

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODEZIE A KARTOGRAFIE

OBOR GEODEZIE, KARTOGRAFIE A GEOMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Dům Thunovská č.p181/III (Praha 1) – fotogrammetrická dokumentace vybrané části

House Thunovská No. 181/III (Praha 1) – photogrammetric documentation of selected part

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

Katedra geomatiky

Květen 2017

Jakub Mikeš



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mikeš	Jméno: Jakub	Osobní číslo: 423987
Zadávací katedra: Katedra geomatiky - K155		
Studijní program: Geodézie a kartografie - B3645		
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika - 3646R011		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Dům Thunovská č.p. 181/III (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části	
Název bakalářské práce anglicky: House Thunovská No. 181/III (Prague 1) - photogrammetric documentation of selected part	
Pokyny pro vypracování: <ul style="list-style-type: none">- 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: Vášová Barbora - Dům Thunovská č.p. 181/III (Praha 1) - měřická dokumentace vybrané části bakalářská práce; Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Praha 2016	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Jindřich Hodač, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 24. února 2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28. května 2017 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

24. 2. 2017	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Hlavní naplní této bakalářské práce je měřická dokumentace vybrané části objektu, jejímž výsledkem je osm jednotlivých fotoplánů a dva celkové fotoplány.

K vytvoření fotoplánů se využily poznatky z jednosnímkové pozemní fotogrammetrie. Během zpracování těchto fotoplánů jsem využíval geodetické přístroje pro technickou nivelaci a úhlové a délkové měření.

Vytvoření jednotlivých fotoplánů slouží k zachycení tehdejšího stavu objektu. Vybrané části, které podléhaly zpracování, byly zadané od zadavatele, kterým je územní pracoviště Odboru archeologie Národního památkového ústavu v Praze.

Klíčová slova

Jednosnímková fotogrammetrie, fotoplán, měřická dokumentace, gotický dům, software TopoL, software MicroStation, transformace

Abstract

The main contents of this bachelor thesis is the surveying documentation of selected parts of the building – the result is eight individual photoplans and two total photoplans.

Pieces of knowledge of one shot terrestrial photogrammetry were used for creation of photoplans. During process of these photoplans I was using geodetically apparatuses for technical leveling and angular and length measurement.

The creation of individual photoplans serves for caught of current state of object. The selected parts, which are subjects to processing, were placed by authority, who is regional office of Department of archeology National Heritage Institute in Prague.

Keywords

One shot photogrammetry, photoplan, surveying documentation, gothic house, software TopoL, software MicroStation, transformation

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Dům Thnunovská č. p. 181/III (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části“ vypracoval samostatně a použil výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Jindřichu Hodačovi, Ph.D. za odborné vedení při vypracování bakalářské práce, podnětné postřehy a příjemnou spolupráci. Dále děkuji panu Ing. arch. Matoušovi Semerádovi za vstřícný přístup po celou dobu měření.

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

Obsah

Úvod.....	8
1 Popis objektu a jeho historie.....	9
2 Úvod do problematiky	11
2.1 Fotogrammetrie	11
2.1.1 Jednosnímková fotogrammetrie.....	12
2.2 Geometrická nivelace.....	13
2.3 Polygonové pořady.....	14
2.4 Rajón	15
3 Použité přístroje a software.....	16
3.1 Přístroje	16
3.2 Použité software	18
4 Geodetické měření a snímkování.....	21
4.1 Zaměření polohové sítě a vřícovacích bodů.....	21
4.2 Nivelace.....	23
4.3 Fotografování	24
5 Zpracování geodetických měření.....	25
6 Tvorba fotoplánu.....	29
6.1 Export a úprava fotografií	29
6.2 Vytvoření fotoplánů v software TopoL.....	31
6.2.1 Transformace	31
6.2.2 Maskování a mozaikování	33
6.3 Příprava fotoplánů pro tisk v softwaru MicroStation.....	35
6.4 Vytvoření souhrnných fotoplánů v softwaru MicroStation	37
7 Zhodnocení dosažených výsledků	39
Závěr	41
Seznam použitých zkratk	42
Seznam použitých zdrojů.....	43
Seznam obrázků.....	44
Seznam tabulek	45
Seznam příloh	46

Úvod

Hlavním cílem mé bakalářské práce je vytvoření osmi jednotlivých fotoplánů a dvou celkových fotoplánů. Materiály pro zpracování tohoto tématu jsou získány z objektu, který se nachází v ulici Thunovská č. p. 181/III, Praha 1 pod Pražským hradem. Objekt je zkoumán Národním památkovým ústavem (dále NPÚ) s vedoucím průzkumu Ing. arch. Matoušem Semerádem. Dochází zde k rekonstrukci za účelem vybudování nových bytových jednotek.

Téma mé bakalářské práce vzniklo v rámci dlouhodobé spolupráce na katedře Geomatematiky Fakulty stavební (dále Fsv) ČVUT, konkrétně u pana Ing. Jindřicha Hodače ve spolupráci s pracovištěm NPÚ pro Prahu v zastoupení Ing. arch. Matouše Semeráda.

Hlavní náplní bakalářské práce jsou měřické práce a fotogrammetrická dokumentace, přesněji jednosnímková fotogrammetrická dokumentace.

Bakalářská práce je rozdělena na dva hlavní bloky. V prvním bloku (kapitola. 1 – 3) je popsán samotný objekt, použité metody, využití přístroje a softwary. V druhé části bakalářské práce (kapitola. 4 – 7) je popsáno celkové vytvoření fotoplánů, a to od rekognoskace až po samotný tisk fotoplánů.

V závěru jsou popsány výstupy bakalářské práce a zhodnoceny dosažené výsledky.

1 Popis objektu a jeho historie

Popis objektu

Dům se nachází v Praze 1, na Malé Straně pod Pražským hradem. Konkrétně v ulici Thunovská, kousek od Malostranského náměstí. K západnímu obdélníkovému jádru, štítem směřujícím k zámeckým schodům, se připojuje na východě křídlo lichoběžníkového tvaru, jehož štít směřuje do Thunovské ulice, kde se také zároveň nachází hlavní vchod do domu. Objekt je postaven ve svažitém terénu, a proto je dispozice domu velice složitá.



Obrázek 1: Dům Thunovská č. p. 181/III (Praha 1)

[Zdroj: Autor]

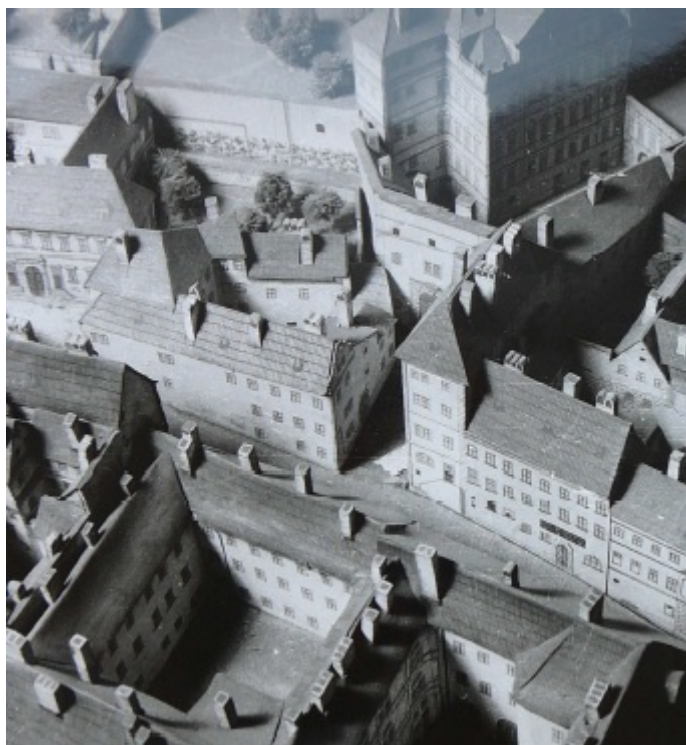
Historie

První dochovaný písemný záznam je údajně z roku 1466. Složitost půdorysu ukazuje, že se jedná o objekt postavený v gotickém slohu, a tudíž jeho historie může sahát až do období vrcholného středověku, do konce 13. století.

Od dob husitských válek až po dobu 30 leté války vlastnilo dům několik majitelů, došlo k několika požárům a nuceným přestavbám. Nejhorší stav domu se datuje do období po 30 leté válce. Česká komora v roce 1633 vypracovala zprávu o stavu domu a doporučila českému králi Ferdinandu II. objekt zbořit. Král na doporučení české komory nebral zřetel. Dům se nechal zastřešit a provedly se nejnnutnější opravy.

Až do roku 1935 vlastnila dům řada majitelů. Jedním z nich byl Jan Josef, hrabě Thun na Klášterci, podle kterého se jmenuje ulice, ve které dům stojí. Všichni vlastníci prováděli pouze nejnnutnější opravy a stav domu se po staletí nelepšil. V roce 1900 Magistrát zjistil zdravotní a stavební závady, v roce 1935 i statické narušení a trhliny. Celé 20. století se nese v duchu oprav a úprav. Štíty se zpevnily železnou konstrukcí, měnil se krov a krytina střechy, několikrát se opravovala fasáda domu, zrušila se konírna a žumpa. V roce 1992 probíhá opět oprava fasády a vstup do objektu je osazen bustou W. Churchila.

V současnosti prochází dům celkovou rekonstrukcí, při které zde vznikají nové bytové jednotky.^[1]



Obrázek 2:Pohled na historický model objektu (v levé střední části obr.)

[Zdroj: obrázek převzat z [1]]

2 Úvod do problematiky

Tato kapitola popisuje teoretický základ pro tvorbu fotoplánů a dále pak polygonový pořad a rajón.

2.1 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je vědní obor, který získává informace o předmětech na základě exaktního měření, nejčastěji geometrické informace z obrazového (fotografického) záznamu. Fotografický záznam lze provádět více způsoby, buďto klasicky nebo digitálně. Záznam lze získat z různých zařízení, které mohou mít rozdílné výstupní přesnosti. Nejideálnější fotografický snímek je středovým průmětem zobrazeného předmětu. Ve fotogrammetrii jde o převedení tohoto středového průmětu, nevhodného pro zobrazení skutečností do map, na průmět pravoúhlý, který se u map užívá. Tato metoda měření se od jiných liší především tím, že se sběr a měření informací neprovádí na samotném předmětu měření, ale na snímcích. Fotogrammetrie je součástí oboru geodezie a kartografie, kde je využita hlavně jako mapovací metoda, ale uplatnění nachází i v různých oblastech lidské činnosti, například v památkové péči aj.

Fotogrammetrie se dělila na leteckou a pozemní. Obě větve používaly odlišné pracovní postupy. V dnešní době se všechny metody řeší velmi podobnou technologií a na stejném zařízení. V současné době lze fotogrammetrii dělit podle:

- polohy stanoviska:
 - pozemní (terestrická, blízká) fotogrammetrie
 - letecká fotogrammetrie
 - družicová fotogrammetrie
- počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků:
 - jednosnímková fotogrammetrie
 - vícesnímková fotogrammetrie
 - stereofotogrammetrie,
 - průseková fotogrammetrie
- technologie způsobu zpracování:
 - metody analogové
 - metody analytické
 - metody digitální

- typu výstupu:
 - grafické
 - číselné (numerické)

2.1.1 Jednosnímková fotogrammetrie

Jednosnímková fotogrammetrie se využívá jak v pozemní, tak i v letecké fotogrammetrii. Může své uplatnění ale najít také v družicové fotogrammetrii. Tato metoda využívá pouze samostatných snímků. Na snímku lze měřit pouze rovinné souřadnice, proto lze jednosnímkovou fotogrammetrií určit opět pouze rovinné souřadnice. Měřené předměty tak musí být rovinné nebo rovinně se blížící, například nepřilíhající členěné fasády domů, archeologické naleziště. Jednosnímková fotogrammetrie se dále využívá například při zaměřování fresek či při vlícování řezů (metoda světelných řezů). Řešením této metody je tzv. kolineace, která je vyjádřena projektivní transformací.

Pokud jsou roviny rovnoběžné, je vztah mezi snímkem, objektem a mapou jednoduchý a změna je pouze v měřítku. Často ale roviny rovnoběžné nejsou, tudíž je měřítko ve snímku různé s polohou na snímku z důvodu proměnné vzdálenosti k jednotlivým bodům a dochází tak k perspektivnímu zkreslení. Ve skutečnosti není žádný objekt naprosto rovinný, proto vznikají radiální posuny podrobných bodů. Ideální geometrický vztah mezi dvěma rovinami se nazývá Pappova věta.

Matematické vyjádření této věty je kolineární transformace mezi snímkem a mapou. Jde o transformaci ze 3D do 2D. Tento převod je zjednodušeně popsán vztahy:

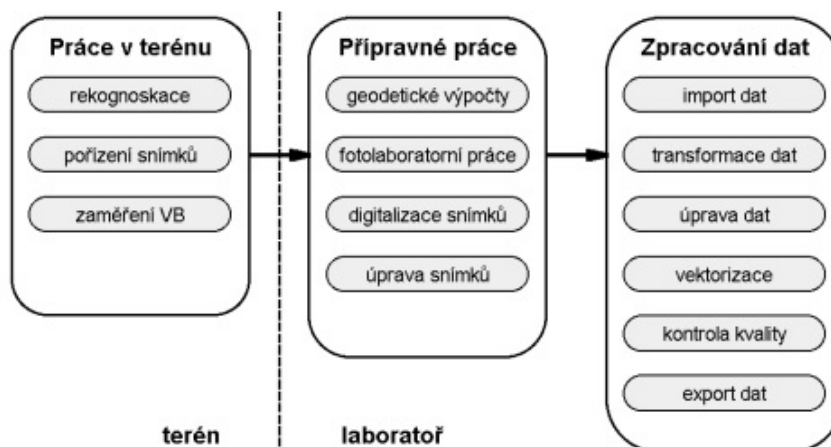
$$X = \frac{a_1x' + a_2y' + a_3}{c_1x' + c_2y' + 1}$$

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

*X, Y - geodetické souřadnice
x', y' - souřadnice vlícovacích bodů
a, b, c - koeficienty*

Pro výpočet transformačního koeficientu je potřeba vždy minimálně čtyř vlícovacích bodů (osm neznámých). Přesnost fotonáplánu je ovlivněna mj. měřítkem snímku a hloubkovou členitostí zaměřovaného objektu. Na obrázku. 3 je shrnuta technologie tvorby fotonáplánů, která bude podrobněji popsána v následujících kapitolách. ^[2]

Jednosnímková fotogrammetrie se v této práci uplatnila při tvorbě fotoplánů (viz kapitola. 6).



Obrázek 3: Postup zpracování fotoplánů

[Zdroj: http://fgm.fsv.cvut.cz/data/download/m_TopoL_fotoplan.pdf]

2.2 Geometrická nivelace

Princip spočívá v určení převýšení dvou bodů s rozdílnou výškovou odlehlostí. Máme-li větší vzdálenost bodů A a B nebo větší převýšení mezi body, je nutné rozdělit vzdálenost na několik nivelačních sestav. Tyto sestavy tvoří mezi dvěma sousedními body nivelační oddíl a ty následně tvoří nivelační pořad. Nivelační pořady lze dělit na vložené, uzavřené, volné a plošné.

Rozdělení nivelace dle přesnosti:

- Zvlášť přesná nivelace $\Delta_m \leq 1,5 * \sqrt{R}$
- Velmi přesná nivelace $\Delta_m \leq (1,5 - 2,25) * \sqrt{R}$
- Přesná nivelace $\Delta_m \leq (3 - 5) * \sqrt{R}$
- Technická nivelace $\Delta_m \leq (20 - 40) * \sqrt{R}$

V této práci je využita pouze nivelace technická (viz kapitola. 4.2). K technické nivelaci se používají nivelační přístroje, pro jejichž směrodatnou kilometrovou odchylku platí $S_{km} \leq 5,0$ mm. Další nezbytné pomůcky jsou nivelační lať a nivelační podložka. Délky záměr jsou voleny s ohledem na sklonitost terénu. Záměry nejsou rozměřovány, ale pouze se krokují. Jejich vzdálenost je maximálně 120 m, ale doporučuje se max. 60 – 80 m. ^[3]

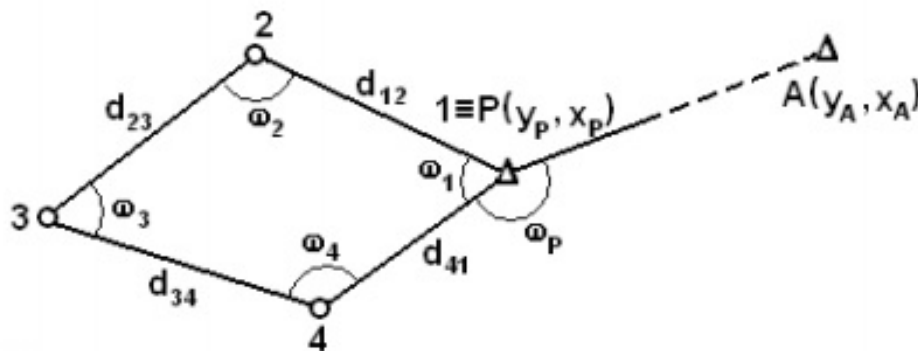
2.3 Polygonové pořady

Metoda, která umožňuje současné určení souřadnic více bodů podrobného bodového pole, jsou polygonové pořady. Začínají a končí na bodech, které mají známé souřadnice a určují souřadnice mezilehlých bodů pomocí měřených vodorovných úhlů a délek.

Rozdělení polygonových pořadů:

- z hlediska délky stran:
 - s dlouhými stranami (200 až 1500 m)
 - s krátkými stranami (50 až 200 m)
- z hlediska připojení na dané body:
 - oboustranně připojené a orientované
 - neorientované
 - jednostranně připojené a orientované
- z hlediska účelu:
 - polygonové pořady pro určení zhušťovacích bodů
 - polygonové pořady pro určení ostatních bodů

V této bakalářské práci byl využit jednostranný připojený a orientovaný pořad (viz kapitola 4.1), konkrétně uzavřený pořad s orientací, viz obrázek 4. Jde o pořad, který vychází a končí ve stejném bodě. ^[4]

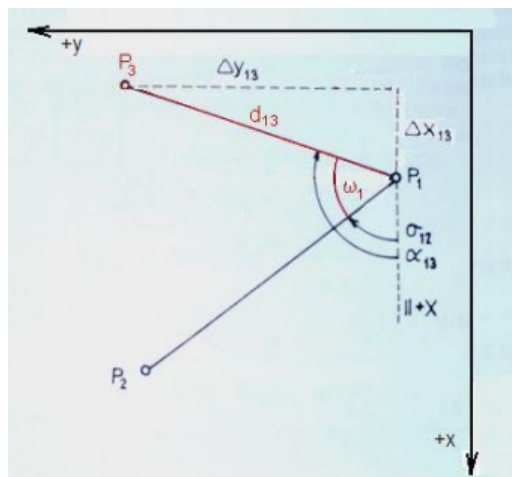


Obrázek 4: Schéma uzavřeného polygonového pořadu

[Zdroj: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_9.pdf]

2.4 Rajón

Pro výpočet rovinných pravoúhlých souřadnic jednoho bodu je nutné mít měřené dvě veličiny, a to úhel a délku. Tého metody bylo využito pro zjednodušení měřické sítě (viz kapitola. 4.1). Z těchto bodů se dále měřily vlíčovací body. Znázornění rajónu, viz obrázek 5. ^[5]



Obrázek 5: Schéma rajónu

[Zdroj: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_7.pdf]

3 Použité přístroje a software

Tato kapitola je věnována použitým přístrojům, které sloužily pro zaměření objektu a dále softwarům, které bylo nutné použít k vyhotovení fotoplánů.

3.1 Přístroje

Totální stanice

Na zaměření polohové sítě se využila totální stanice od značky Trimble, konkrétně stanice Trimble M3 (v. č.:C652356). Tuto totální stanici zapůjčila Katedra speciální geodezie. Úhlová přesnost činí 5 mgon a délková přesnost 2 mm + 2 ppm s měřením na hranol. V zaměření bylo také využito bezhranolové měření, kde se úhlová přesnost od hranolového měření neliší a délková přesnost dosahuje 3 mm + 2 ppm. Totální stanice (dále TS) také disponuje laserovou stopou, která byla využita při zaměření lícovacích bodů. TS je také vybavena vnitřní pamětí, díky níž se naměřená data ukládala. ^[6]



Obrázek 6: Totální stanice Trimble M3

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

Nivelační přístroj

Pro technickou nivelaci byl využit přístroj Foretech M32 (v. č.: G05661). Nevýhodou tohoto přístroje je zaznamenávání hodnot do nivelačního zápisníku, neboť přístroj nemá paměť pro zaznamenávání naměřených hodnot.



Obrázek 7: Nivelační přístroj Foretech M32

[Zdroj: *Autor*]

Fotoaparát Canon EOS 5D Mark II

Pro pořízení snímků byla využita poloprofesionální digitální zrcadlovka Canon.

Vlastnosti Canon EOS 5D Mark II:

- rozlišení 21,1 Mpx
- formát snímače 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)
- 9bodů AF + pomocných bodů AF



Obrázek 8: 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

Tento objektiv byl použit společně s fotoaparátem pro pořízení snímků. Disponuje konstantní světlostí $f/2,8$, díky které je ideální pro profesionální fotografování při slabém světle, jde o velmi kvalitní objektiv typu širokoúhlý zoom. ^[7]



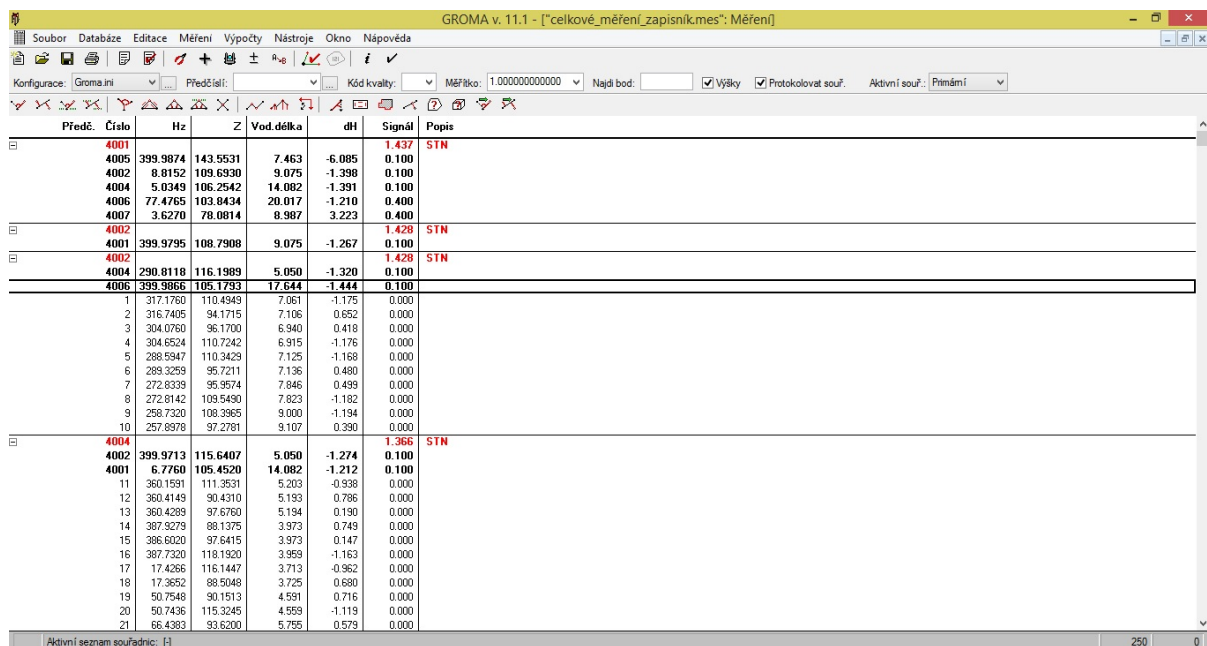
Obrázek 9: Objektiv Canon EF 16-35 mm f/2.8L II USM

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

3.2 Použité software

Groma

Program Groma slouží ke geodetickým výpočtům. Dají se zde počítat všechny základní geodetické úlohy, a to od samého začátku až po výsledný seznam souřadnic. Výhodou je prvotní zpracování zázpisníku získaného z totální stanice. O každém výpočtu je veden textový protokol. Program Groma disponuje i grafickým oknem, kde se dají zobrazit vypočtené souřadnice. ^[8]



GROMA v. 11.1 - ["celkové_měření_zapisknikmes": Měření]

Předč.	Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Popis
4001						1.437	STN
4005	399.9874	143.5531	7.463	-6.085	0.100		
4002	8.8152	109.6930	9.075	-1.398	0.100		
4004	5.0349	106.2542	14.082	-1.391	0.100		
4006	77.4765	103.8434	20.017	-1.210	0.400		
4007	3.6270	78.0814	8.987	3.223	0.400		
4002						1.428	STN
4001	399.9795	108.7908	9.075	-1.267	0.100		
4002						1.428	STN
4004	290.8118	116.1989	5.050	-1.320	0.100		
4006	399.9866	105.1793	17.644	-1.444	0.100		
1	317.1760	110.4949	7.061	-1.175	0.000		
2	316.7405	94.1715	7.106	0.652	0.000		
3	304.0760	96.1700	6.940	0.418	0.000		
4	304.6524	110.7242	6.915	-1.176	0.000		
5	288.5947	110.3429	7.125	-1.168	0.000		
6	289.3259	95.7211	7.136	0.480	0.000		
7	272.8339	95.9574	7.846	0.499	0.000		
8	272.8142	109.5490	7.823	-1.182	0.000		
9	258.7320	108.3965	9.000	-1.194	0.000		
10	257.8978	97.2781	9.107	0.390	0.000		
4004						1.366	STN
4002	399.9713	115.6407	5.050	-1.274	0.100		
4001	6.7760	105.4520	14.082	-1.212	0.100		
11	360.1691	111.3531	5.203	-0.936	0.000		
12	360.4149	90.4310	5.193	0.796	0.000		
13	360.4289	97.6760	5.194	0.190	0.000		
14	387.9279	88.1375	3.973	0.749	0.000		
15	386.6020	97.6415	3.973	0.147	0.000		
16	387.7320	118.1920	3.959	-1.163	0.000		
17	17.4266	116.1447	3.713	-0.962	0.000		
18	17.2652	88.5048	3.725	0.680	0.000		
19	50.7548	30.1513	4.591	0.716	0.000		
20	50.7436	115.3245	4.559	-1.119	0.000		
21	66.4383	93.6200	5.755	0.579	0.000		

Obrázek 10: Okno softwaru Groma

[Zdroj: Autor]

Digital Photo Professional v. 3.14.47.0

Software vytvořila společnost Canon a slouží pro zpracování, prohlížení a úpravy snímků typu RAW. V tomto programu se můžou provádět základní i pokročilé úpravy snímků, například otočení snímku, úprava vyvážení bílé, úprava barev, úprava dynamického rozsahu. [7]

SIMphoto

Program SIMphoto je zaměřen na zpracování rastrových dat metodou jednosnímkové fotogrammetrie. Slouží pro tvorbu fotoplánů, ale v této bakalářské práci byl využit pouze pro odstranění distorze objektivu. Program má ještě několik dalších funkcí, například vložení grafického měřítka nebo otočení rastru. Výstupní soubory jsou ukládány ve formátu TIFF, JPG nebo PDF. Program byl vytvořen v rámci diplomové práce Ing. Davida Číška. [9]

FastStone Image Viewer

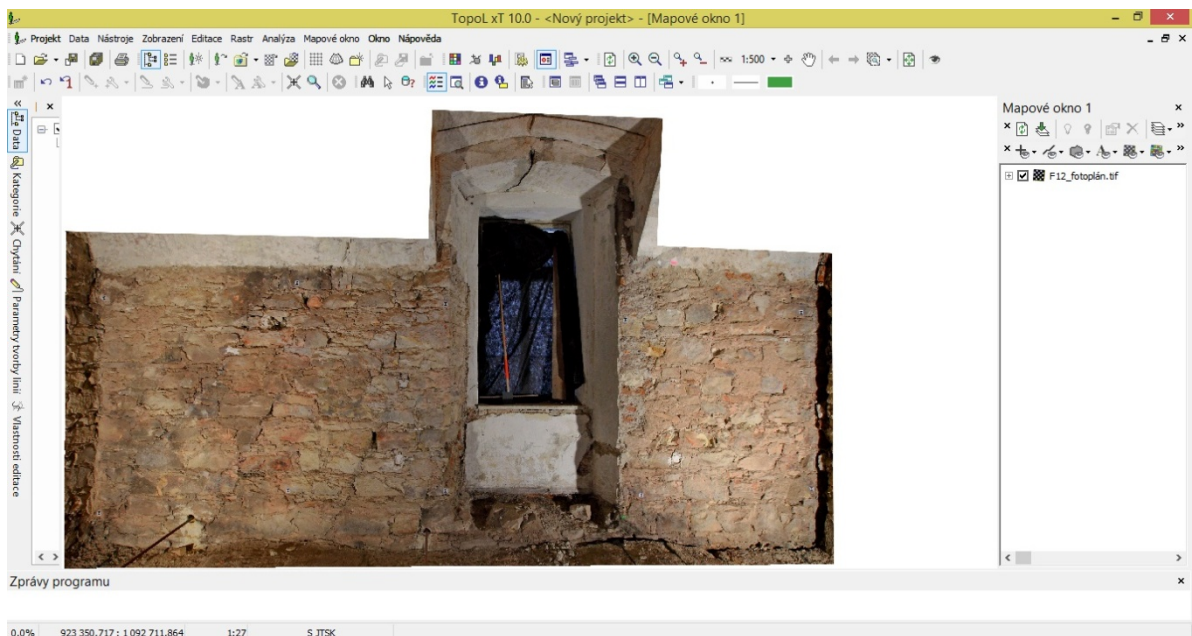
Program FastStone Image Viewer nabízí řadu možností při úpravě fotografií, a to například úpravy kontrastu, sytosti, osvětlení. Také se využívá pro barevné doladění fotografií.

Gimp

Multiplatformní program pro úpravu snímků a rastrové grafiky. Gimp se dá využít jako jednoduchý program pro malování, ale také jako profesionální program pro retušování snímků, dále pak dávkové zpracování obrázků, konvektor obrazových souborových formátů atd. ^[10]

TopoLxT

Program TopoL je geografický informační systém (GIS). Umožňuje přípravu geografických dat, jejich správu a analýzu. Je to jeden z nejdůležitějších programů pro tvorbu fotoplánů a má široké uplatnění. Využívá se v lesnictví, zemědělství, pro pozemkové úpravy, v orgánech státní správy jako nástroj podporující řízení a kontrolu, pro sběr geografických dat. ^[11]



Obrázek 11: Okno softwaru TopoL

[Zdroj: *Autor*]

MicroStation V8i (SELECTseries 2) v. 08

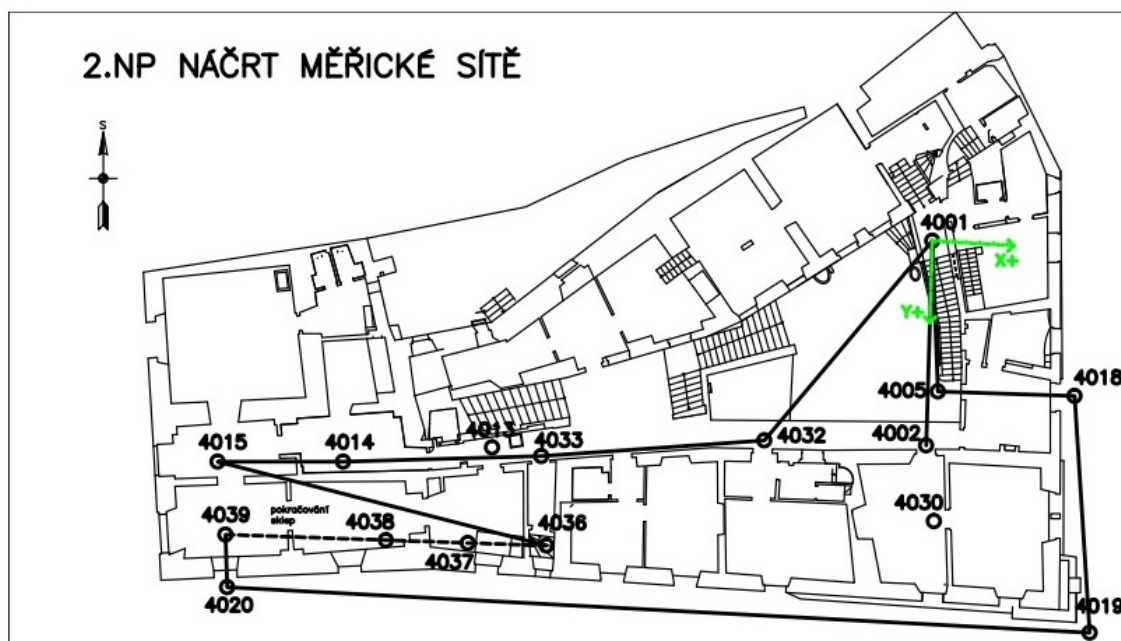
Tento program vytvořila společnost Bentley. Je to program určený pro architekturu, inženýrství, dopravu, zpracovatelský průmysl, inženýrské a telekomunikační sítě, geodézii a mapování a další. MicroStation umožňuje vytvářet 2D plány a 3D modely objektů. Program se dá snadno propojit i s výpočetním programem Groma.

4 Geodetické měření a snímkování

Celkové zaměření probíhalo ve spolupráci s Barborou Vášovou, jejíž téma bakalářské práce se věnovalo stejnému objektu. Před zahájením celkového měření došlo k rekognoscaci celého objektu (říjen 2015). Zadavatel si vyčlenil jednotlivé části objektu, které budou podléhat zpracování. Vybrané části objektu byly uspořádány tak, aby na závěr mohl vzniknout souhrnný fotoplán 2.NP a také souhrnný fotoplán 1. PP, 2.NP a 3.NP. Dále byly domluveny základní parametry výstupů, tj. měřítko, které ovlivňuje přesnost požadovaných výstupů. Zaměření měřické sítě muselo být rozloženo do více etap (říjen 2015 – leden 2016), jelikož zadané části se nacházely po celém domě a v různých podlažích. Paralelně s měřením měřické sítě byly určovány vlíčovací body 3D polární metodou. Měření také komplikovala celková přestavba domu. Pro výškové připojení polohové sítě byla využita technická nivelace, která byla zaměřena v jedné etapě. Jako poslední krok následovalo snímkování vybraných stěn.

4.1 Zaměření polohové sítě a vlíčovacích bodů

Celá měřická síť byla navržena tak, aby následný výpočet mohl probíhat jako uzavřený polygonový pořad, tudíž síť musela vést i vně objektu. Souřadnicová soustava byla volena místní, s počátkem v bodě 4001. Jednotlivá stanoviště měřické sítě byla stabilizována pomocí měřických hřebů.



Obrázek 12: Náčrt měřické sítě 2. NP

[Zdroj: Autor]

K dalšímu zpracování a vyhotovení fotoplánů je nutné mít zaměřený dostačující počet vřícovacích bodů. I s tímto ohledem byla navržena měřická síť. Vřícovací body pro zjednodušení měřické sítě byly zaměřeny z rajónů, které se následně dopočítaly z polygonového pořadu. Pro signalizaci vřícovacích bodů se využily samolepící štítky nebo přirozená signalizace (např. roh kamene apod.). Při zaměřování vřícovacích bodů se vedl náčrt s označením jednotlivých bodů.



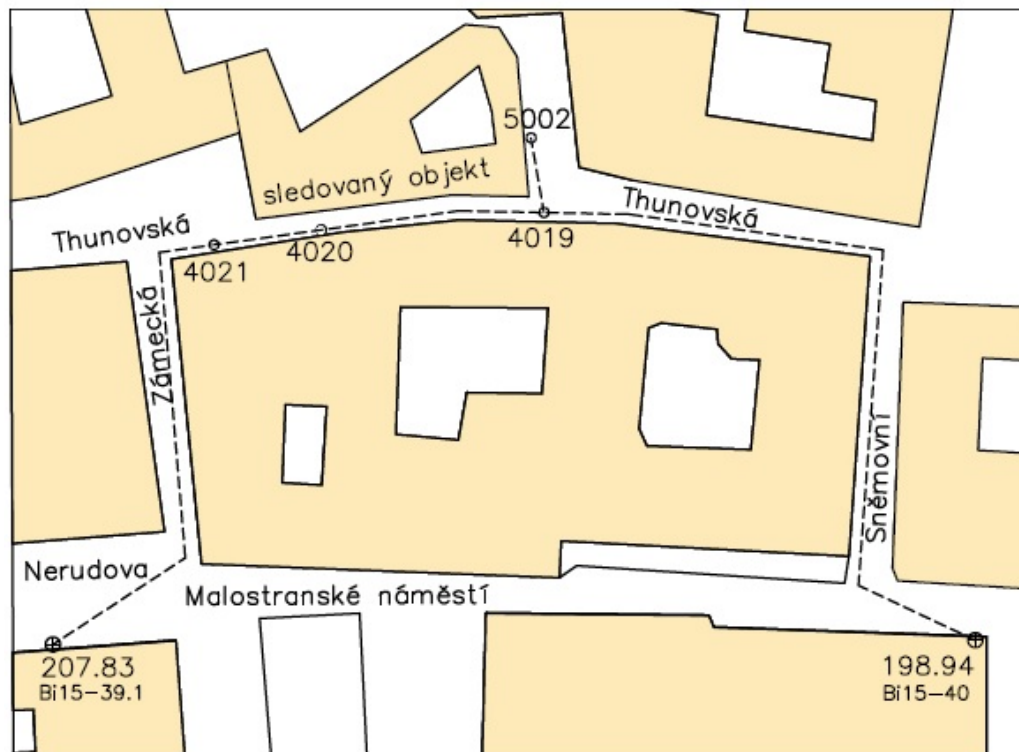
Obrázek 13: Náčrt vřícovacích bodů

[Zdroj: *Autor*]

Zaměření měřické sítě probíhalo ve dvou polohách dalekohledu pro dosažení lepší přesnosti. Vřícovací body byly měřeny pouze v jedné poloze dalekohledu. Vždy byl zaměřen jak vertikální, tak horizontální úhel a šikmá délka. Na každém stanovisku sezměřila i výška přístroje a evidovaly se výšky jednotlivých cílů pro následné výškové připojení. Veškeré měření se zaznamenávalo do paměti přístroje, které bylo po celkovém zaměření vyexportováno do formátu.asc. Na celé zaměření se využila totální stanice Trimble. Ta byla také využita v režimu měření bez hranolu s využitím laserové stopy, víc viz kapitole 3.1.1.

4.2 Nivelace

Jednou z etap měření byla technická nivelace, která se použila pro výškové připojení polohové sítě v domě. Nivelální pořad začínal na bodě ČSNS se známou nadmořskou výškou, konkrétně na bodě číslo Bi15-40 nacházejícího se na Malostranském náměstí. Pořad vedl z Malostranského náměstí ulicí Sněmovní do ulice Thunovská, kde se nachází zaměřovaný objekt. V ulici Thunovská v blízkosti zaměřovaného objektu bylo zaměřeno pět bodů bočně. Konkrétně body 4019, 4020, 4021, které se dále použily pro připojení měřické sítě do systému Bpv, a body 5001 a 5002. Bod číslo 5001 nebyl v dalších krocích využit a bod číslo 5002 se na požádání stavbyvedoucího zaměřil u vstupu do objektu pro následné využití při stavbařských pracích. Nivelální pořad dále vedl ulicí Zámecká do ulice Nerudova, kde proběhlo připojení na bod ČSNS číslo Bi15 39,1 se známou nadmořskou výškou. Na zaměření nivelálního pořadu byl použit nivelální přístroj Foretech M32, více o přístroji v kapitole 3.1.2. Naměřené hodnoty byly zaznamenávány do zápisníku pro technickou nivelaci.



Obrázek 14: Náčrt nivelečního pořadu

[Zdroj: Autor]

4.3 Fotografování

Kromě zaměření vlíčovacích bodů bylo také zapotřebí vybrané stěny vyfotografovat z důvodu vytvoření fotoplánů. Před samotným snímkováním musely proběhnout přípravné práce, které se týkaly zastínění oken a nasvícení daných stěn halogenovými reflektory. Poté mohlo proběhnout samotné focení vybraných částí objektu. Při focení byl použit fotoaparát Canon EOS 5D Mark II, více o fotoaparátu v kapitole 3.1.3, a nebyl využit blesk. Pro získání co nejkvalitnějších snímků byly stěny foceny vícekrát za různých parametrů fotoaparátu.

Využité parametry:

- rozlišení 5616 x 3744 pixelů
- ohnisková vzdálenost 20 mm
- citlivost ISO se pohybovala od 500-1000
- čas expozice od 1/49s do 1/80s
- využití režimu priority clony
- použití šedé desky pro vyvážení bílé

Všechny pořízené snímky byly následně ukládány ve formátu JPG a CR2, které dále podléhaly zpracování, viz kapitola 6.1.

5 Zpracování geodetických měření

Před samotným vyhotovením fotoplánů bylo zpracování měření. Celkové zpracování měření probíhalo v programu Groma, více o softwaru v kapitole 3.2. Kromě výpočtu technické nivelace, který probíhal v zápisníku pro technickou nivelaci. Zpracování probíhalo v následujících krocích:

- Výpočet technické nivelace
- Zpracování měřického zápisníku vyexportovaného z totální stanice
- Výpočet polygonových pořadů
- Výpočet rajonů a vlícovacích bodů

Výpočet technické nivelace

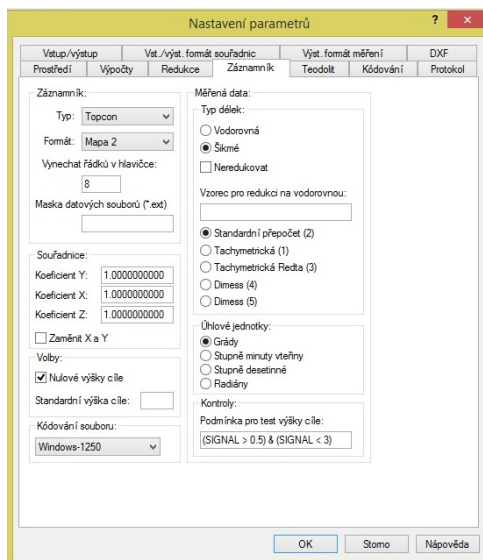
Prvním krokem bylo porovnání převýšení změřených hodnot a převýšení vypočtené z počátečního a koncového bodu. Niveláčnické údaje koncového a počátečního bodu byly převzaty z databáze bodových polí ČUZK^[12]. Rozdíl těchto převýšení činil $\Delta_h = 4$ mm. Mezní rozdíl pro technickou nivelaci vychází ze vzorce $\Delta_m \leq 20 * \sqrt{R}/2$ kde R je délka niveláčnického pořadu v kilometrech. Vypočtený mezní rozdíl je 7 mm, z toho plyne, že mezní rozdíl technické nivelace nebyl překročen. Zápisník pro technickou nivelaci na přiloženém DVD. (*složka Geodetické měření + výpočty – Nivelace*)

Číslo bodu	Nadmořská výška [m]
4019	207,159
4020	212,218
4021	213,427
5002	208,265

Tabulka 1: Přehled výšek zaměřených bodů

Výpočet měřické sítě

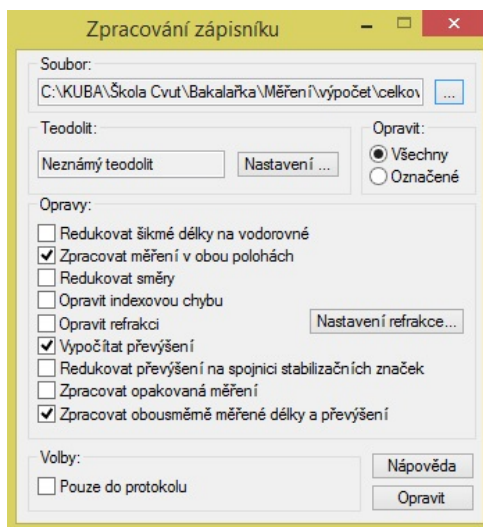
Pro otevření zápisníků v programu Groma, vyexportovaného z TS Trimble ve formátu asc., bylo zapotřebí nejdříve provést nastavení záznamníků, a to na typ *Topcon* a formát *mapa2*, viz obrázek 15.



Obrázek 15: Nastavení záznamníku

[Zdroj: Autor]

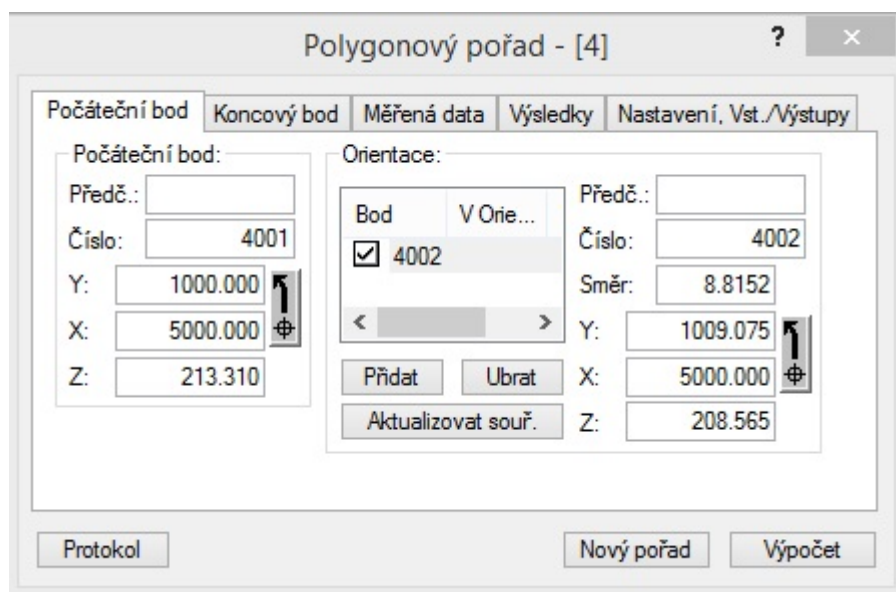
Po tomto nastavení už mohlo následovat otevření zázpisníků v programu Groma. Před samotným zpracováním zázpisníku proběhla základní úprava, například přečíslování některých stanovisek a smazání nepotřebného měření. Po základní úpravě mohlo dojít na samotný výpočet zázpisníků, a to v záložce *Měření – Zpracování zázpisníků*, kde bylo nastaveno zpracování měření v obou polohách, výpočet převýšení a zpracování obousměrné měřené délky a převýšení, viz obrázek 16. Vypočtený zázpisník byl dále využit pro výpočet polygonových pořadů.



Obrázek 16: Výpočet zázpisníku

[Zdroj: Autor]

Jelikož se zadané fotoplány nacházely ve více patrech, muselo být využito dvou polygonových pořadů. Pro výpočet polygonových pořadů musela být zvolena místní souřadnicová soustava. Místní souřadnice byly voleny v bodech 4001 a 4002 a to tak, že souřadnice X měla pro oba body stejnou hodnotu a souřadnice Y se lišila o vzájemnou vodorovnou vzdálenost. Následně proběhly výpočty polygonových pořadů. Jeden polygonový pořad vedl prvním patrem a sklepem a druhý polygonový pořad vedl druhým patrem. Pro lepší orientaci je první polygonový pořad označen jako spodní a druhý jako horní. Pro výpočty polygonových pořadů se také využily funkce programu Groma v záložce *Výpočty – Polygonové pořady*. Jelikož se jednalo u obou polygonů o výpočet uzavřeného polygonového pořadu, byl nastaven jako počáteční a koncový bod 4001. Při výpočtu polygonových pořadů zároveň probíhal výpočet výšek jednotlivých bodů. Výškové připojení proběhlo pomocí bodu 4019 a kontrolováno bylo pomocí bodu 4020 a 4021. Hodnota úhlového uzávěru spodního polygonu je 2,4 mgon, polohová odchylka 1,4 cm a výškový uzávěr 0,1 cm. Hodnota úhlového uzávěru horního polygonu je 3,3 mgon, polohová odchylka 0,9 cm a výškový uzávěr 0,3 cm. Protokol o výpočtu je na přiloženém DVD. (*složka Geodetické měření + výpočty – Meřická síť+VB*). Celkový seznam souřadnic v příloze 3.



Obrázek 17: Výpočet polygonového pořadu

[Zdroj: Autor]

K výpočtu rajónů a vřicovacích bodů byla využita polární metoda v záložce *Výpočty – Polární metoda*. Celkově touto metodou byly vypočteny dvě stanoviska a osmdesát dva vřicovacích bodů. Vypočtené souřadnice vřicovacích bodů jsou na přiloženém DVD.

6 Tvorba fotoplánu

V této kapitole bude popsán postup vytvoření fotoplánu, a to v následujících krocích:

- Příprava a úprava dat
- Tvorba fotoplánu v softwaru TopoL
- Dokončení a vyištění fotoplánu v softwaru MicroStation

6.1 Export a úprava fotografií

V první řadě bylo zapotřebí vyexportovat pořízené fotografie z fotoaparátu, a to ve formátu RAW a JPEG. Pro následné zpracování byly využity jen fotografie ve formátu RAW. Tyto fotografie jsou po vyexportování v základním tvaru bez veškerých úprav, po úpravách jsou ale kvalitnější než ve formátu JPEG.

Před samotnou úpravou jednotlivých snímků bylo třeba vybrat z pořízených snímků ten nejlepší a teprve poté mohla proběhnout první úprava snímků v software Digital Photo Professional v. 3.14.47.0. Více o softwaru v kapitole 3.2. V tomto programu proběhly základní úpravy, například:

- korekce expozice
- vyvážení bílé
- totální úpravy (jasu, kontrastu)
- úprava ostrosti

Po následné úpravě snímků mohlo dojít k vyexportování upravených snímků ve formátu TIF. Dále proběhly úpravy snímků v programu FastStone Image Viewer. Více o software v kapitole 3.2. V tomto programu bylo především využito nastavení barev a nastavení osvětlení, aby si snímky byly co nejvíce podobné.

Následně muselo proběhnout odstranění distorze snímků. Odstranění distorze probíhalo v software SIMphoto, více o softwaru v kapitole 3.2. Po otevření snímků v programu byla využita funkce pro odstranění distorze, viz obrázek 18. Pro využití této funkce bylo zapotřebí znát prvky vnitřní orientace získané z kalibračního protokolu. Kalibrační protokol byl získán od Ing. Jindřicha Hodače, Ph.D a je součástí přiloženého DVD.
(*složka Fotoplány - vstupy*)

Parametry komory

Hlavní snímkový bod:		Velikost formátu:	
x [mm]:	<input type="text" value="18,0404"/>	Šířka [mm]:	<input type="text" value="36,0000"/>
y [mm]:	<input type="text" value="11,7912"/>	Výška [mm]:	<input type="text" value="24,0000"/>
Koeficienty radiální složky:		koeficienty tangenciální složky:	
K1:	<input type="text" value="0,0001899000"/>	P1:	<input type="text" value="-0,0000066310"/>
K2:	<input type="text" value="-0,0000005670"/>	P2:	<input type="text" value="-0,0000135700"/>
K3:	<input type="text" value="0,0000000000"/>	<input type="button" value="Transformovat"/>	

Obrázek 18: Okno pro odstranění distorze

[Zdroj: Autor]



Obrázek 19: Neupravený snímek

[Zdroj: Autor]



Obrázek 20: Upravený snímek

[Zdroj: Autor]

Posledním krokem před využitím softwaru TopoL bylo převedení 3D souřadnice vřícovacích bodů do roviny fotoplánů. Pro převod se využil software Groma, konkrétně záložka *Výpočty – Ortogonální vyřícovací prvky*. Pomocí této metody se vypočetlo staničení a kolmice od zvolené přímky mezi dvěma nejbzdálenějšími body v rovině stěny. Souřadnice X představovalo vypočtené staničení a jako souřadnice Z byly využity vypočtené výšky určené v předchozích výpočtech, viz kapitola 5.

6.2 Vytvoření fotoplánů v softwaru TopoL

Před využitím softwaru TopoL bylo nutné mít připravené upravené snímky a přepočtené vřícovací body pro tento software a také náčrt vřícovacích bodů. ^[13] Více o softwaru TopoL v kapitole 3.2

6.2.1 Transformace

Prvním krokem v softwaru TopoL byla transformace jednotlivých snímků. Po otevření software byl v záložce *Nástroje* nastaven souřadnicový systém S-JTSK. Následně proběhla transformace přes záložky *Rastr - Geometrické operace - Transformace rastru*. Po otevření této funkce byl vybrán jeden snímek. Souřadnice vřícovacích bodů budou načteny z textového souboru. Poté mohlo dojít k samotnému sejmutí vřícovacích bodů a k výpočtu transformačního klíče. V mém případě byla vybrána transformace kolineární.

Po výpočtu transformačního klíče se porovnály vypočtené odchylky, které směly mít maximální velikost do 1,5 cm, a to jak pro souřadnici X, tak pro souřadnici Y. Tato odchylka závisí na měřítku, ve kterém se vyhotovují jednotlivé fotoplány. V mém případě je měřítko 1:20, proto také tato odchylka. Pokud by některé body přesahovaly tuto odchylku, musely by se vypustit a výpočet transformačního klíče by musel proběhnout znovu. Poté, co všechny vřícovací body splňovaly danou odchylku, mohlo proběhnout uložení transformační tabulky, viz tabulka 2, a samotná transformace snímků. Před spuštěním transformace se pro lepší kvalitu obrazu hodnoty pixelů interpolovaly a oblast pro transformaci byla vybrána polygonem. Dále proběhlo nastavení parametrů transformovaného rastru, a to hlavně rozměry pixelů obou souřadnic na stejné hodnoty. Toto nastavení opět závisí na měřítku, ve kterém se vytváří jednotlivé fotoplány. V mém případě bylo voleno 0,002 metrů. Po dokončení nastavení došlo k transformaci snímků a uložení transformovaného snímku. Tento postup transformace byl použit u všech dvanácti vybraných snímků.



Obrázek 21: Snímek po sejmutí vřícovacích bodů

[Zdroj: Autor]

Č.bodu	Váha	Cíl vodorovně [m]	Cíl svisle [m]	Zdroj vodorovně [pixely]	Zdroj svisle [pixely]		Odchylka vodorovně [m]	Odchylka svisle [m]
61	1,00	-100,000	-213,581	4860,039	3021,709	T	0,0018	-0,0034
62	1,00	-100,207	-215,210	4705,746	1746,144	K	0,0161	-0,0096
63	1,00	-100,912	-216,170	4155,828	1009,352	T	-0,0006	0,0032
64	1,00	-102,872	-213,584	2609,443	3005,643	T	-0,003	0,005
65	1,00	-102,725	-215,506	2751,278	1482,820	T	-0,0023	-0,0017
66	1,00	-102,774	-216,519	2727,537	700,123	T	0,0001	-0,0025
67	1,00	-104,282	-216,308	1546,261	833,702	T	0,0081	0,0021
68	1,00	-105,208	-215,207	761,046	1676,317	T	-0,0095	-0,002
69	1,00	-105,470	-213,538	507,722	3019,514	T	0,0055	-0,0008

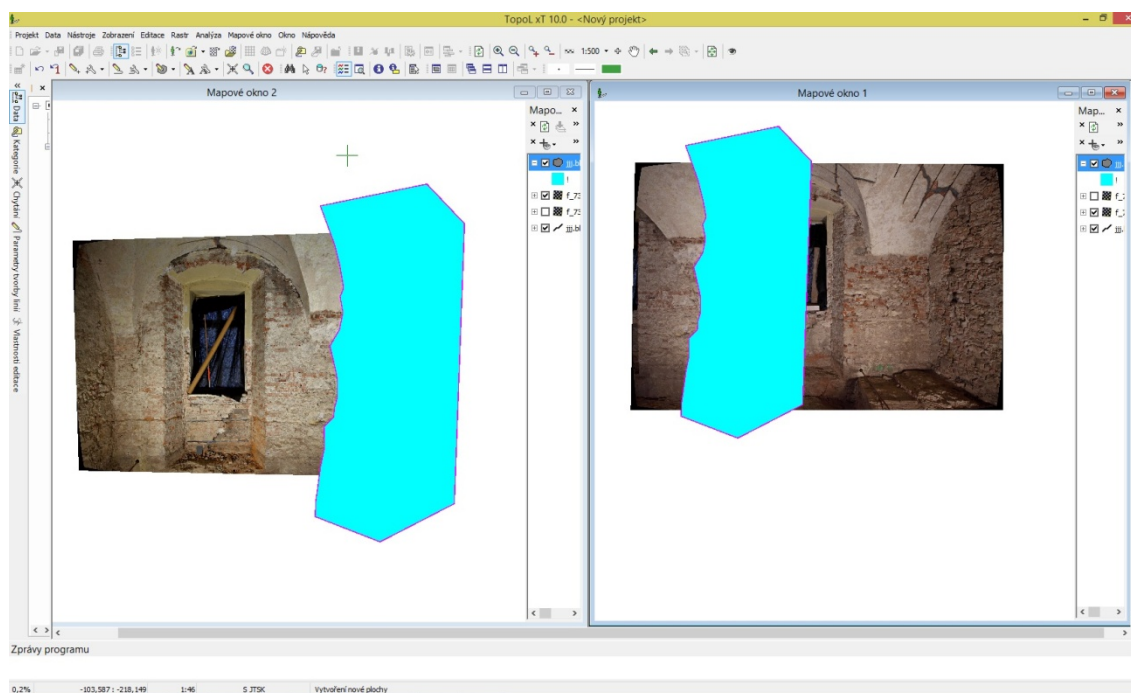
Tabulka 2: Ukázka transformační tabulky

[Zdroj: *Autor*]

6.2.2 Maskování a mozaikování

Čtyři fotoplány se skládaly z více snímků. U takových fotoplánů byla dále využita funkce *Maskování* a *Mozaikování*. Prvním krokem bylo načtení daných snímků, ze kterých se měl skládat celkový fotoplán a kontrola polohové a barevné návaznosti. Polohová návaznost snímků je závislá na konfiguraci vlíčovacích bodů. Pro napojení snímků funkcemi *Maskování* a *Mozaikování* byla volena taková linie řez, ve které je návaznost snímků nejlepší. Před samotným maskováním snímků bylo zapotřebí provést určité přípravné kroky. Bylo nutné založit vektorový soubor (v softwaru TopoL tzv. blok), u kterého byl zkontrolován souřadnicový systém a založena databázová tabulka pro linie a plochy. Pro lepší kontrolu vedení linie byl vytvořen duplikát mapového okna. Po tomto nastavení mohla být zahájena tvorba linie řezu pomocí ikonky *Vytvoření nové linie*. Linii řezu bylo nutné vést takovými místy, aby přechody mezi snímky nebyly patrné. Po kontrole průběhu linie na obou snímcích se celá linie uzavřela do polygonu. Přichycení linie na počáteční bod proběhlo pomocí klávesnice Z a linie mohla být uložena. Dále byla vytvořena plocha pomocí ikony *Vytvoření nové plochy* a kliknutím do středu vytvořeného polygonu. Tato plocha se nazývá maska, viz obrázek 22.

Pomocí této masky se v záložce *Rastr – Geometrické operace – Maskování* ořízne vybraný snímek, který bude dále maskován. Pro maskování snímku byla zvolena funkce *Dle plochy bloku a Oblast – vnitřek polygonu*. Nový rast byl uložen.



Obrázek 22: Vytvoření linie a plochy pro masku

[Zdroj: Autor]

Po vytvoření masky a po případném doladění barvy snímků v software FastStone Image Viewer se mohlo přejít k mozaikování. Tato funkce se spouští v záložce *Rastr – Geometrické operace – Mozaika*. Oblast pro tvorbu mozaiky byla vybrána z obrazovky. Následně se mohla vybrat plocha definující mozaiku. Plocha zájmu byla vybrána s dostatečným přesahem. Celá tato plocha byla označena pomocí linie, která byla ukončena pomocí klávesnice Z, pravým tlačítkem myši a klávesou OK. Takto se vytvořil výřez a výsledná mozaika se nakonec uložila.

U fotoplánů, ve kterých bylo využito funkce *Maskování* a *Mozaikování* proběhla tzv. *Retuš*. Úpravy probíhaly v softwaru GIMP, více o softwaru v kapitole 3.2. V tomto softwaru se využil nástroj *Klonování*, pomocí kterého bylo upraveno spojení dvou snímků, a to tak, aby nebyla patrna linie řezu.

6.3 Příprava fotoplánů pro tisk v softwaru MicroStation

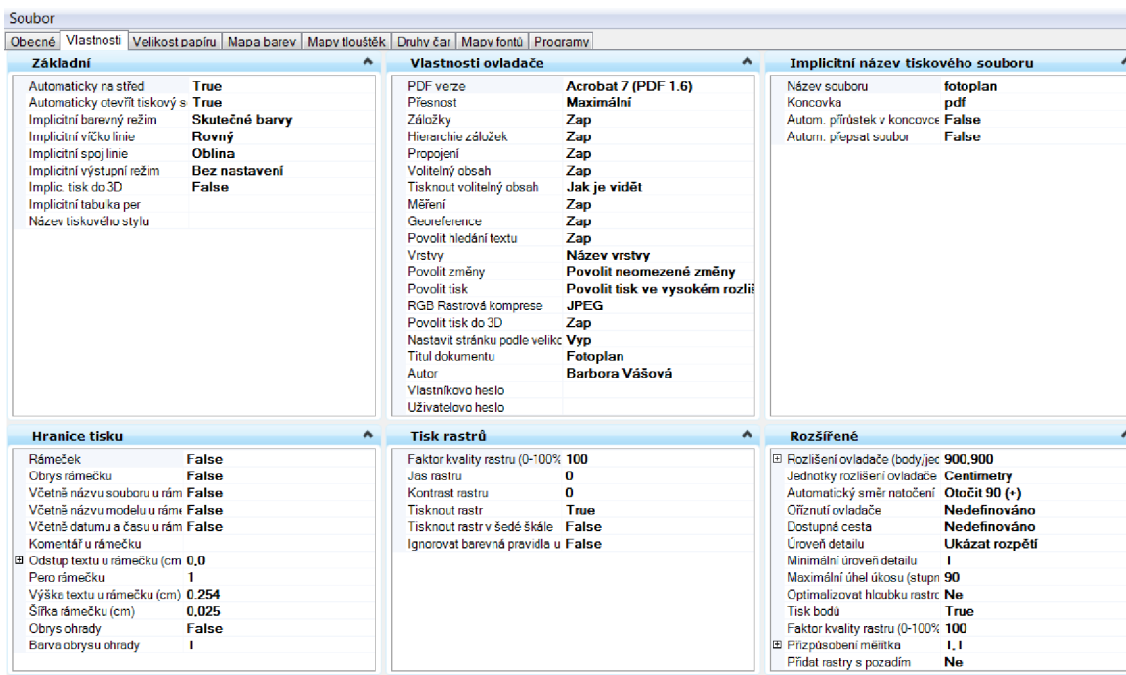
Pro dokončení a vytištění fotoplánu bylo zapotřebí doplnit fotoplán dalšími náležitostmi, například měřítkem, popisovou tabulkou, sítí křížků, severkou, výškovými kótami, rámem výkresu a náčrtem situace. K tomu se využil software MicroStation, více o software v kapitole 3.2. Při zpracování těchto náležitostí byla využita připravená šablona od Barbory Vášové. Šablona už měla předem nadefinované vrstvy, které byly dále upraveny podle daného fotoplánu.

Seznam vrstev:

- fotoplán
- kóty_výškové
- měřítko_grafické
- popiska a situace
- síť_křížků
- x_rám_vykres

Prvním krokem bylo nahrání fotoplánu pomocí funkce *RasterManager*. Fotoplán byl vložen do správné vrstvy a také souřadnicově umístěn, automaticky pomocí souboru *tfw*. Poté se správně umístila šablona. Dalším krokem bylo nahrání vlicovacích bodů, a to i s číslem daného bodu. Nahrání proběhlo přes záložku *Nástroje – Kotování – Souřadnice XYZ – Import souřadnic*. Zde byl vybrán textový soubor se souřadnicemi připravený ve formátu pro software MicroStation. Tyto vlicovací body byly také vloženy do správné vrstvy. Pro lepší orientaci byly body znázorněny křížkem a společně s číslem bodu měly červenou barvu. Pro dokončení úpravy fotoplánu bylo dále třeba nahrát náčrt daného fotoplánu pomocí funkce *Referenční výkresy*, kde byla vyznačena stěna, která podléhala zpracování. Také proběhla úprava popisové tabulky, úprava výškové kóty a sítě křížků.

Tento postup se použil u všech jednotlivých fotoplánů. Na závěr proběhl tisk výsledných fotoplánů do pdf v měřítku 1:20 na papír 4 x A4. Fotoplány byly vytištěny pomocí ovladače Bentley. Nastavení ovladače viz obrázek 23.



Obrázek 23: Nastavení ovladače Bentley pro tisk fotoplánů

[Zdroj: Autor]



Obrázek 24: Ukázka výsledného fotoplánu

[Zdroj: Autor]

6.4 Vytvoření souhrnných fotoplánů v softwaru MicroStation

Po vytvoření jednotlivých fotoplánů bylo dále zapotřebí vytvořit dva souhrnné fotoplány, a to řez 2. NP a řez 1. PP, 2.NPa 3.NP. Pro vytvoření těchto dvou souhrnných fotoplánů byly využity jednotlivé fotoplány vytvořené v softwaru TopoL, které se nahrály do softwaru MicroStation pomocí funkce *RasterManager*. Nejdříve byl zpracován souhrnný fotoplán 2NP, tudíž se nejdříve využily jednotlivé fotoplány tohoto patra. Po nahrání všech potřebných fotoplánů bylo zapotřebí převést potřebné 3D vlíčovací body do stejné roviny. Tato rovina byla definována dvěma nejvhodnějšími body. Pro převod se využil software Groma, konkrétně záložka *Výpočty – Ortogonální vytyčovací prvky*. Pomocí této metody se vypočetlo staničení a kolmice od zvolené přímky mezi dvěma body v ideální rovině. Souřadnice X představovaly vypočtené staničení a jako souřadnice Z byly využity vypočtené výšky určené v předchozích výpočtech, viz kapitola 5. Import souřadnic do softwaru MicroStation proběhl stejným způsobem jako při tvorbě jednotlivých fotoplánů. Po naimportování všech souřadnic a fotoplánů se musela v MicroStationu využít funkce transformace. Jednotlivé fotoplány neleží úplně ve stejné rovině, ale všechny dané přepočtené vlíčovací body v jedné rovině jsou, proto se tato funkce využila. Transformace byla spuštěna v záložce *Nástroje – Rastry – Manipulovat*, kde byla vybrána funkce *Transformace*. Z několika druhů transformací byla využita transformace afinní. Transformace probíhala následujícím způsobem. Nejdříve byl vybrán jeden fotoplán, který měl být transformován. Následně byl vybrán bod na fotoplánu. Poté byl určen vlíčovací bod, na který se bude transformovat daný fotoplán. Tímto způsobem musely být vybrány tři body, aby mohla proběhnout afinní transformace. Tak se dostaly všechny jednotlivé fotoplány do jedné roviny a vznikl souhrnný fotoplán. Nevýhoda transformace v MicroStationu je, že nemůžou být kontrolovány jednotlivé odchylky na bodech a muselo být využito jen minimálního počtu bodů, proto transformace proběhla bez vyrovnání. Tento postup transformace proběhl u všech potřebných jednotlivých fotoplánů. Souhrnný fotoplán byl dále doplněn o popisovou tabulku, náčrt daného celkového fotoplánu, síť křížků a výškovou kótu. Stejným postupem byl vytvořen i druhý souhrnný fotoplán 1. PP, 2.NP, 3.NP.

7 Zhodnocení dosažených výsledků

V této kapitole zhodnotím dosažené výsledky, a to od zaměření objektu, až po výslednou tvorbu fotoplánů.

Geodetické měření a výpočty

Prvním výsledkem, který mohl ovlivnit celkové výstupy, bylo zaměření polohové a výškové sítě. Zaměření sítě pro dosažení lepších výsledků probíhalo ve dvou polohách dalekohledu. Vlícovací body byly zaměřeny v jedné poloze. Výškové připojení probíhalo pomocí technické nivelace mezi dvěma známými body s danou výškou v systému Bpv. Měřická síť byla počítána pomocí uzavřených polygonových pořadů. V tabulce 3 jsou uvedeny dosažené přesnosti polygonových pořadů. Jednotlivé vlícovací body byly vypočítány pomocí rajónů.

	Úhlový uzávěr [g]	Polohová odchylka [m]	Výškový uzávěr [m]
Spodní polygon	0,0024	0,014	-0,001
Horní polygon	-0,0033	0,009	-0,003

Tabulka 3: Přesnost jednotlivých polygonů

Při výpočtu technické nivelace bylo porovnáno naměřené převýšení a převýšení vypočtené z daných hodnot. Rozdíl převýšení byl následně porovnán s mezní odchylkou, která se vypočetla pomocí známého vzorce. Mezní odchylka je větší než rozdíl měřeného a vypočteného převýšení. V tabulce 4 je uvedeno naměřené převýšení, tak i vypočtené převýšení a mezní odchylka.

Číslo počátečního a koncového bodu	Vypočtené převýšení ze známých hodnot	Naměřené převýšení	Rozdíl naměřeného a vypočteného převýšení	Mezní odchylka
Bi15-40, Bi15-39,1	8,894 [m]	8,898 [m]	0,004 [m]	0,007 [m]

Tabulka 4: Výpočet nivelace

Fotoplány

Přesnost výsledných fotoplánů mohla nejvíce ovlivnit výsledky kolineární transformace. Jelikož jsou všechny vytvořené fotoplány v měřítku 1:20, jejich očekávaná přesnost je zhruba 0,015m. Výsledky jednotlivých transformací jsou uvedené v transformačních tabulkách. U některých fotoplánů bylo zapotřebí vypustit určité body pro nepřijatelnou odchylku a transformaci vypočítat bez těchto bodů.

V tabulce 5 jsou uvedeny celkové počty vřícovacích bodů, dále pak nevyužitá vřícovací body jednotlivých fotoplánů a také maximální odchylky X a Y.

Fotoplán	Vřícovací body celkem	Počít nevyužitých vřícovacích bodů	Max X [m]	Max Y [m]
F21_fotoplán_sn1	9	1	0,0059	0,0056
F21_fotoplán_sn2	8	1	0,010	-0,0092
F14_fotoplán	8	1	0,0053	0,0044
F16_fotoplán	9	1	-0,0095	-0,0096
F15_fotoplán	9	0	-0,0051	-0,0074
F13_fotoplán_sn1	7	1	-0,0070	-0,0105
F13_fotoplán_sn2	6	1	0,0064	0,0051
F01_fotoplán_sn1	9	2	0,0036	0,0038
F01_fotoplán_sn2	11	1	0,0088	0,0054
F11_fotoplán_sn1	9	0	-0,0051	-0,0045
F11_fotoplán_sn2	11	1	-0,0060	0,0098
F12_fotoplán	11	0	0,088	-0,0094

Tabulka 5: Shrnutí vřícovacích bodů

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vyhotovení osm jednotlivých fotoplánů a dvou celkových fotoplánů. Celé měření probíhalo v objektu, který se nachází v ulici Thunovská na Malé Straně na Praze 1. Podnět k vytvoření těchto fotoplánů vznikl v NPÚ vedoucím průzkumu Ing. arch. Matoušem Semerádem. V objektu probíhá celková rekonstrukce. Výstupy bakalářské práce slouží jako dokumentace pro účely stavebně historického bádání, případně jako podklad pro projekční práce.

Při zpracování byl kladen důraz na kvalitní zaměření vybrané části objektu. Byla zaměřena místní síť a dále vřícovací body. Tato měřická síť byla pomocí technické nivelace připojena do systému Bpv.

V bakalářské práci byly splněny všechny cíle, které si zadavatel stanovil. Výsledky práce jsou vyhotoveny s dostatečnou přesností, která je podrobněji popsána v kapitole 7.

Celkové zpracování bakalářské práce mě obohatilo o poznatky tvorby fotoplánů, a to od samotného zaměření až po tvorbu fotoplánů v daných softwarech. Teoretické poznatky získané během studia jsem mohl využít v praxi.

Problémy nastaly v zaměření objektu, které muselo být kvůli rekonstrukci a složitosti objektu rozloženo do více etap měření. V ideálním případě by zaměření mělo probíhat v co nejkratší době.

Seznam použitých zkratk

NPÚ – Národní památkový ústav

Fsv – Fakulta stavební

Ts – Totální stanice

NP – nadzemní patro

PP – podzemní patro

S-JTSK – systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

Bpv – Balt po vyrovnání

ČSNS – Česká státní nivelační síť

Seznam použitých zdrojů

- [1] KRUŠINOVÁ, Alena. *Objekt č.p. 181/III, Thunovská 16 Praha 1, Malá Strana: Soupis umělecko – historický prvků, doplněk*. Praha 2017
- [2] PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN
- [3] URBAN, Rudolf. *Určování výšek II* [online]. 2013 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <http://documents.tips/documents/urcovani-vysek-ii.html>
- [4] PROCHÁZKA, Jaromír. *Souřadnicové výpočty 2* [online]. 2015 [cit. 2017-05-16] Dostupné z http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_8.pdf
- [5] PROCHÁZKA, Jaromír. *Souřadnicové výpočty* [online]. 2015 [cit. 2017-05-16] Dostupné z http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie_geoinformatika/gdz1/prednaska_7.pdf
- [6] *Totální stanice Trimble M3: Technický popis* [online]. [cit. 2017-05-16] Dostupné z http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-788113/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR.pdf
- [7] *Oficiální stránky Canon* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <http://www.canon.cz/>
- [8] *Groma* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <http://groma.cz/cz/groma>
- [9] *SIMPhto: Jednoduchá jednosnímková fotogrammetrie* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <http://lfgm.fsv.cvut.cz/~hodac/simphoto/>
- [10] *GIMP* [online] [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <https://docs.gimp.org/2.2/cs/introduction.html>
- [11] *ToloL Software* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <http://www.topol.eu/articles/software>
- [12] *Databáze bodových polí* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z <http://bodovapole.cuzk.cz/>
- [13] HODAČ, Jindřich. *Instrukční videa k programu TopoL*.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dům Thnunovská č. p. 181/III (Praha 1)	9
Obrázek 2: Pohled na historický model objektu (v levé střední části obr.)	10
Obrázek 3: Postup zpracování fotoplánů	13
Obrázek 4: Schéma uzavřeného polygonového pořadu	14
Obrázek 5: Schéma rajónu	15
Obrázek 6: Totální stanice Trimble M3	16
Obrázek 7: Nivelační přístroj Foretech M32	17
Obrázek 8: Fotoaparát Canon EOS 5D Mark II	18
Obrázek 9: Objektiv Canon EF 16-35 mm f/2.8L II USM	18
Obrázek 10: Okno softwaru Groma	19
Obrázek 11: Okno softwaru TopoL	20
Obrázek 12: Náčrt měřické sítě 2. NP	21
Obrázek 13: Náčrt vlíčovacích bodů	22
Obrázek 14: Náčrt nivelačního pořadu	23
Obrázek 15: Nastavení záznamníku	26
Obrázek 16: Výpočet zápisníku	26
Obrázek 17: Výpočet polygonového pořadu	27
Obrázek 18: Okno pro odstranění distorze	30
Obrázek 19: Neupravený snímek	30
Obrázek 20: Upravený snímek	31
Obrázek 21: Snímek po sejmutí vlíčovacích bodů	32
Obrázek 22: Vytvoření linie a plochy pro masku	34
Obrázek 23: Nastavení ovladače Bentley pro tisk fotoplánů	36
Obrázek 24: Ukázka výsledného fotoplánu	36
Obrázek 25: Souhrnný fotoplán	38

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled výšek zaměřených bodů	25
Tabulka 2: Ukázka transformační tabulky.....	33
Tabulka 3: Přesnost jednotlivých polygonů.....	39
Tabulka 4: Výpočet nivelace	39
Tabulka 5: Shrnutí vřícovacích bodů	40

Seznam příloh

- 1) Obsah DVD
- 2) Náčrt měřické sítě
- 3) Souřadnice měřické sítě
- 4) Fotoplány

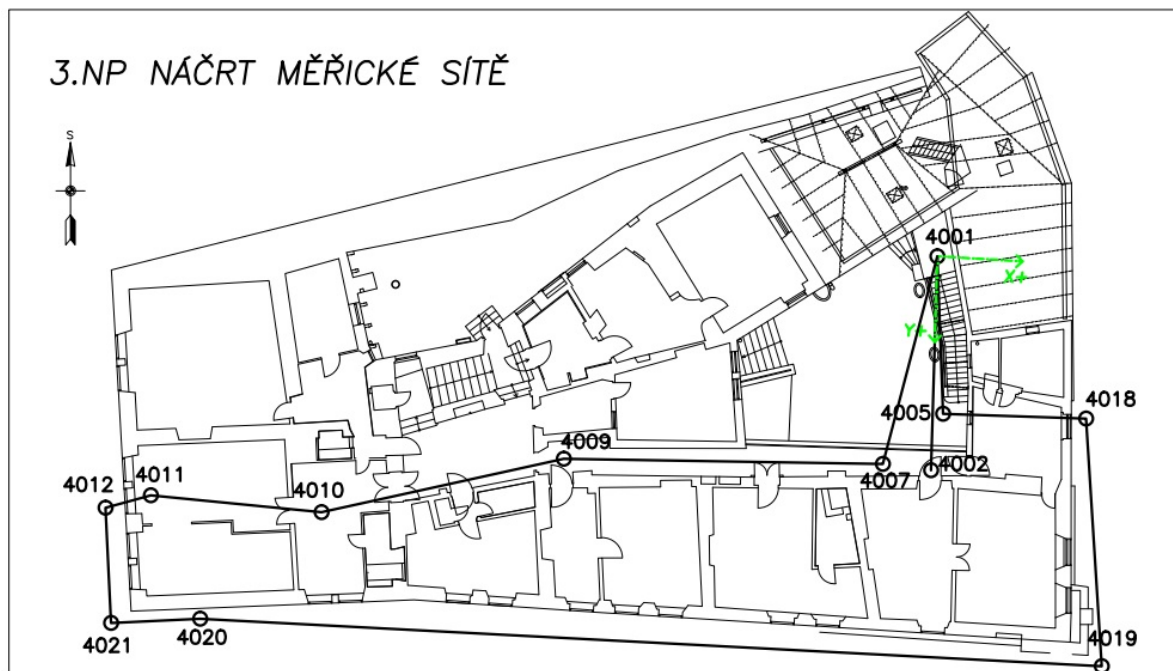
1) Obsah DVD

Na přiloženém DVD se nachází text bakalářské práce a dvě hlavní složky Geodetické měření a výpočty a Fotoplány. Ve složce Fotoplány je dále osm složek jednotlivých fotoplánů a také dvě složky se souhrnnými fotoplány. Struktura těchto složek je velice podobná, pro je zde popsána obecně jedna složka.

Struktura přiloženého DVD:

- **Text bakalářské práce (.pdf)**
- **Geodetické měření a výpočty**
 - Nivelace - nivelační zápisník (.pdf)
 - Měřická síť a vřícovací body
 - měřená data (.asc, .txt)
 - měřický zápisník (.pdf)
 - protokoly o výpočtu (.pro)
 - vypočtené souřadnice bodů měřické sítě a vřícovacích bodů (.txt)
 - náčrty měřické sítě (.jpg)
- **Fotoplán**
 - Vstupní data - kalibrační protokol (.xlsx)
 - původní snímky (.cr2)
 - upravené snímky připravené pro zpracování (.tif)
 - rovinné souřadnice řícovacích bodů (.txt)
 - přehledky řícovacích bodů (.tif)
 - Výstupy - transformační tabulky (.trt)
 - maska (.blk)
 - mozaika (.tfe, .tfw, .tif)
 - výkresy z programu MicroStation (.dgn, .dwg)
 - výsledný fotoplán (.pdf)

2) Náčrt měřické sítě



3) Souřadnice měřické sítě

SEZNAM SOUŘADNIC					
Souř. systém: Místní			Zakázka:		
Výšk. systém: Bpv			Lokalita: Thnunovská		
Popis:					
Číslo bodu	Y	X	Z	Kód kvality	Popis
4001	1000,000	5000,000	213,310		STN
4002	1009,075	5000,000	208,565		STN
4005	1007,390	5001,032	208,563		STN
4007	1008,959	5000,732	217,570		STN
4009	1009,515	4983,136	217,563		STN
4010	1012,664	4973,174	217,516		STN
4011	1012,097	4965,074	217,616		STN
4012	1013,031	4951,339	213,948		STN
4013	1011,415	4979,447	213,454		STN
4014	1012,116	4973,061	213,330		STN
4015	1012,478	4967,655	213,359		STN
4018	1009,359	5007,787	208,102		STN
4019	1017,674	5011,471	207,153		STN
4020	1018,352	4967,494	212,213		STN
4021	1019,843	4949,863	213,426		STN
4030	1012,656	5000,812	213,222		STS
4032	1009,193	4992,354	213,262		STN
4033	1009,762	4981,904	213,117		STN
4036	1015,137	4981,903	212,429		STN
4037	1013,914	4979,391	210,999		STN
4038	1011,602	4979,415	210,356		STN
4039	1011,976	4967,396	208,858		STN

4) Fotoplány

Tato příloha je k bakalářské práci přiložena v samostatných deskách, protože vyhotovené fotoplány jsou v měřítku 1:20 což odpovídá formátu 4xA4.