze, byly splněny. Výstupy poslouží k dokumentaci aktuálního vzhledu stěn kostelní věže a mohou být využity k dalšímu historickému zkoumání.

Jelikož je kostelní věž úzká a celou věží vede dřevěné schodiště, muselo se při zaměření měřické sítě postupovat velice pečlivě. V této práci se nejdříve rozmístily vlíčovací body, následně se pořídily snímky stěn (celkové a dílčí) a dále proběhlo celkové zaměření. U tohoto postupu vznikl problém, že některé vlíčovací body nebylo možné z měřické sítě zaměřit z důvodu zakrytí dřevěným schodištěm. Proto bych při další takovéto práci v podobně složitém objektu navrhoval postup otočit, a to tak, že bych nejdříve provedl zaměření vlíčovacích bodů a poté snímkoval stěny. Tyto body bych vždy rozmisťoval tak, aby je bylo možné zaměřit a nebyly zakryté jinými objekty.

Seznam použitých zkratk

NPÚ – Národní památkový ústav

FSv – Fakulta stavební

TS – Totální stanice

S-JTSK – systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

Bpv – Balt po vyrovnání

ČSNS – Česká státní nivelační síť

Seznam použitých zdrojů

- [1] VLČEK, Pavel a Dalibor PRIX. *Umělecké památky Prahy*. Praha: Academia, 2017. ISBN 978-80-200-2469-5.
- [2] PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04249-6.
- [3] PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 20*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02762-7
- [4] PROCHÁZKA, Jaromír. *Souřadnicové výpočty* [online]. 2018 [cit. 2019-05-17]
Dostupné:
z http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_8.pdf
- [5] PROCHÁZKA, Jaromír. *Souřadnicové výpočty* [online]. 2015 [cit. 2019-05-17]
Dostupné
z http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_7.pdf
- [6] PROCHÁZKA, Jaromír. *Určování výšek* [online]. 2017 [cit. 2019-05-17]
Dostupné
z http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gd2/prednaska_gd2_1_3.pdf
- [7] *Totální stanice Trimble M3: Technický popis* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné
z http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-788113/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR.pdf
- [8] *Oficiální stránky Canon* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné z <https://www.canon.cz/>
- [9] *Azfoto* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné z <http://www.azfoto.cz/fotoaparaty/canon-eos-450-d>
- [10] *Groma* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné z <http://groma.cz/cz/groma>
- [11] *FastStone Image Viewer* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné z <https://www.faststone.org/FSViewerDetail.htm>
- [12] *PhotoModeler Scanner* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné z <https://www.photomodeler.com/products/scanner/>
- [13] *GIMP* [online]. [cit. 2019-05-16]
Dostupné z <https://docs.gimp.org/2.2/cs/introduction.html>

[14] *TopoL Software* [online]. [cit. 2019-05-16]

Dostupné z <http://www.topol.eu/articles/software>

[15] *MicroStation* [online]. [cit. 2019-05-16]

Dostupné z <http://www.gissoft.cz/MicroStation/MicroStation>

[16] *Databáze bodových polí* [online]. [cit. 2019-05-16]

Dostupné z <http://bodovapole.cuzk.cz/>

[17] HODAČ, Jindřich. *Podklady k vyhotovení fotoplánů*.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Umístění kostela sv. Petra a Pavla	10
Obrázek 2: Pohled na kostel sv. Petra a Pavla	11
Obrázek 3: Půdorys kostela	11
Obrázek 4: Pohled na historický kostel	12
Obrázek 5: Pappova věta	14
Obrázek 6: Ukázka nivelačního oddílu	16
Obrázek 7: Totální stanice Trimble M3	17
Obrázek 8: Nivelační přístroj Foretech M32	18
Obrázek 9: Fotoaparát Canon EOS 5D Mark II	19
Obrázek 10: Objektiv Canon EF 16-35 mm f/2.8L II USM	19
Obrázek 11: Fotoaparát Canon EOS 450 D	20
Obrázek 12: Objektiv Canon EF - S 17 -85 mm	21
Obrázek 13: Okno softwaru Groma	22
Obrázek 14: Okno softwaru FastStone Image Viewer	23
Obrázek 15: Okno softwaru TopoL	24
Obrázek 16: Ukázka stísněného prostoru věže	27
Obrázek 17: Náčrt měřické sítě	29
Obrázek 18: Náčrt vlíčovacích bodů	30
Obrázek 19: Náčrt nivelačního pořadu	31
Obrázek 20: Ukázka upevnění pásma	32
Obrázek 21: Schéma zpracování	33
Obrázek 22: Okno pro výpočet polygonového pořadu	35
Obrázek 23: Ukázka nasnímání kalibračního pole pro jednu stranu	38
Obrázek 24: Ukázka neupraveného (vlevo) a upraveného (vpravo) snímku	40
Obrázek 25: Okno pro nastavení parametrů	42
Obrázek 26: Snímek po sejmutí vlíčovacích bodů	43
Obrázek 27: Snímek po opakovaném maskování (vlevo), snímek po prvním maskování (vpravo)	44
Obrázek 28: Vytvoření linie a plochy pro masku	45
Obrázek 29: Využitý snímek (vlevo), nevyužitý snímek (vpravo)	48
Obrázek 30: Využitý snímek (vlevo), nevyužitý snímek (vpravo)	49

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled výšek zaměřených bodů	34
Tabulka 2: Rozdíl mezi počátečním a kontrolním měřením.....	34
Tabulka 3: Nivelované výšky bodů v kostele	34
Tabulka 4: Porovnání identických bodů	36
Tabulka 5: Maximální rozdíl v dvakrát zaměřených bodech	37
Tabulka 6: Názvy fotoplánů	41
Tabulka 7: Ukázka transformační tabulky.....	43
Tabulka 8: Počet využitých snímků vnitřních stěn.....	45
Tabulka 9: Počet využitých snímků vnějších stěn	45
Tabulka 10: Přesnost uzavřeného polygonového pořadu	49
Tabulka 11: Výpočet nivelace	50
Tabulka 12: Rozdíly výšek	50
Tabulka 13: Souhrn transformace celkových snímků.....	51
Tabulka 14: Souhrn transformace dílčích vnitřních snímků.....	51
Tabulka 15: Souhrn transformace vnějších snímků.....	51

Obsah DVD

DVD 1

Struktura přiloženého DVD 1:

- **Text diplomové práce (.pdf)**

- **Geodetické měření a výpočty**
 - **Nivelace**
 - nivelace připojení - nivelační zápisník (.pdf)
 - nivelace uvnitř věže (.pdf)
 - nivelační údaje
 - **Měřická síť a vřícovací body**
 - měřená data (.asc, .txt)
 - měřický zápisník (.pdf)
 - protokoly o výpočtech (.pro)
 - vypočtené souřadnice bodů měřické sítě a vřícovacích bodů (.txt)
 - náčrty měřické sítě (.pdf)
 - porovnání dvakrát měřených identických bodů (.xlsx)

- **Fotoplány vnější**
 - Kalibrační protokol
 - Vstupní data
 - původní snímky (.cr2)
 - upravené snímky připravené pro zpracování (.tif)
 - rovinné souřadnice vřícovacích bodů (.txt)
 - přehledky vřícovacích bodů (.jpg)
 - 3D souřadnice vřícovacích bodů
 - Výstupy
 - transformační tabulky (.trt)
 - maska (.blk)
 - mozaika (.tfe, .tfw, .tif)
 - parametry (.jpg)
 - **01_MicroStation**
 - mozaiky (tfe, tft, .tif)
 - výkresy z programu MicroStation (.dgn, .dwg)
 - výsledný fotoplán (.pdf)
 - souřadnice pro MicroStation (.txt)

DVD 2

Struktura přiloženého DVD 2:

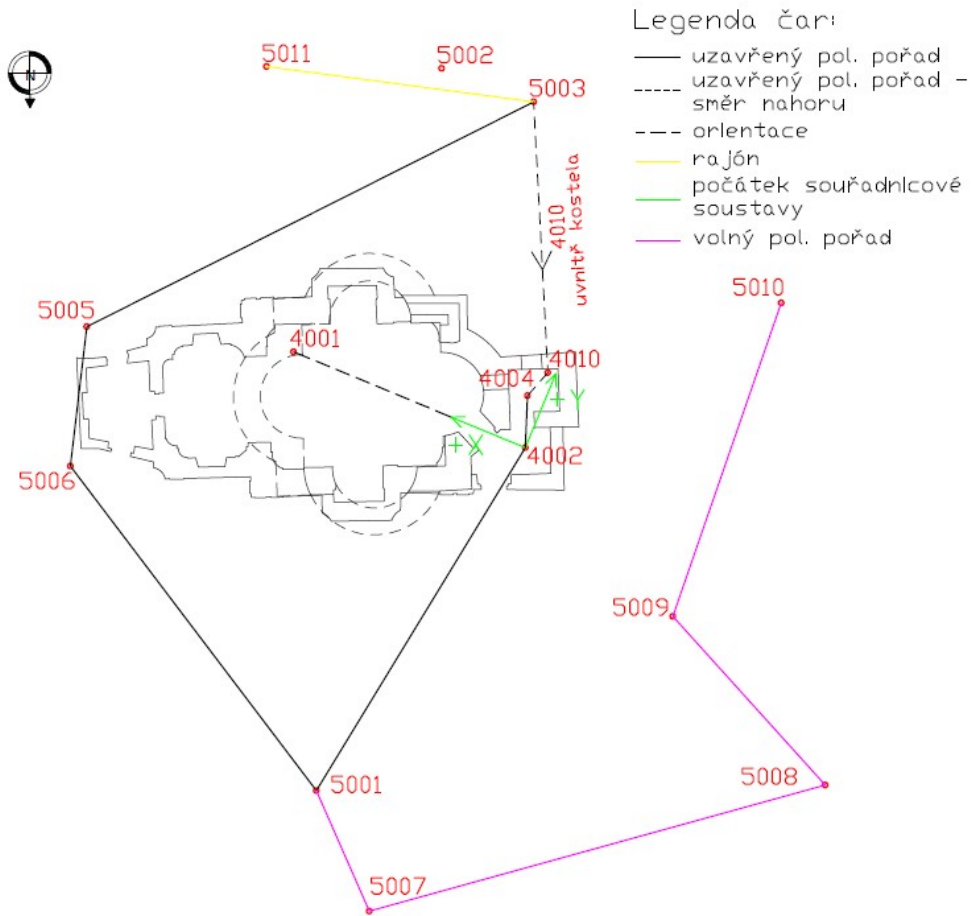
- **Fotoplány vnitřní**
 - Kalibrační protokol
 - Celkové
 - Vstupní data
 - původní snímky (.cr2)
 - upravené snímky připravené pro zpracování (.tif)
 - rovinné souřadnice vřícovacích bodů (.txt)
 - přehledky vřícovacích bodů (.jpg)
 - 3D souřadnice vřícovacích bodů
 - Výstupy
 - transformační tabulky (.trt)
 - transformovaný snímek (.blk)
 - parametry (.jpg)
 - Dílčí
 - Vstupní data
 - původní snímky (.cr2)
 - upravené snímky připravené pro zpracování (.tif)
 - rovinné souřadnice vřícovacích bodů (.txt)
 - přehledky vřícovacích bodů (.jpg)
 - 3D souřadnice vřícovacích bodů
 - Výstupy
 - transformační tabulky (.trt)
 - maska (.blk)
 - mozaika (.tfe, .tfw, .tif)
 - parametry (.jpg)
 - **01_MicroStation**
 - mozaiky (tfe, tft, .tif)
 - výkresy z programu MicroStation (.dgn, .dwg)
 - výsledný fotoplán (.pdf)
 - souřadnice pro MicroStation (.txt)

Seznam příloh

- 1) Náčrt měřické sítě vně kostela
- 2) Náčrt měřické sítě uvnitř věže
- 3) Protokol o výpočtu uzavřeného polygonového pořadu
- 4) Seznam souřadnic měřické sítě
- 5) Seznam vyhotovené dokumentace
- 6) Seznam vrstev výkresů
- 7) Fotoplány

1) Náčrt měřické sítě vně kostela

Náčrt měřické sítě

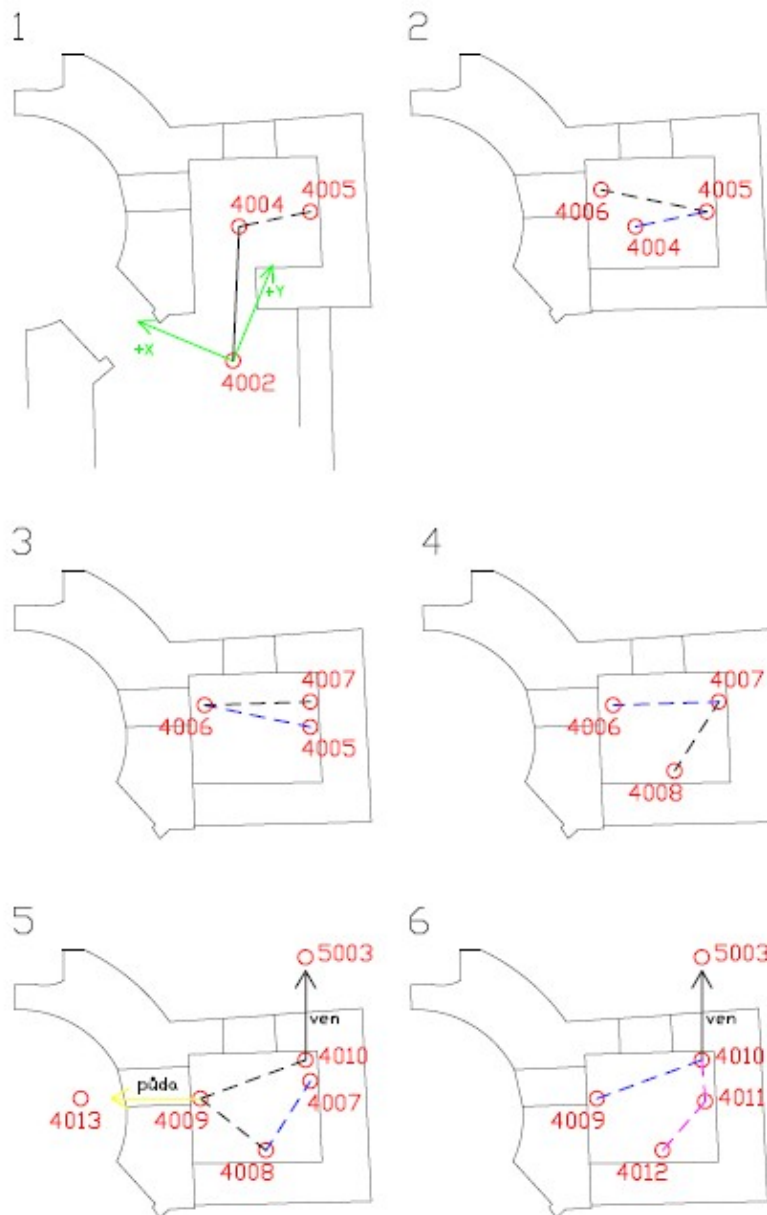


2) Náčrt měřické sítě uvnitř věže

Náčrt měřické sítě uvnitř věže

Legenda čar:

- uzavřený pol. pořad
- uzavřený pol. pořad - směr nahoru
- - - - uzavřený pol. pořad - směr dolů
- rajón
- počátek souřadnicové soustavy
- - - - volný pol. pořad - směr nahoru
- 1-6 výškové úrovně



3) Protokol o výpočtu uzavřeného polygonového pořadu

POLYGONOVÝ POŘAD

Orientace osnovy na bodě 4002:

Bod	Y	X	Z
4002	5000.000	1000.000	312.303

Orientace:

Bod	Y	X	Z
4001	5000.000	1012.557	312.317

Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0 Red.
4001	199.99706	0.00000	0.00000				

Orientační posun : 200.00294g

Orientace osnovy na bodě 4002:

Bod	Y	X	Z
4002	5000.000	1000.000	312.303

Orientace:

Bod	Y	X	Z
4001	5000.000	1012.557	312.317

Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0 Red.
4001	199.99706	0.00000	0.00000				

Orientační posun : 200.00294g

Naměřené hodnoty:

Bod	S zpět	S vpřed	Úhel	V úhlu	
	Směrník	D vpřed	D zpět	D	Dp - Dz

	200.00294				
4002	0.00000	279.86896	279.86896	-0.00023	
	79.87167	2.520	2.520	2.520	0.000
4004	79.86222	366.20364	286.34142	-0.00023	
	166.21286	1.435	1.435	1.435	0.000
4005	134.31519	143.86259	9.54740	-0.00023	
	375.76003	1.546	1.546	1.546	0.000
4006	343.86522	339.93657	396.07135	-0.00023	
	171.83115	1.696	1.696	1.696	0.000
4007	140.16981	105.10714	364.93733	-0.00023	
	336.76825	1.044	1.044	1.044	0.000
4008	305.12658	205.23971	300.11313	-0.00023	
	36.88115	1.358	1.358	1.358	0.000
4009	5.43146	345.39204	339.96058	-0.00023	
	176.84151	1.814	1.814	1.814	0.000
4010	87.61279	178.86747	91.25468	-0.00023	
	68.09596	14.085	14.085	14.085	0.000
5003	378.85890	56.07999	77.22109	-0.00023	
	345.31682	25.020	25.020	25.020	0.000
5005	266.44581	399.52732	133.08151	-0.00023	
	278.39810	5.646	5.646	5.646	0.000
5006	199.52202	358.56735	159.04533	-0.00023	

237.44320 21.126 21.126 21.126 0.000

5001 0.00543 72.48343 72.47800 -0.00023

109.92097 20.090 20.090 20.090 0.000

4002 109.91780 0.00000 290.08220 -0.00023

200.00294

Parametry polygonového pořadu:

Typ pořadu : Uzavřený
 Délka pořadu : 97.380m
 Úhlová odchylka : -0.00298g
 Odchylka Y/X : 0.003m / 0.003m
 Polohová odchylka : 0.004m
 Největší / nejmenší délka v pořadu : 25.020m/ 1.044m
 Poměr největší / nejmenší délka : 1:23.97
 Max. poměr sousedních délek : 1:7.76
 Nejmenší vrcholový úhel : 3.92865g

Vypočtené body:

Bod	Y	X
4004	5002.395	1000.784
4005	5003.122	999.546
4006	5002.547	1000.981
4007	5003.273	999.449
4008	5002.399	1000.019
4009	5003.142	1001.155
4010	5003.788	999.460
5003	5016.141	1006.227
5005	4997.197	1022.572
5006	4991.874	1020.693
5001	4980.153	1003.118

VÝŠKOVÝ VÝPOČET POLYGONOVÉHO POŘADU

=====

Bod1	Bod2	Z tam	Z zpět	dH tam	dH zpět	dH	V dH
4002	4004	128.02820	114.99101	0.007	0.007	0.007	0.000
4004	4005	91.86191	148.50394	1.082	1.082	1.082	0.000
4005	4006	60.52679	159.54069	2.296	2.296	2.296	0.000
4006	4007	61.14588	154.22021	2.360	2.360	2.360	0.000
4007	4008	48.62087	148.92945	1.191	1.191	1.191	-0.000
4008	4009	73.47957	150.93736	1.616	1.616	1.616	-0.000
4009	4010	92.43358	149.16889	1.400	1.400	1.400	0.000
4010	5003	136.83229	66.48012	-8.237	-8.237	-8.237	-0.000
5003	5005	106.34696	95.27621	-2.248	-2.248	-2.248	0.000
5005	5006	104.44191	103.37555	-0.007	-0.007	-0.007	-0.000
5006	5001	101.62835	97.43751	-0.535	-0.535	-0.535	-0.000
5001	4002	99.09822	107.12402	1.068	1.068	1.068	0.000

Výškový uzávěr: 0.007

 Výškové vyrovnání

Bod1	Bod2	dH	dH vyr	V dH
4002	4004	0.007	0.007	0.000
4004	4005	1.082	1.082	0.000
4005	4006	2.296	2.296	0.000
4006	4007	2.360	2.360	0.000
4007	4008	1.191	1.191	0.000
4008	4009	1.616	1.616	0.000
4009	4010	1.400	1.400	0.000
4010	5003	-8.237	-8.236	0.001
5003	5005	-2.248	-2.246	0.002
5005	5006	-0.007	-0.007	0.000
5006	5001	-0.535	-0.533	0.002
5001	4002	1.068	1.069	0.001

Vypočtené výšky:

Bod	Výška
-----	-------

4004	312.310
------	---------

4005	313.392
------	---------

4006	315.688
------	---------

4007	318.049
------	---------

4008	319.240
------	---------

4009	320.856
------	---------

4010	322.256
------	---------

5003	314.020
------	---------

5005	311.774
------	---------

5006	311.767
------	---------

5001	311.234
------	---------

4002	312.303
------	---------

4) Seznam souřadnic měřické sítě

SEZNAM SOUŘADNIC					
Souř. systém: Místní		Zakázka: LFG 2019.01			
Výšk. systém: Bpv		Lokalita: Praha 5 Řeporyje			
Popis: Výšky bodů převzaté z nivelace					
Číslo bodu	Y	X	Z	Kód kvality	Popis
4001	5000,000	1012,557	312,317		STN
4002	5000,000	1000,000	312,303		STN
4004	5002,395	1000,784	312,310		STN
4005	5003,122	999,546	313,389		STN
4006	5002,547	1000,981	315,674		STN
4007	5003,273	999,449	318,053		STN
4008	5002,399	1000,019	319,241		STN
4009	5003,142	1001,155	320,856		STN
4010	5003,788	999,460	322,257		STN
4011	5002,519	999,243	323,235		STN
4012	5002,758	1000,572	324,060		STN
4013	5000,881	1003,946	319,710		STN
5001	4980,153	1003,118	311,237		STN
5002	5015,917	1011,114	313,838		STN
5003	5016,141	1006,227	314,020		STN
5005	4997,197	1022,572	311,774		STN
5006	4991,874	1020,693	311,771		STN
5007	4970,582	996,278	309,037		STN
5008	4985,124	977,597	309,121		STN
5009	4995,920	984,883	311,528		STN
5010	5014,218	984,933	312,903		STN
5011	5012,658	1019,264	314,168		STN

5) Seznam vyhotovené dokumentace

SEZNAM VYHOTOVENÉ DOKUMENTACE				
název výkresu	měřítko	formát	název souboru	přípony
1. Fotoplány				
F1.1 Jižní průčelí	1:20	A1	Stěna_1_jižní_průčelí	dgn, dwg, pdf
F1.2 Západní průčelí	1:20	A1	Stěna_2_západní_průčelí	dgn,dwg, pdf
F1.3 Severní průčelí	1:20	A1	Stěna_3_severní_průčelí	dgn, dwg, pdf
F1.4 Východní průčelí	1:20	A2	Stěna_4_východní_průčelí	dgn, dwg, pdf
F1 Průčelí celek	1:50	A2	Průčelí_celek	dgn, dwg, pdf
F2.1 Pohled k jihu	1:20	A1	Stěna_1_pohled_k_jihu	dgn, dwg, pdf
F2.2 Pohled k západu	1:20	A1	Stěna_2_pohled_k_západu	dgn, dwg, pdf
F2.3 Pohled k severu	1:20	A1	Stěna_3_pohled_k_severu	dgn, dwg, pdf
F2.4 Pohled k východu	1:20	A1	Stěna_4_pohled_k_východu	dgn, dwg, pdf
F2 Pohled celek	1:50	A2	Pohled_celek	dgn, dwg, pdf

6) Seznam vrstev výkresů

Seznam vrstev výkresů	Výchozí stav v PDF
fotoplán	zapnutá
kóty_výškové	zapnutá
měřítko_grafické	zapnutá
popiska + situace	zapnutá
sít_křížků	zapnutá
x_linie_pomocné	vypnutá
x_plocha_zakrytá	vypnutá
x_ram_vykres	zapnutá
x_body_vlícovací	vypnutá

7) Fotoplány

Tato příloha je k diplomové práci přiložena samostatně v deskách, vyhotovené fotoplány jsou vytištěné na formátech papíru A1 a A2.