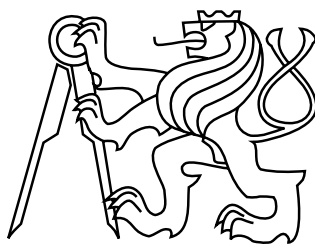


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
OBOR GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DŮM U SIXTŮ KAMZÍKOVÁ 7 (PRAHA 1) -  
FOTOGRAMMETRICKÁ DOKUMENTACE VYBRANÉ  
ČÁSTI

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

leden 2019

Bc. Martin JÁKL



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jákl

Jméno: Martin

Osobní číslo: 424013

Zadávací katedra: Katedra geomatiky - K155

Studijní program: Geodézie a kartografie - N3645

Studijní obor: Geomatika - 3602T003

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Dům U Sixtů Kamzíkova 7 (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části

Název diplomové práce anglicky: House U Sixtů Kamzíkova No. 7 (Prague 1) - photogrammetric documentation of selected part

Pokyny pro vypracování:

- ve spolupráci se zadavatelem proved'te rekognoskaci zaměřované části objektu a definujte typ a parametry výstupů projektu,
- navrhnete vhodné měřické metody a technologické postupy pro vytvoření definovaných výstupů,
- proved'te 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:

RICHTROVÁ, Zuzana. Horní tvrz Kestřany (Písek) - měřická dokumentace vybrané části. bakalářská práce; Praha: Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2016.

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: 5. října 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6. ledna 2019

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

Podpis vedoucího práce

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“.*

5. 10. 2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá zpracováním fotogrammetrické dokumentace vybrané části budovy Domů U Sixtů ve Starém Městě (Praha 1). Tato měřická dokumentace je vytvářena pro potřeby Státního památkového ústavu. Popisuje zvolený postup měření, tvorby snímků a jejich zpracování. Analyzuje vliv kvality fotografií (barevná hloubka) na vytvářený 3D model pomocí obrazové korelace. Dále v praxi zkouší tvorbu snímků s vysokým dynamickým rozsahem (HDR), které jsou dále použity pro tvorbu 3D modelu. Výstupem této diplomové práce jsou ortofota nejnižšího patra, fotoplány všech čtyř stěn a 3D model použitý pro tvorbu ortofot.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

měřická dokumentace, Dům U Sixtů (Praha 1), metoda obrazové korelace, Agisoft Photoscan, metoda HDR

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with elaboration of photogrammetric documentation of a selected part of the building "Dům U Sixtů" in Old Town (Prague 1). This documentation is created for the needs of National Heritage Institute. Describes the selected measurement, imaging and processing procedure. Analyzes the effect of photo quality (color depth) on the 3D model. Furthermore, in practice, tests the creation of high dynamic range (HDR) frames that are also used to create 3D model. The output of this diploma thesis are the ortophotos of the lowest floor, photoplanes of all four walls and 3D model used for creating ortophotos.

## **KEYWORDS**

measurement documentation, House U Sixtů (Prague 1), method of image correlation, Agisoft Photoscan, method of HDR

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Dům U Sixtů Kamzíková 7 (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části“ jsem vypracoval samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne .....

.....

(podpis autora)



## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Jindřichu Hodačovi, Ph.D., za pomoc při měření a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Zdeňkovi Poloprutskému za pomoc při tvorbě snímků a rady při tvorbě 3D modelu. Na závěr bych rád poděkoval za podporu a pomoc při měření své přítelkyni, Mgr. Haně Dobré, a za pomoc při měření nivelace kamarádovi Ing. Davidu Hofmanovi.

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
1.1 Umístění objektu . . . . .	2
1.2 Historie . . . . .	4
1.2.1 Stavební úpravy domů . . . . .	4
<b>2 Přístroje</b>	<b>5</b>
2.1 Nivelační přístroj . . . . .	5
2.1.1 Sokkia C330 . . . . .	5
2.2 Totální stanice . . . . .	6
2.2.1 Leica TS06 . . . . .	6
2.3 Fotoaparát . . . . .	7
2.3.1 Nikon D7100 . . . . .	7
2.3.2 Objektiv Sigma 17-50mm F2.8 EX DC OS HSM . . . . .	8
<b>3 Použitý software</b>	<b>9</b>
3.1 Capture NX-D . . . . .	9
3.2 Photomatix . . . . .	9
3.3 Agisoft Photoscan . . . . .	10
3.4 CloudCompare . . . . .	10
<b>4 Teorie</b>	<b>11</b>
4.1 Prvky vnější a vnitřní orientace . . . . .	11
4.2 Vady objektivu . . . . .	11
4.2.1 Distorze obrazu . . . . .	12
4.2.2 Chromatická aberace . . . . .	13
4.2.3 Vinětace . . . . .	13
4.3 HDR snímky . . . . .	13
4.3.1 Důvod použití . . . . .	13
4.3.2 Princip tvorby . . . . .	14
<b>5 Rešerše</b>	<b>16</b>
5.1 Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči . . . . .	16

5.1.1	Účel měřické dokumentace, její uživatelé a zhotovitelé . . . .	16
5.1.2	Zaměřování historických staveb jako samostatný obor . . . .	17
5.1.3	Zaměřování historických staveb . . . . .	17
5.1.4	Specifika měřické dokumentace . . . . .	17
5.2	Problematika dynamického rozsahu snímků v kontextu blízké fo- togrammetrie - DP . . . . .	17
5.3	Optické korelační systémy - průzkum a zhodnocení aktuálního stavu	18
<b>6</b>	<b>Praktická část</b>	<b>19</b>
6.1	Rekognoskace . . . . .	19
6.2	Nasnímání objektu . . . . .	19
6.3	Měření sítě . . . . .	21
6.4	Výškové umístění . . . . .	22
6.5	Vyrovnání místní sítě a výpočet VB . . . . .	22
6.6	Postprocessing snímků . . . . .	24
6.7	Kalibrace kamery . . . . .	25
6.8	Analýza vlivu barevné hloubky a kalibrace na kvalitu vytvářeného 3D modelu . . . . .	29
6.8.1	Obecný postup tvorby 3D modelu a ortofota . . . . .	29
6.8.2	Vliv barevné hloubky snímků . . . . .	30
6.8.3	Vliv předkalibrace . . . . .	32
6.9	Tvorba HDR . . . . .	36
6.9.1	Analýza vytvořených HDR snímků a z nich vytvořených modelů . . . . .	37
6.10	Tvorba ortofota . . . . .	38
6.11	Referenční roviny . . . . .	39
6.12	Jednosnímková fotogrammetrie . . . . .	42
6.13	Tvorba výkresů . . . . .	43
6.14	Zhodnocení přesnosti měření a zpracování . . . . .	43
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam zkratk</b>	<b>47</b>
	<b>Literatura</b>	<b>48</b>

Seznam příloh	50
A Porovnání modelů/mračen	51
B Seznam výkresů	55
C Seznam vrstev	56
D Obsah digitálních médií	57

# Seznam obrázků

1.1	Umístění objektu, zdroj: ČUZK . . . . .	2
1.2	Umístění zpracovávaného prostoru s vyznačením zájmových stěn, zdroj půdorysu: NPÚ . . . . .	3
2.1	Nivelační přístroj SOKKIA C330 ; zdroj: [16] . . . . .	6
2.2	Totální stanice Leica TS06; zdroj: <a href="https://www.tigersupplies.com/">https://www.tigersupplies.com/</a> . . . . .	7
2.3	Nikon D7100; zdroj: <a href="https://www.imaging-resource.com/PRODS/nikon-d7100/nikon-d7100A.HTM">https://www.imaging-resource.com/PRODS/nikon-d7100/nikon-d7100A.HTM</a> . . . . .	8
2.4	Objektiv Sigma 17-50mm F2.8 EX DC OS HSM; zdroj [14] . . . . .	8
4.1	Porovnání dynamického rozsahu lidského oka a DCLR přístroje; zdroj: <a href="http://www.smartphotography.com/blog/hdr-portraits">http://www.smartphotography.com/blog/hdr-portraits</a> . . . . .	14
4.2	Princip tvorby snímků s vysokým dynamickým rozsahem‘ zdroj: <a href="http://www.smartphotography.com/blog/hdr-portraits">http://www.smartphotography.com/blog/hdr-portraits</a> . . . . .	15
6.1	Černě doporučené snímání fasády, barevně jsou přidáné směry snímání. zdroj původního obrázku dokumentace Agisoft Photoscan . . . . .	20
6.2	Přehled měření sítě a elipsy chyb vyrovnaných stanovisek v mm . . . . .	23
6.3	Porovnání množství šumu před a po úpravě . . . . .	25
6.4	Vyvážení bílé pomocí kapátka . . . . .	25
6.5	Průběh radiální distorze pro $f = 17$ mm . . . . .	27
6.6	Průběh radiální distorze pro $f = 50$ mm . . . . .	27
6.7	Míra distorze na celé ploše snímku ( $f = 17$ mm) . . . . .	28
6.8	Míra distorze na celé ploše snímku ( $f = 50$ mm) . . . . .	28
6.9	Přehled umístění VB na testovací oblasti, řídké mračno bodů . . . . .	31
6.10	Předkalibrované hodnoty načtené do programu Photoscan . . . . .	32
6.11	Porovnání kalibračních hodnot pro různé postupy výpočtu . . . . .	34
6.12	Porovnání kalibračních hodnot pro různé postupy výpočtu . . . . .	34
6.13	Porovnání vlevo nevyrovnané snímky, vpravo na sebe vyrovnané . . . . .	36
6.14	Referenční přímka; fotoplán F2 . . . . .	40
6.15	Přehled VB východní zdi, body červeně vstupují do výpočtu, body s kroužkem ne. . . . .	41
6.16	Přehled VB východní zdi prvního patra, osy $x$ a $y$ jsou v nepoměru proto, aby byla lépe patrná vzdálenost od referenční roviny . . . . .	42

A.1	Rozdíl I. mračna k II. mračnu . . . . .	51
A.2	Histogram rozdílu I. mračna k II. . . . .	51
A.3	Rozdíl III. mračna k II. mračnu . . . . .	52
A.4	Histogram rozdílu III. mračna k II. . . . .	52
A.5	Rozdíl noAligned-HDR mračna k II. mračnu . . . . .	53
A.6	Histogram rozdílu noAlign-HDR mračna k II. mračnu . . . . .	53
A.7	Rozdíl Aligned-HDR mračna k II. mračnu . . . . .	54
A.8	Histogram rozdílu Aligned-HDR mračna k II. mračnu . . . . .	54

# 1 Úvod

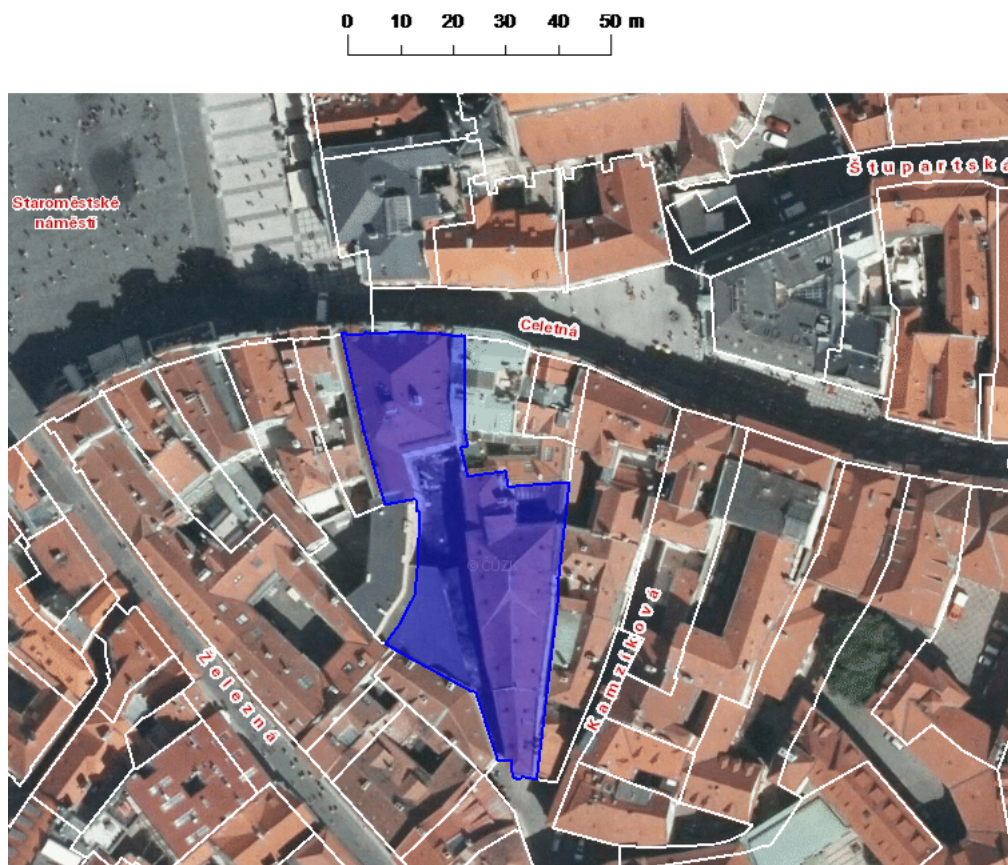
Předtím, než byl stanoven cíl a téma mojí diplomové práce, jsem byl oslovit s dotazem pracovníky Národního památkového ústavu v Praze. Chtěl jsem, aby moje práce a její konečný výsledek měly praktické využití například v podobě 3D modelu a fotoplánu. V této diplomové práci vytvořenou fotogrammetrickou dokumentaci (fotoplány, ortofota a 3D model, který byl vytvořen jako mezistupeň při tvorbě ortofot) určených prostor historického domu u Sixtů, kterou posléze využijí památkáři z Národního památkového ústavu (NPÚ) pro zkoumání stáří jednotlivých částí a prvků prostor - mimo jiné černé kuchyně, nosné trámy, středové toalety apod.

Mimo vytvoření ortofot a fotoplánu zadané prostory jsem si v průběhu zpracování určil za cíl, vyzkoušet metodu tvorby HDR snímků a z nich vytvořený model porovnat s modelem vytvořeným z původních snímků. Při prvotním setkání na místě se zadavatelem Ing. arch. Bartošem (NPÚ) a také docentem Ryklem (FA, ČVUT) bylo vysloveno přání, zda-li by bylo možné mít vytvořená ortofota a fotoplány v měřítku 1:20. Tento požadavek by ovšem vedl k nadměrnému formátu tištěné verze výkresu, proto byly v měřítku 1:20 vyhotoveny výkresy vybraných menších částí prostoru (černá kuchyně, přízemí jižní a severní stěny). Zbylé části byly vyhotoveny v měřítku 1:50.

Cíle práce byly stanoveny následovně: Vytvořit 3D model metodou obrazové korelace a z něj dále ortofota vybraných částí (nejnižší patra stěn prostoru) v měřítku 1:20 (severní a jižní stěna) a 1:50 (východní a západní stěna). Vytvořit fotoplány zbylých částí stěn (vyšší patra) pomocí jednosnímkové fotogrammetrie. Otestovat nastavení vhodných parametrů tvorby modelu metodou obrazové korelace vybrané části prostoru v SW Agisoft Photoscan. Otestovat vliv kvality snímků (8-bit, 16-bit a HDR) na vytvářený 3D model.

## 1.1 Umístění objektu

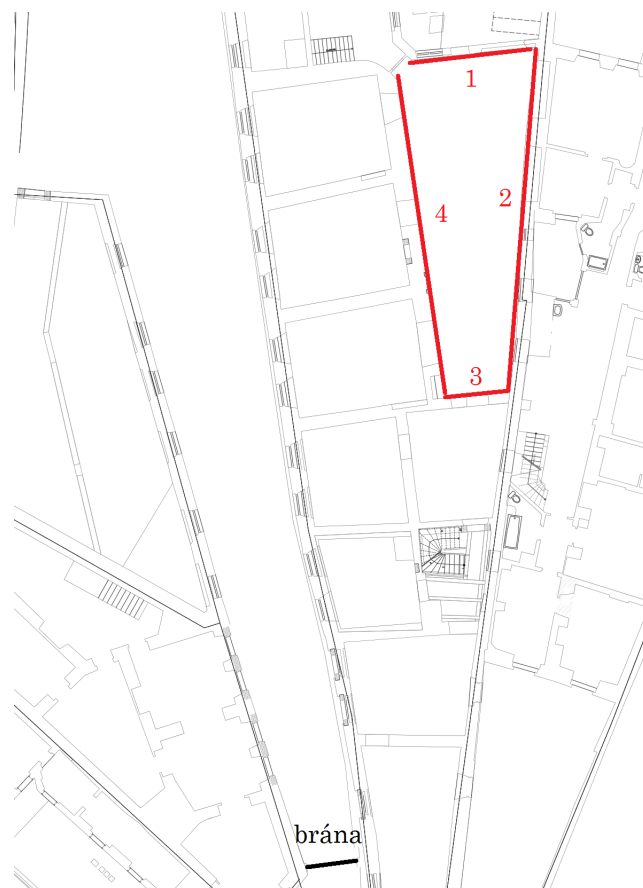
Soubor budov U Sixtů se nachází v Praze na Starém městě nedaleko Staroměstského náměstí a je situován mezi ulicemi Celetná, Kamzíková a Železná. Čelo hlavního domu (čp. 544) směřuje do ulice Celetné, zadní vstup bránou do dvora je z ulice Kamzíkové.



Obrázek 1.1: Umístění objektu, zdroj: ČUZK

Samotná fotogrammetrická dokumentace byla prováděna v jihovýchodní budově, do které byl vstup pouze bránou z ulice Kamzíková.





Obrázek 1.2: Umístění zpracovávaného prostoru s vyznačením zájmových stěn, zdroj půdorysu: NPÚ

Tento prostor je vysoký přes tři patra a nejnižší část "podlaha" je v úrovni 1. patra budovy. Výstupem bude 3D model a orotofota spodního patra této prostory plus "jizva" ve zdivu jako pozůstatek po sociálním zařízení z různých dob na východní stěně. Tato "jizva" ve stěně zasahuje až do nejvyššího patra. Výstupem budou také fotoplány zbylých částí stěn. Následující tabulka ukazuje v jaké části bude vytvářeno ortofoto a v které fotoplány.

<i>stěna</i>	<i>ortofoto</i>	<i>fotoplán</i>
severní	1. patro	2. a 3. patro
východní	1. patro + části 2. a 3. patra	2. a 3. patro
jižní	1. patro	2. patro
západní	1. patro	-

## 1.2 Historie

Sixtův dům nese svůj název podle svého někdejšího majitele pana Sixta z Ottersdorfu, který dům získal po roce 1560. [9]

### 1.2.1 Stavební úpravy domů

Nejstarší dochovaná část Sixtova domu je křížový oblouk a valená klenba ve sklepení v románském a raně gotickém slohu datována do 12. a 13. století. Pozdější přístavby dvorního křídla ve stylu vrcholné gotiky byly součástí celkové přestavby před rokem 1523. Později byla přístavěna křídla upravená v letech 1607 až 1612 a hlavní průčelí je vrcholně barokní vystavěné okolo roku 1736. [10] [11]

Po roce 1989 proběhly roku 1994 v objektu rozsáhlé stavební práce. Bylo zbouráno jedno dvorní křídlo a v dalších dvou byl značně vybourán interiér. V tomto necitlivém zásahu objekt přišel o spoustu historicky cenných prvků interiéru. V roce 1996 byly stavební práce přerušeny a objekt od té doby chátrá. Střechou do objektu zatéká a je utočištěm velkého počtu ptactva (holubů). [11]

V posledních letech se otázka nutnosti opravy řešila již několikrát. V roce 2017 město, jež je vlastníkem části komplexu, vypovědělo nájemní smlouvu za neplnění podmínek přestavby na hotelový komplex. V létě 2018 bylo městem odsouhlaseno, že bude provedena původně plánovaná přestavba na hotelový komplex. [12]

## 2 Přístroje

Dle požadavků zadavatele, které byly kladeny hlavně na to, aby byla dokumentace umístěna výskově v Bpv. Zato polohové umístění nebylo požadováno v S-JTSK, a proto bylo rozhodnuto pracovat v místní síti.

Proto byla provedena technická nivelace pomocí nivelačního přístroje Sokkia C330 a skládací latě mezi dvěma známými nivelačními body BI-195 a BI-196 (viz příloha Nivelacní údaje na konci dokumemntu). Nivelací byla zjištěna výška pěti nivelačních čepů, kde jeden se nachází před branou a zbylé čtyři za ní. Na čep před branou bylo měřeno jako na přestavový bod a na zbylé body bylo měřeno bočně. Z těchto pěti nivelačních bodů před budovou bylo dále měřeno pomocí totální stanice Leica TS06 trigonometricky a tak byla určena výška dvou (4002 a 4003) stanovisek v zadaném prostoru. Dále bylo již v zadaném prostoru stabilizováno osm stanovisek (čtyři ve spodním patře a čtyři ve vyšším patře). Z těchto stanovisek byly měřeny nejprve orientace na všechna ostatní možná stanoviska a poté na vlčovací body. Následně bylo pomocí fotoaparátu Nikon D7100 s objektivem Sigma provedeno nasnímání zadaných oblastí. Oblasti, kde bylo vytvářeno ortofoto, byly nasnímány hustěji. Podrobněji je postup popsán v praktické části viz 6.

### 2.1 Nivelacní přístroj

Pro zjištění nadmořské výšky měřeného bodu v řádu mm, je nutné provést nivelaci. K měření nivelace slouží nivelační přístroje. Dle zdroje světla se dělí na optické a laserové. Dle způsobu odečítání se dělí na optické a digitální. Optické přístroje dosahují přesností 1 až 0.1 mm na 1 km. Digitální (laserové) přístroje mohou dosahovat vyšších přesností. K měření a zjištění nadmořských výšek nivelačních čepů před budovou byl použit přístroj Sokkia C330.

#### 2.1.1 Sokkia C330

Jedná se o optický nivelační přístroj, který disponuje magnetickým kompenzáto-rem o rozsahu  $\pm 15'$  a přesností 0.5". Optické zvětšení dalekohledu je 22x. Standardní směrodatná odchylka kilometrová přístroje udávaná výrobcem je  $\sigma = 2.00$

mm/km . Přístroj disponuje děleným kruhem ve stupních i gonech. Je voděodolný a má rozměry 130 x 215 x 135 mm a hmotnost přibližně 1.7 kg. [16]



Obrázek 2.1: Nivelační přístroj SOKKIA C330 ; zdroj: [16]

## 2.2 Totální stanice

K měření na vlíčovací body a určení výšky pomocí trigonometrie byla použita totální stanice firmy Leica TS06.

### 2.2.1 Leica TS06

Totální stanice Leica TS06 je moderní geodetický přístroj. Umožňuje různé režimy měření délek a to buď na odrazné hranoly, reflexní štítek (tape) nebo bezhranově (mění se konstaty). Dále lze také umožňují zvolit různé rychlosti měření těchto délek, které se ale nepřímo projeví v její přesnosti. Přesnost měření délek při zvoleném režimu:

Prism-Standard	1.5 mm + 2 ppm
Prism-Fast	3 mm + 2 ppm
Prism-Tracking	3 mm + 2 ppm
Tape	5 mm + 2 ppm

Přístroj disponuje dvou-osovým kompenzátorem s různým rozsahem dle nastavené přesnosti měření úhlů, a to od 0.2 mgon do 0.7 mgon. Přesnost měřených horizontálních úhlů se mění dle nastavení přesnosti, a to od 0.2 mgon až po 2 mgon. Pojmeme přesnost je míněno standardní směrodatná odchylka. [15]



Obrázek 2.2: Totální stanice Leica TS06; zdroj: <https://www.tigersupplies.com/>

## 2.3 Fotoaparát

Základní dělení fotoaparátů je na analogové a digitální. U analogových je obraz snímán na fotocitlivou vrstvu (negativ) a poté jsou snímky vyvolány. U digitálních je obraz zachycen na digitálním snímači (sensor) a data jsou uložena v digitální podobě. Dále se digitální fotoaparáty dělí na

- Kompakty - DSC (digital still camera)
- Ultrazoomy - EVF
- Zrcadlovky - DSLR

Pro měření bylo použito digitální zrcadlovky značky Nikon D7100 s objektivem Sigma.

### 2.3.1 Nikon D7100

Fotoaparát Nikon D7100 spadá do kategorie digitálních zrcadlovek. Disponuje senzorem typu CMOS s velikostí 23.5 x 15.6 mm a rozlišením snímku je 6000 x 4000 pixelů. Rozsah citlivosti ISO je od 100 až do 6400. Při zvýšené "Boosted" citlivosti od 12800 až k 25600. Disponuje systémem automatického zaostřování s 51 zaostřovacími poli. Fotoaparát disponuje funkcí bracketingu (2 až 5 snímků s různou expozicí). Tělo fotaparátu je vyrobeno z odolné hořčíkové slitiny. [13]



Obrázek 2.3: Nikon D7100; zdroj: <https://www.imaging-resource.com/PRODS/nikon-d7100/nikon-d7100A.HTM>

### 2.3.2 Objektiv Sigma 17-50mm F2.8 EX DC OS HSM

Je určen pro DSLR fotoaparáty firmy Nikon se snímačem APS-C. Již z názvu objektivu lze poznat, že rozsah ohniskové vzdálenosti je od 17 mm do 50 mm a rozsah clony je od f/2.8 do f/22. Minimální vzdálenost zaostření je 0.28 m. Dále objektiv disponuje automatickým ostřením a stabilizací obrazu. Hmotnost objektivu je 565 g, průměr je 84 mm a délka 92 mm. [14]



Obrázek 2.4: Objektiv Sigma 17-50mm F2.8 EX DC OS HSM; zdroj [14]

## 3 Použitý software

Pořízené snímky byly následně načteny a upraveny v software Capture NX-D, který je dispozici zdarma od firmy Nikon. K vytváření HDR snímků byl využit software Photomatix. Poté byl z upravených snímků vytvářen 3D model v programu Agisoft Photoscan pomocí obrazové korelace. Při následném porovnávání vytvořených 3D modelů byl využit software CloudCompare.

### 3.1 Capture NX-D

Software Capture NX-D je dostupný zdarma. Uživatelům umožňuje pomocí jednoduchých operací plnohodnotné zpracování pořízených snímků ve formátu RAW určených pro komplexní zpracování fotografií (nejenom raw). Zpracování RAW snímků není omezeno jen na pořízené fotografie prostřednictvím fotoaparátů značky NIKON. Obsahuje databázi objektivů, primárně značky NIKON, pro snadnou opravu objektivových vad (distorzi, chromatickou aberaci, vinětaci atd.) Umožňuje také snadné hromadné zpracování snímků. [4]

### 3.2 Photomatix

Program Photomatix slouží pro vytváření HDR kompozic ze snímků pořízených pomocí bracketingu. Je k dispozici ve verzích *PhotomatixEssentials* a *PhotomatixPro*.

Verze *Essentials* obsahuje základní funkce tvorby HDR snímků a je jednodušší pro začínající fotografy. Software nativně podporuje tvorbu HDR přímo z RAW snímků, u kterých je navíc k dispozici oprava distorze objektivu. Dále software nabízí volbu zda a v jaké míře se mají snímky na sebe vyrovnat (*align*) s možnostmi - tripod, hand-helded. V základní verzi je počet snímku u vytvářené HDR kompozice omezen na pět a není možné celý proces automatizovat hromadným zpracováním.

Verze *PhotomatixPro* obsahuje navíc především více nastavení při výsledném tónování, histogramu snímku a především disponuje možností hromadného zpracování snímků. Počet (bracketed) snímků spojovaných do jednoho HDR není již

omezen. Licence základní verze *Essentials* vyjde na 39 \$ a *Pro* verze na 99 \$ .  
[6] [19]

### 3.3 Agisoft Photoscan

Program Photoscan od firmy Agisoft je v současnosti jeden z nejlepších programů na trhu pro potřeby fotogrammetrie. Umí vytvářet 3D modely nebo digitalní modely terénu pomocí metody obrazové korelace. Celý proces tvorby 3D modelu je poloautomatizovaný, takže uživatel si může volit jen míru kvality výstupu. Program podporuje na vstupu formáty JPEG, TIFF, PNG, BMP a další viz dokumentace. Umožňuje tvorbu z různě velkých snímků s rozdílnou kvalitou snímku. Také nabízí možnost vlastního výpočtu kalibračních hodnot. Z vytvořeného 3D modelu umí vytvářet true ortofoto. [7]

### 3.4 CloudCompare

Jak už název napovídá, tento program slouží hlavně k práci a zpracování velkého mračka bodů. Umí porovnat mračka vůči sobě a jejich rozdíl vyjádřit pomocí barevné škály, kterou si uživatel může zvolit, dále získané diference zobrazit v histogramu. Pokud nejsou mračka ve stejných souřadnicích, je možné je pomocí různých funkcí (rotace, zvětšení atd.) transformovat na "sebe". [5]



## 4 Teorie

### 4.1 Prvky vnější a vnitřní orientace

Prvky vnější orientace definují polohu projekčního centra (bodu) v okamžiku expozice snímku třemi souřadnicemi a směr osy záběru pomocí tří úhlů rotace. Projekčním centrem se rozumí bod, kde se všechny vstupní paprsky zdánlivě protínají, tedy střed promítání.

"Prvky vnitřní orientace charakterizují geometrii paprsků uvnitř kamery." [20]  
 Jedná se o

- konstantu kamery - je definována jako vzdálenost hlavního snímkového bodu od středu výstupní pupily objektivu
- polohu hlavního bodu - jde o průnik snímkové roviny a kolmého paprsku procházejícího středem promítání (tj. osa záběru)
- znalost průběhu distorze (tj. geometrického zkreslení objektivu - radiální a tangenciální složka)

### 4.2 Vady objektivu

Nejjednodušším optickým prvkem objektivu je čočka (spojka a rozptylka). Reálná čočka, oproti ideální, disponuje různými nedokonalostmi. Například se procházející paprsky světla nelámou přesně do ohniska čočky (jde o sférickou aberaci), nebo dochází rozdílnému lomu světla v závislosti na jeho vlnové délce (tj. chromatická aberace). Mezi další vady patří například astigmatismus, který je způsoben nedokonalým vybroušením čočky.

Moderní objektivy jsou proto tvořeny z mnoha optických prvků z různého druhu skla uspořádaných do struktur, které mají právě za cíl odstranit nebo alespoň minimalizovat hlavní nedokonalosti obyčejné reálné čočky. Například asférický člen odstraňuje sférickou aberaci. Další členy mají například za cíl minimalizovat chromatickou aberaci. Projev některých vad se také mění z důvodu pohybu částí objektivu při zoomu a ostření (hlavně distorze).

Analyticky se optické vady dělí na

#### I Monochromatické

- (a) osově
  - otvorová vada
- (b) mimoosové
  - koma
  - astigmatismus
  - zklenutí pole
  - distorze (zkreslení)

#### II Chromatické

- (a) velikost obrazu
  - barevná vada velikosti
- (b) poloha obrazu
  - barevná vada polohy

Pokud budeme brát za samozřejmost, že profesionální objektivy jsou vyrobeny téměř bezchybně, tak hlavní vady, které se projevují nejvíce na pořízeném snímku jsou následující. [18] [17]

### 4.2.1 Distorze obrazu

Efekt distorze na snímku se projevuje tak, že rovinné linie (přímky) ve skutečnosti nejsou na snímku zobrazeny jako přímky. Toto geometrické zkreslení nezhoršuje ostrost obrazu. K odstranění této vady za pomoci softwaru je potřeba znát jejich efekt/průběh na celém snímku. Distorze se dále dělí na radiální a tangenciální. Průběh obou se lze v softwaru modelovat pomocí různého počtu konstant. Software Photoscan používá pro odstranění distorze Brownův model, kde konstanty jsou  $k_1, k_2, k_3$  pro radiální distorzi a  $p_1, p_2$  pro tangenciální.

## 4.2.2 Chromatická aberace

Původem této vady je rozdílný index lomu světla v závislosti na vlnové délce světla. Nejjednodušším příkladem tohoto jevu je rozklad bílého světla na skleněném hranolu. Nejlépe je pozorována na snímku, kde je hrana mezi světlou (nejběžněji bílá) a tmavou plochou. Tato vada se odstraňuje nejjednodušeji.

## 4.2.3 Vinětace

Vinětace je efekt, kdy na okrajích optické soustavy prochází (je propouštěno) méně světla než-li prochází středem (osou) snímku. Důsledkem je tedy to, že na snímcích (hlavně fullframe) jsou okraje méně světlé (podexponované). Tato vada se také jednoduše odstraňuje.

## 4.3 HDR snímky

Podkapitola má za cíl přiblížit metodu tvorby vysokého dynamického rozsahu.

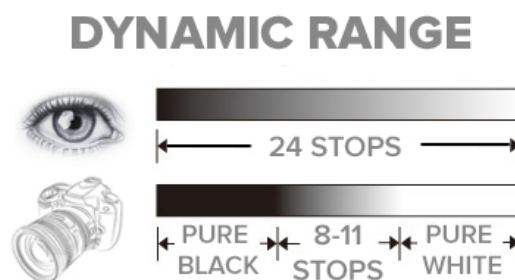
### 4.3.1 Důvod použití

Důvodem proč se metoda High Dynamic Range (HDR) používá je proto, že objekty na snímané scéně mohou mít obecně rozdílný jas. To až do takové míry, kdy nejjasnější objekt může mít (například Slunce  $10^9$  cd/m<sup>2</sup>) až několikařádově větší jas než stíny. Běžně se spíše jedná o části objektu, které jsou osvětlené přímým sluncem a stínem. Poměr mezi nejjasnější a nejtemnější vnímatelnou hodnotou je kontrastní poměr  $c$ . Pro jednodušší práci s dynamickým rozsahem je zde odvozená veličina *stops*.

$$\text{stops} = \log_2(c) \quad (4.1)$$

Lidské oko je schopno vnímat velký rozsah jasu  $10$  cd/m<sup>2</sup> až do  $10^8$  cd/m<sup>2</sup>, tedy přes 23 stops. Kdežto digitální snímače mají tento rozsah mnohem omezenější (oproti starším analogovým negativům).

Typický digitální snímač umožňuje zaznamenat množství jasu / dopadajícího světla jako stupně šedi (barvy RGB) jen v omezeném rozsahu. V případě 8-bitové barevné hloubky má každá barva 256 odstínů, od 0 pro černou po 255 pro maximum.



Obrázek 4.1: Porovnání dynamického rozsahu lidského oka a DCLR přístroje; zdroj: <http://www.smartphotography.com/blog/hdr-portraits>

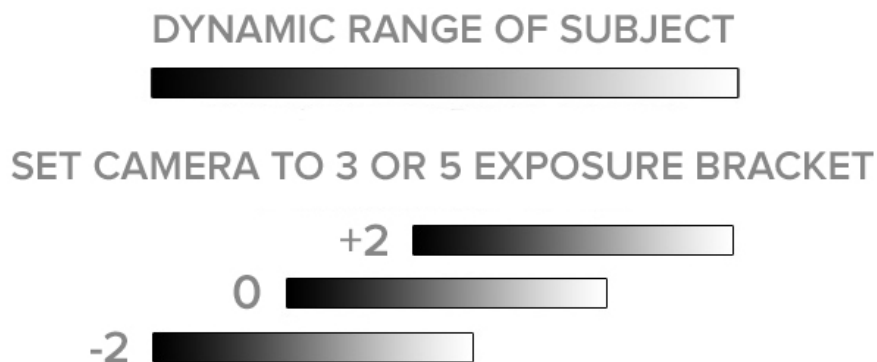
Proto, když do senzoru dopadá množství světla mimo jeho rozsah, jsou hodnoty zaznamenány jako hodnoty prahové. Při intenzitě dopadajícího světla menší než je minimum rozsahu senzoru dochází k podpalu a je zaznamenána hodnotou 0. Obdobně je to u intenzity světla vyšší než je maximum rozsahu, kdy dochází k přepalu a je zaznamenána hodnotou 255. Důsledkem v obou případech dochází ke ztrátě informace = detailů v přepalech a podpalech.

Tento omezený rozsah lze posouvat zvyšováním nebo snižováním expozičního čísla EV. Pokud se nemění clonové číslo ani hodnota ISO, mění se expoziční čas. Proto se v prostředích s vysokým rozdílem jasů používá metoda vysokého dynamického rozsahu - HDR. Díky většímu dynamickému rozsahu lze dospět lepších výsledků při tvorbě 3D-modelu metodou obrazové korelace. Podrobněji se tomuto věnuje diplomová práce Lukáše Haupta. [2]

### 4.3.2 Princip tvorby

Hlavní princip spočívá v (umělém) vytvoření snímku s vyšším dynamickým rozsahem, než umožňuje samotný snímač. Proto jsou pořízeny sekvence snímků se stejným clonovým číslem a ISO, ale s různou expozicí, obvykle tři EV -1, 0, +1 nebo EV -2, -1, 0, +1, +2 atd. Mnoho fotoaparátů umožňuje tyto sekvence vytvářet prostřednictvím funkce s názvem bracketting. Snímky s rozdílnou expozicí umožní zaznamenat detaily mimo původní rozsah. Podexponovaný snímek poskytuje informace o detailech z oblastí, které by byly na normálně exponovaném

snímku v přepalu. Podobně u přeexponovaného snímku získáme informace o detailu v místech, které by byly u normálního snímku v podpalu. Výsledkem je snímek s vyšším dynamickým rozsahem, než jaké jsou možnosti snímače.



Obrázek 4.2: Princip tvorby snímků s vysokým dynamickým rozsahem<sup>4</sup> zdroj: <http://www.smartphotography.com/blog/hdr-portraits>

## 5 Rešerše

V této kapitole budou přiblíženy důvody výběru následujících publikací.

První z nich je ze seznamu doporučené literatury a jedná se o certifikovanou metodiku s názvem "Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči". Byla vybrána, protože se jedná o publikaci Státního památkového ústavu, pro který je vyhotovována měřická dokumentace.

Dvě další diplomové práce byly vybrány z důvodu, protože se teoreticky zabývají problematikou, která bude v rámci této diplomové práce dále testována a použita. První z nich je "Problematika dynamického rozsahu snímků v kontextu blízké fotogrametrie" a byla vybrána z důvodu podrobného popsání postupu tvorby HDR snímků v programu Photomatix a také zde autor uvádí prospěšná doporučení. Druhá diplomová práce "Optické korelační systémy - průzkum a zhodnocení aktuálního stavu" byla vybrána z důvodu, že se zabývá hodnocením dostupného softwaru pro potřeby fotogrametrie a podrobného rozboru vlivu kvality pořízených snímků na vytvářený 3D model pomocí obrazové korelace.

### 5.1 Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči

Tato metodická příručka cílená především pro pracovníky v památkové péči, má přinést větší povědomí o historickém vývoji a současném stavu problematiky vytváření měřické dokumentace.

Je rozdělena celkem na 9 kapitol a 5 hlavních kapitol bude dále komentováno.

#### 5.1.1 Účel měřické dokumentace, její uživatelé a zhotovitelé

Tato kapitola se zabývá významem měřické dokumentace pro její uživatele a zhotovitele.

### 5.1.2 Zaměřování historických staveb jako samostatný obor

Ve třetí kapitole je přiblížen historický vývoj a ukázky tehdejších měřických dokumentací, seznam tehdejších používaných směrnic, předpisů a metodiky z nedávné minulosti (od roku 1959 do 1971) a dále současné zákony a normy. Přináší také srovnání dosavadního stavu problematiky se zahraničím, nynější směřování měřické praxe a nové metody měření, jak se mění s nástupem moderních technologií.

### 5.1.3 Zaměřování historických staveb

Ve této kapitole jsou přiblíženy měřické postupy a užívaná terminologie. Také jaké jsou používány přístroje a jejich výhody a nevýhody při různých postupech. Přibližuje ustálené postupy a podobu jednotlivých druhů výstupů (dokumentací).

### 5.1.4 Specifika měřické dokumentace

V páté kapitole je čtenář seznámen se zvláštními nároky na postupy pro konkrétní druhy (částí) staveb nebo objektů. Například dokumentace krovů, hradních zřízení nebo archeologii. Dále jsou zde rozebrány nedostatky běžného zaměření objektů. Například jak řešit nesvislost zdí, či jak v dokumentaci zobrazit průběh klenby. V závěru je vzhled na časovou náročnost zpracování, která je závislá na rozsahu a podrobnosti, a doporučení, jak zadávat zakázku. [3]

## 5.2 Problematika dynamického rozsahu snímků v kontextu blízké fotogrammetrie - DP

Autor, Lukáš Haupt (r.2016), ve své diplomové práci, která je členěna na 7 kapitol, postupně popisuje použité přístroje a software. Dále se věnuje komplexně problematice dynamického rozsahu. Důvodům proč a kdy je výhodné jej použít. V následující kapitole se zabývá testovacím objektem, zásadami pořizování snímků a jejich postprocessingu. V páté kapitole se již věnuje různým metodám zvýšení dynamického rozsahu pořízených snímků a to ve třech různých postupech (optimalizaci jasů a stínů u jednotlivého snímku, metoda HDR a metoda světelných masek). Následně popisuje metodu optické korelace pro tvorbu 3D modelu,

s pomocí kterého předchozí tři metody zvýšení dynamického rozsahu porovnává v šesté kapitole. V sedmé kapitole autor hodnotí kvalitu výstupu a časovou náročnost procesu. [2]

### **5.3 Optické korelační systémy - průzkum a zhodnocení aktuálního stavu**

V této diplomové práci autor celkem v pěti kapitolách postupně rozebírá problematiku optických korelačních systémů. V teoretickém úvodu přiblíží neselektivní metody získávání mračna bodů a nejběžnější výpočetní algoritmy. Ve druhé kapitole se zabývá dělením dostupného software dle použití, vstupních dat, způsobu výpočtu, ceny a výstupním formátem vytvořených dat. Následně autor podle svých sestavených testů porovnává vliv světelných podmínek, vzájemnou konfiguraci snímků a vliv konstanty kamery. [1]



## 6 Praktická část

V praktické části je popsán chronologicky postup prací, jak probíhal v terénu a následně v kanceláři.

### 6.1 Rekognoskace

Rekognoskace objektu proběhla 26. června 2018. Sraz byl před branou z ulice Kamzíkova, kde po krátkém přivítání a seznámením se s riziky práce v objektu, jsme se pod vedením Ing. arch. Bartoše přesunuli do zájmového prostoru. Schůzky se účastnili doc. Ing. Michael Rykl, PhD. (FA, ČVUT), Ing. arch. Ladislav Bartoš (SPÚ - zadavatel), Ing. Jindřich Hodač, PhD. (Fsv, ČVUT), Ing. Zdeněk Poloprutský (Fsv, CVUT), Mgr. Hana Dobrá a Bc. Martin Jákl. Zde bylo ze strany zadavatele vysloveno přání, co vše by chtěli zpracovat v rámci dokumentace a jaké části by chtěli zpracovat do 3D modelu. Poté nám doc. Rykl lehce nastínil historii objektu a poté i jednotlivých částí zdi. Ze strany doc. Rykla bylo poté vysloveno přání, zdali by bylo možné zadané oblasti vyhotovit v měřítku 1:20. Po krátké diskuzi, kdy by zjištěno, že rozměr největší zdi je téměř 20 m, a tím pádem by tištěná verze výkresů v měříku 1:20 měla cca rozměr 1 m, bylo rozhoduto, že v měřítku 1:20 se zpracují jen menší části zdi a zbytek bude v měřítku 1:50.

Po zjištění, že v celé budově není k dispozici elektrický proud, bylo nejprve nutné ho zajistit. Proto bylo předem domluveno s investorem Ing. arch. Milanem Ševčíkem zajištění napojení elektrické přípojky z vedlejší budovy. Po zajištění elektrického proudu se přešlo samotnému nasnímání zadaných prostor.

### 6.2 Nasnímání objektu

Pořizování snímků za použití výše zmíněné sestavy (Nikon + Sigma) probíhal v průběhu tří po sobě jdoucích dnů, přesněji od 26. do 28. června. K osvětlení bylo použito dvou 1000 W lamp a dvou 500W lamp. Ke snažšímu vyrovnání bílé v pozdějším postprocessingu byla použita šedá destička, která se vždy vhodně umístila do snímání scény.

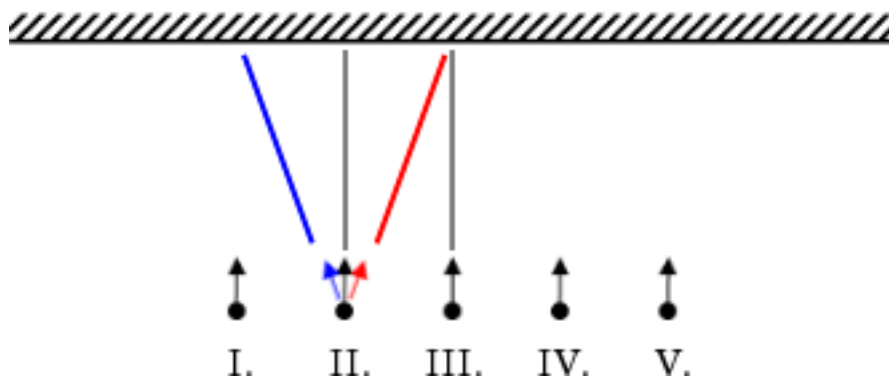
V nejnižším patře zpracovávané místnosti, tam kde bude vytvářen 3D model a z něj ortofoto, bylo nejprve potřeba zajistit dostatečné osvětlení. Také zajistit, tak

jak okolnosti prostředí dovolily, že se tyto světelné podmínky nebudou znatelně měnit v průběhu snímání. To znamená zajistit to, aby snímky stejné oblasti (části zdi) byly stejně osvětlené.

Dále bylo potřeba zajistit, aby byla stěna nasnímana hustěji a z vícero různých úhlů. Proto byl zvolen takový postup, který částečně modifikuje doporučený postup z dokumentace Photoscanu.

Návrh byl, aby oblast (část zdi) byla nasnímana z I. stanoviska zleva, z II. stanoviska čelně a z III. stanoviska zprava. Postup byl tedy pak následující, že z jednoho stanoviska byla nejprve snímána oblast vlevo, která byla ze sousedního stanoviska snímána čelně. Poté byla snímána oblast čelně (kolmo) a následně vpravo, ta oblast zdi, která bude z následujícího stanoviska snímána čelně.

### Facade (Correct)



Obrázek 6.1: Černě doporučené snímání fasády, barevně jsou přidáné směry snímání. zdroj původního obrázku dokumentace Agisoft Photoscan

Také bylo potřeba zajistit, aby sousední snímky měly dostatečně velký překryv a to minimálně 60 procent plochy. Při snímání byla použita funkce bracketingu. Tato funkce umožňuje snímat scénu v sériích snímků, každý s různou expozicí. Byla zvolena série expozic  $EV-0.7$   $EV+0$  a  $EV+0.7$ . Zajištění stejného osvětlení a snímání z různých úhlů odpovídá požadavkům využití metody pro obrazovou korelaci a cílí na vytvoření kvalitního 3D modelu.

U vyšších pater, kde bude ze snímků vytvářen fotoplán přímo ze snímků, byly snímky pořizovány, jak to okolnosti dovolovaly, vždy kolmo ke steně. Také bylo potřeba zajistit dostatečné osvětlení, ale již nebylo nutné, aby u sousedních snímků bylo stejné. Zato bylo osvětlení směřováno vůči zdi, tak aby nevznikaly

nevhodné stíny z výčnělků a do prohlubní na stěně. Ve vyšších patrech již nebylo možné umístit referenční šedou destičku.

### 6.3 Měření sítě

Zaměření měřické sítě a vlíčovacích bodů probíhalo ve dnech 17. až 18. srpna 2018. Síť byla tvořena osmi stanovisky, kde čtyři stanoviska byla ve spodním (prvním) patře (4001 až 4004) a zbylá čtyři (4011 až 4014) v patře vyšším (druhém). Stanoviska 4001 a 4002 byla stabilizována na dřevěném trámu na podlaze. Stanovisko 4003 byl střed hřebíčku zatlučeného do prkna pod nosným trámem. Stanovisko 4004 a také stanoviska 4011, 4012 a 4014 byla stabilizována značkou (tečkou fixem) na pevné části zdiva (beton, kámen). Stanovisko 4013 bylo stabilizováno hřebíčkem zatlučeným do prkna lávky v oblasti, kde se pod prknem nacházel nosný trám.

Na každém stanovisku byly měřeny orientace vždy minimálně na dvě další stanoviska. (viz obrázek 6.2) Ve spodním patře, kde byl poté vytvářen 3D model, bylo vždy měřeno ze všech čtyř stanovisek na všechna (tři) zbylá, plus na viditelná stanoviska ve vyšším patře. Ve vyšším patře, kde tomu okolnosti bohužel nedovolovaly (dřevěné trámy), byly měřeny orientace alespoň na dvě další stanoviska umístěná v nižším patře. Jedná se o stanoviska 4011 a 4014, kde je nepříliš vhodná konstelace orientací (viz obrázek sítě 6.2). Měřeno bylo pro kontrolu vždy ve dvou polohách dalekohledu a případně bylo na konci měřeno kontrolně na první orientaci. Měřeno bylo vždy na minihranol umístěný svisle na bodu. Měření vzdáleností bylo v režimu "Prism-fast", které je se směrodatnou chybou  $3 \text{ mm} + 2\text{ppm}$ .

Následně po měření orientací bylo měřeno na vlíčovací body a bylo opět měřeno ve dvou polohách dalekohledu. V prvním patře byly vlíčovací body, skoro vždy kromě tří (F4.001, F4.002, F4.002a) měřeny z více než jednoho stanoviska pro kontrolu. Zbývající vlíčovací body ve vyšších patrech již nebyly všechny měřeny kontrolně z více stanovisek. Pro lepší přehled z jakého stanoviska byl jaký vlíčovací bod měřen viz digitální příloha ./Měření a výpočty/zapisnik vypocty.ods list "Vlíčovací body". Měření vlíčovacích bodů bylo taktéž ve dvou polohách dalekohledu a pro měření vzdálenosti byla použita metoda bezhranolová (režim "Tape").

## 6.4 Výškové umístění

Pro výškové umístění bylo zadavatelem požadována soustava Bpv (Balt po vyrovnaní) a byl tedy využit státní nivelační systém. Protože bylo u objektu několik nivelačních čepů, jeden hned u brány a další čtyři za ní, bylo rozhodnuto nejprve zjistit výšku těchto bodů pomocí nivelace.

Posléze po zaměření všech VB v objektu byla dále pomocí totální stanice metodou trigonometrie změřen výškový rozdíl mezi měřenou měřickou sítí (stanoviska 4002 a 4003) a pěti nivelačních čepů u vstupní brány. Postup byl následující - bylo měřeno nejprve ze stanoviska 5001 na stanoviska 4002 a 4003 a poté měřeno na dočasně stabilizovaný bod 5002. Následně bylo, již u brány, měřeno ze stanoviska 5003 na bod 5002 a poté na pět nivelačních čepů (niv.1 až niv.5).

Následně dne 25. září 2018 byla provedena technická nivelace mezi známými nivelačními body BI-195 (194.631 m) a BI-196 (193.747 m) viz příloha nivelační údaje na konci dokumentu. Měření bylo provedeno přístrojem SOKKIA C330 se skládací latí. Zaměřovaný bod u brány (niv.5) byl zaměřen jako přestavový a body (niv.1) až (niv.4) byly zaměřeny ze stejného stanoviska bočně. Převýšení vypočtené z nivelačních údajů je 0,884 m a změřené převýšení je 0,893 m a rozdíl je tedy 9 mm. Protože bylo měřeno se skládací latí, byl mezní rozdíl vypočten jako

$$\Delta_{MAX} = 40 \cdot \sqrt{\frac{R}{2}} \quad (6.1)$$

Zdroj vzorce [8] strana 27. A tedy hodnota mezního rozdílu je 18,3 mm, tudíž měření vyhovuje.

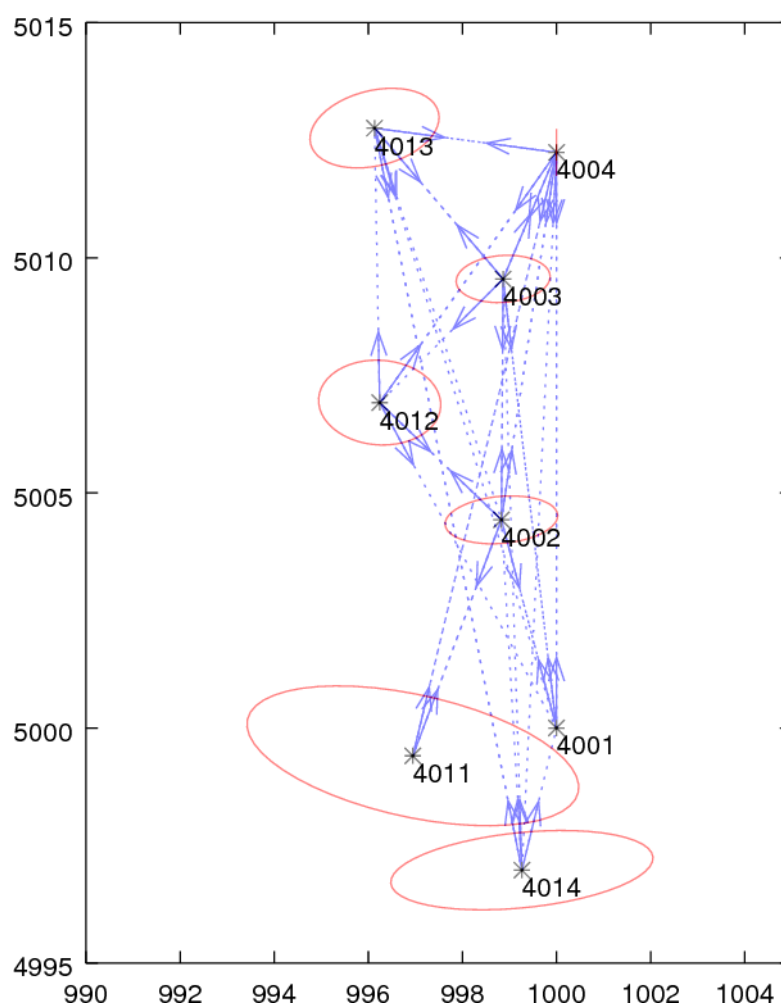
Dále při zpracování bylo zjištěno, že bohužel pravděpodobně kvůli měření na špatný nivelační čep (č.3) a hrubé chybě bylo nutné dvě z pěti měření vyřadit. Viz digitální příloha ./Měření a výpočty/zapisnik vypocty.ods list *vysky*.

## 6.5 Vyrovnaní místní sítě a výpočet VB

Pro veškeré výpočty byla zvolena místní soustava souřadnic, a to z důvodu obtížného napojení na S-JTSK a také protože zadavatel polohové připojení přímo

nevyžadoval. Jako počátek soustavy souřadnic byl zvolen bod 4001 se souřadnicemi  $x = 5000$  a  $y = 1000$ . Směr osy X byl zvolen směr na bod 4004 a síť byla zvolena jako levotočivá. Výšková soustava byla zvolena Balt po vyrovnání (Bpv). Zápisník GSI byl zpracován a další výpočty byly prováděny v tabulkách Excel viz digitální přílohy ./Měření a výpočty/zapisnik vypocty.ods

Vyrovnání sítě bylo provedeno v programu GNU Gama. Síť byla vyrovnána jako volná síť, kde byl fixní bod 4001 a směr na 4004. Polohová chyba je u stanic 4011 a 4014 vyšší z důvodu špatné konfigurace orientací. Vstupní soubor a protokol o vyrovnání viz v digitální příloze adresář ./Měření a výpočty/vyrovnání/

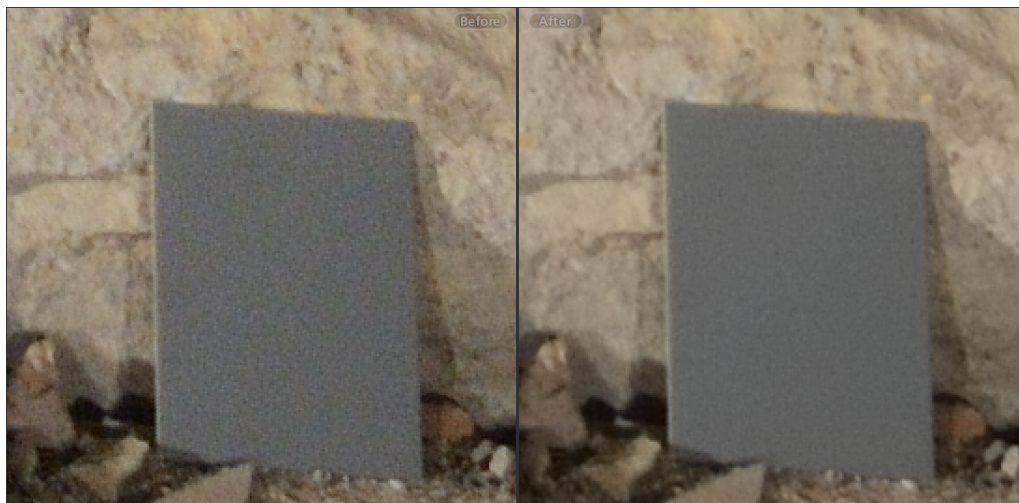


Obrázek 6.2: Přehled měření sítě a elipsy chyb vyrovnaných stanic v mm

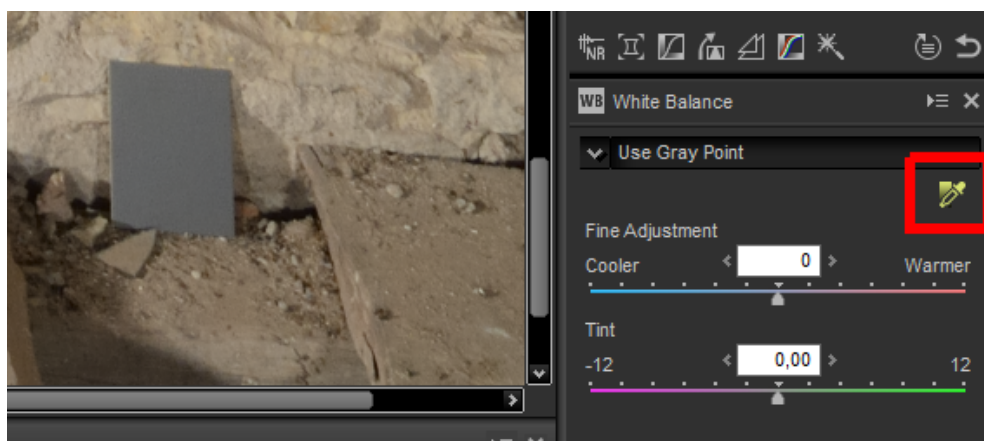
Měření na vlíčovací body bylo opět zpracováno v tabulkách Excel (viz ./Měření a výpočty/zapisnik vypocty.ods) a to z důvodu, že při měření nebyly totožné body označeny shodně. Značení vlíčovacích bodů bylo podle schématu  $Fx.pyy$ , kde  $x$  je číslo zdi na které se bod nachází,  $p$  je patro v rámci měřené místnosti,  $yy$  je číslo bodu v rámci patra. Souřadnice bodů získané z více stanovisek byly poté zkontrolovány a zprůměrovány. Většina souřadnic bodů měřených z více stanovisek se nelišila o více jak 6 mm. Největší rozdíl souřadnic je u bodu F2.102 a to  $\Delta x = 16$  mm  $\Delta H = 15$  mm a u bodu F2.110, kde byl rozdíl výšek  $\Delta H = 33$  mm. Pro přehled souřadnic všech VB viz digitální příloha ./Měření a výpočty/zapisnik vypocty.ods list "Vlíčovací body".

## 6.6 Postprocessing snímků

Po načtení všech RAW snímků do programu Capture NX-D byl u nich potlačen šum způsobený snímáním v ISO-640 a vzápětí byl snímek drobně doostřen. Bylo potřeba hledat poměr mezi odstraněním šumu a ostrostí, protože při nadměrném odstranění šumu snímek ztrácel ostrost, naproti tomu při vysokém zaostření docházelo k vyzvednutí šumu. Následně bylo pomocí referenční šedé destičky a funkce "kapátka" vyzkoušeno vyvážení bílé barvy. Protože byla destička umístěna na více snímcích bylo otestováno, zdali se teplota barev znatelně mění. Bylo zjištěno, že teplota barev se na různých snímcích neliší. Bylo tedy použito destičky ze snímku DSC\_0818. Byla také odstraněna chromatická aberace a vinětace. Odstranit distorzi objektivu v programu Capture NX-D nebylo možné, protože program má v databázi pouze objektivy značky Nikon a nasnímání objektu bylo provedeno objektivem značky Sigma. Proto bylo rozhodnuto provést laboratorní kalibraci kamery viz níže. Zvolený postup (tj. odstranění šumu, doostření, vyvážení bílé, odstranění chromatické aberace a vinětace) byl použit při hromadném zpracování tzv. *batch proces* všech snímků.



Obrázek 6.3: Porovnání množství šumu před a po úpravě



Obrázek 6.4: Vyvážení bílé pomocí kapátka

## 6.7 Kalibrace kamery

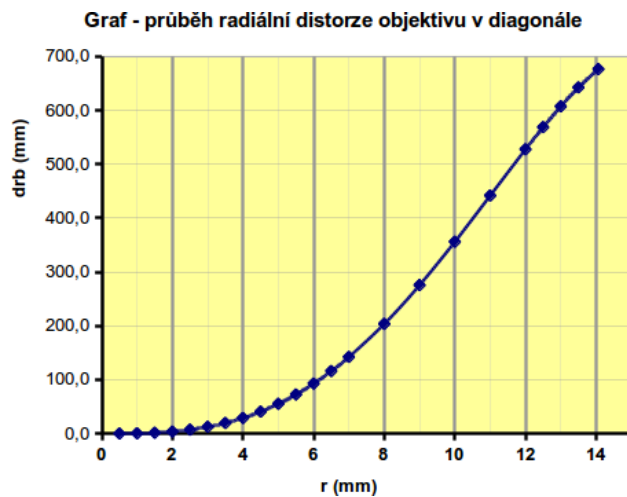
Pro určení prvků vnitřní orientace a z nich hlavně průběh distorze byla provedena kalibrace. Vlastní kalibrace byla provedena v laboratoři fotogrammetrie Fakulty stavební v Praze. Kalibrace byla provedena v krajních polohách objektivu, to jest pro konstantu komory 17 mm a 50 mm, protože nasnímání objektu bylo provedeno v těchto krajních polohách objektivu. Bylo nasnímáno rovinné kalibrační pole v konfiguraci 12 snímků pro PhotoModeler a parametry snímkování byly tyto - automatické ostření, ISO 800 resp. 1000, clonové číslo 8.

Zpracování kalibrace bylo provedeno v programu PhotoModeler Scanner. Jako výchozí hodnoty byly použity hodnoty získané z dokumentace výrobce fotoaparátu Nikon [2.3.1] a objektivu Sigma [2.3.2]:

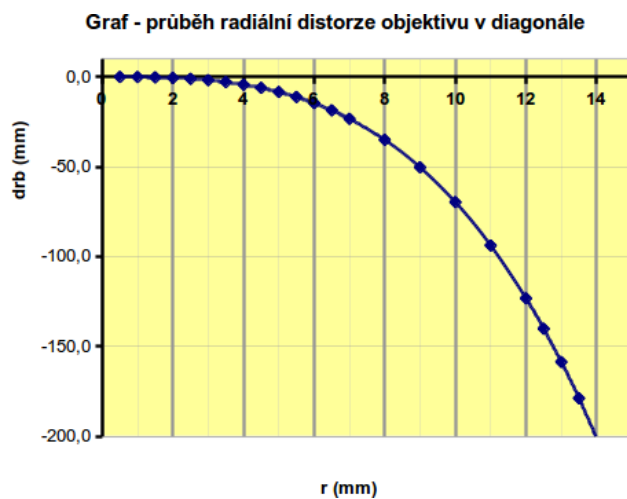
- velikost senzoru 23.5 x 15.6 mm
- střed promítání  $x = 11.75$  mm ,  $y = 7.8$  mm "principal point"
- a postupně ohnisková vzdálenost (17 a 50 mm).

Nejprve byly zjištěny prvky vnější orientace při snímkování kalibračního pole. Následně byla postupně zkontrolována automatická referene všech bodů na všech snímcích. Chybné body byly ručně opraveny nebo doplněny. Po prvním výpočtu orientace snímků a kalibrace byl zkontrolován bod s největší zbytkovou chybou (v pixlech) a pokud byla výrazně vyšší byl bod odstraněn z dalšího výpočtu. Tento postup se několikrát (5x a 6x) opakoval, dokud se nejhorší bod výrazně nelišil od ostatních. Hodnocení, zdali je výsledek již uspokojivý závisí na uvážení zpracovatele, proto nelze přesně říci, kdy je již výsledek kalibrace dostačující a konečný. Tímto postupem byly zjištěny prvky vnitřní orientace pro obě hraniční polohy zvětšení objektivu. To jest pro ohniskovou vzdálenost 17 mm a pro 50 mm. Grafy ukazují zjištěný průběh radiální distorze pro obě zjišťované polohy.

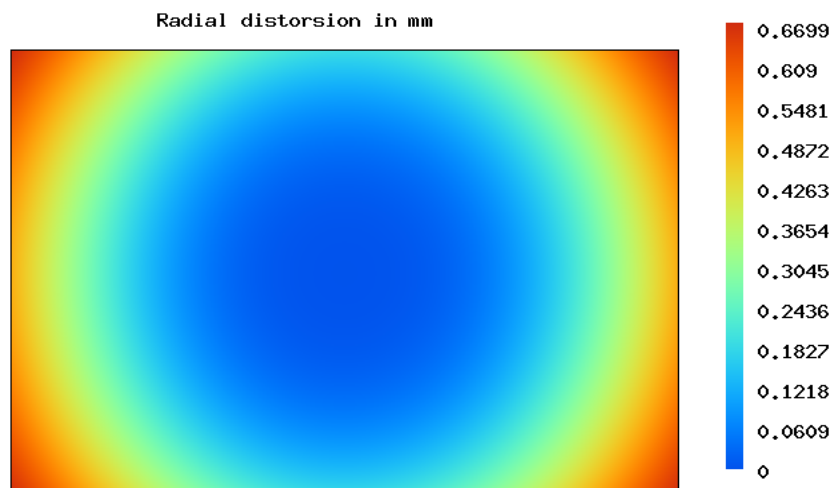




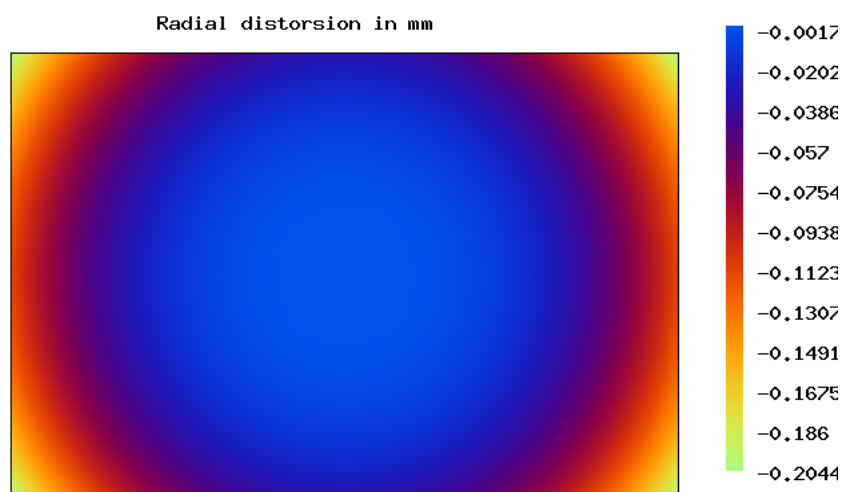
Obrázek 6.5: Průběh radiální distorze pro  $f = 17$  mm



Obrázek 6.6: Průběh radiální distorze pro  $f = 50$  mm



Obrázek 6.7: Míra distorze na celé ploše snímku ( $f = 17$  mm)



Obrázek 6.8: Míra distorze na celé ploše snímku ( $f = 50$  mm)

## 6.8 Analýza vlivu barevné hloubky a kalibrace na kvalitu vytvářeného 3D modelu

V této kapitole bude zkoumáno, jaký vliv má barevná hloubka snímků na výslednou kvalitu vytvářeného 3D modelu pomocí obrazové korelace v programu Agisoft Photoscan. Také bude dále zkoumáno, jaký vliv má kalibrace a zvolený postup výpočtu tvorby na 3D model.

Nejprve je vhodné popsat přibližný postup tvorby 3D modelu v programu Agisoft Photoscan. Pro podrobnější informace viz dokumentace programu [7]

### 6.8.1 Obecný postup tvorby 3D modelu a ortofota

Po prvotním spuštění programu Photoscan uvidí uživatel prázdný prostor (v šedé barvě). Vpravo dole jsou zobrazeny směry hlavních tří os ( $x, y$  a  $z$ ). Ve středu obrazovky uživatel uvidí kouli a na jsou vidět barevně odlišené (stejně jako osy vpravo dole) hlavní kružnice koule. V pracovním prostředí lze pomocí myši buď obecně otáčet (kliknutí a podržení pravého tlačítka myši). Pokud uživatel klikne přímo na hlavní kružnice koule bude rotovat pouze v této rovině. Dále je možné pohled libovolně posouvat pomocí pravého tlačítka myši.

Do nového projektu je možné načíst snímky v záložce *Workflow - Add Photos*. Po vybrání snímků se snímky načtou do programu a do aktivního Chunku a jejich přehled je vidět v dolní části okna *Photos*. Pokud tomu tak není, lze tento přehled zapnout v hlavní liště *View - Photos*. Chunk v programu Photoscan vyjadřuje menší části Projektu, která může být zpracovávána samostatně. V projektu může být tedy více než jeden chunk. Výhodou tohoto dělení na Chunky je to, že výpočetní náročnost dohromady všech chunků je obecně menší, než kdyby byl celý projekt zpracováván najednou.

Po načtení snímků následuje první krok *Workflow - Align Photos*, kdy program z načtených snímků vypočte prvky vnější a vnitřní orientace. Zde lze volit přesnost výpočtu (*Highest, High, Medium, Low* a *Lowest*), kde časová náročnost tohoto výpočtu je přímo úměrná nastavené přesnosti výpočtu. Po dokončení procesu se zobrazí vytvořené řídké mračno bodů v hlavním okně. Lze si také nechat zobrazit vypočtenou polohu kamer, a to pomocí ikonky fotoaparátu (*Show Cameras*) pod hlavní lištou.

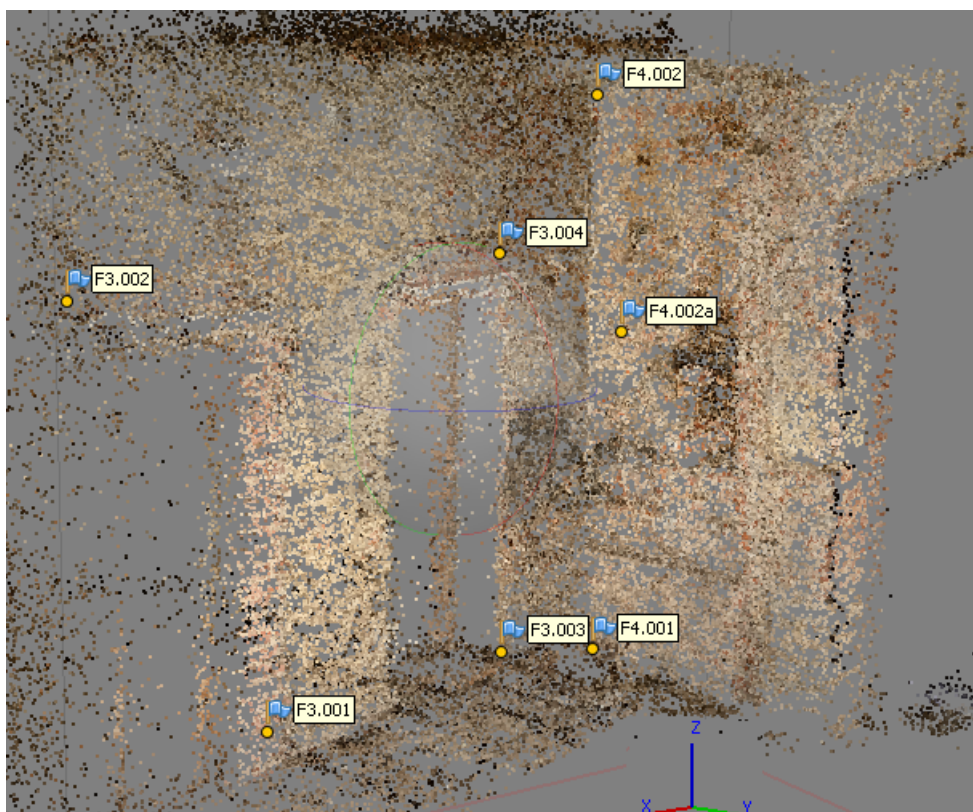
Dalším krokem je již vytvoření hustého mračna. Postup je obdobný *Workflow - Build Dense cloud*, kde se opět lze zvolit potřebnou kvalitu výstupu. Tento proces může být již časově mnohem náročnější, pokud jsou zvoleny vyšší kvality (*High, Highest*). Po skončení výpočtu si lze husté mračno nechat zobrazit pomocí ikonky pod hlavní lištou *Dense cloud*.

Následně se už z hustého mračna nechá vytvořit trojúhelníková síť - *mesh* procesem hlavní lišta *Workflow - Build mesh*. Zde je možné si volit více nastavení viz dokumentace programu [7]

Po vygenerování trojúhelníkové sítě je možné rovnou přejít na vytváření ortofota, nebo si nechat ještě vytvořit textury na získanou trojúhelníkovou síť pomocí funkce *Workflow - Build texture*. Následně při vytváření ortofota *Workflow - Build Orthosomatic* ve volbách ještě před spuštěním procesu je možné zvolit si rovinu nebo pohled, do kterého se bude vytvářené ortofoto generovat.

## 6.8.2 Vliv barevné hloubky snímků

Při postprocessingu byl hledán postup, jenž by poskytl nejlepší výsledky v dále vytvářeném 3D modelu pomocí metody obrazové korelace. Pro testování byla zvolena menší testovací oblast. Jednalo se o první patro jižní stěny a část západní zdi (roh, kde byla černá kuchyně). Zde jsou umístěny čtyři vlíčovací body (3.001 až 3.004). Černá kuchyně je výklenek s hloubkou cca 60 cm. V oblasti černé kuchyně jsou zbývající tři vlíčovací body (4.001, 4.002 a 4.002a) a na sloupku již nejsou další vlíčovací body.



Obrázek 6.9: Přehled umístění VB na testovací oblasti, řídké mračno bodů

Protože RAW snímky byly pořízeny v 14 bitové barevné hloubce a software Capture NX-D umí upravené snímky exportovat ve formátu TIFF a to buď v 8-bitové hloubce nebo v 16-bitové hloubce, bylo nejprve nutné zhodnotit, jaký vliv bude mít barevná hloubka na přesnost vytvářeného 3D modelu. A dále bylo potřeba porovnat výsledky i s modely vytvořenými ze snímků získaných metodou HDR. Bylo tedy potřeba neprve vytvořit dvě skupiny snímků.

Tyto skupiny jsou :

- TIFF v 8-bitové barevné hloubce
- TIFF v 16-bitové barevné hloubce

V obou skupinách bylo pracováno se snímky o expozici EV+0 . U těchto snímků byly v postprocessingu (v programu Capture NX-D) ještě navíc upraveny světla a stíny v záložce *Tone* pomocí funkce *Highlight* a *Shadow Protection*. Touto funkcí byly potlačeny přesvity a vyzdviženy stíny.

Aby se eliminovala chyba rozdílné reference bodů mezi skupinami, byl vytvořen nejprve jeden chunk a v něm byly referencovány vřícovací body na všech

snímcích. Poté byl chunk duplikován. Tím se vytvořily skupiny (chunky) se shodně referencovanými vlíčovacími body. Poté byly u daných chunků změněny snímky za 16-bitové.

Takto byla reference vlíčovacích bodů na těchto snímcích zachována stejná. Na těchto dvou chunkcích bylo dále zkoumány tři zvolené metody výpočtu. (Viz níže)

### 6.8.3 Vliv předkalibrace

Protože program Agisoft Photoscan umožňuje zjistit kalibrační hodnoty i vlastním výpočtem z nasnímaných snímků, bylo rozhodnuto otestovat, jaký postup je nejvhodnější. V záložce *Tools* → *Cameralibration* je možné vložit výchozí *Initial* hodnoty získané z předkalibrace a zvolit zdali se mají dále vyrovnávat nebo mají být fixní (viz *Fix calibration*) při výpočtu polohy kamer. Photoscan umožňuje předkalibrovaná data načíst ze souboru a podporuje různé formáty. V mém případě to byla kalibrační data z programu PhotoModeler s koncovkou *.ini*. Photoscan si tyto hodnoty přepočítá do vlastních jednotek (pixely) a do vlastní souřadnicové soustavy (počátek = střed snímku).

The screenshot shows the 'Initial' tab of the camera calibration window in Agisoft Photoscan. The 'Type' is set to 'Precalibrated' and 'Fix calibration' is checked. The following table lists the values for various parameters:

Parameter	Value
f:	4451.27
cx:	-19.3557
cy:	-25.8331
k1:	-0.14079
k2:	0.151804
k3:	-0.0919654
k4:	0.0416154
b1:	1.53943
b2:	8.52743e-05
p1:	0.000229495
p2:	4.79353e-05
p3:	0
p4:	0

Obrázek 6.10: Předkalibrované hodnoty načtené do programu Photoscan

Popis výše uvedených hodnot. Zdroj dokumentace Photoscanu [7]

$f$	ohnisková vzdálenost
$x_p, y_p$	souřadnice hlavního snímkového bodu
$k_1, \dots, k_4$	konstanty průběhu radiální distorze
$b_1, b_2$	afinita a zkreslení - hodnoty vypočtené Photoscanem
$p_1, \dots, p_4$	konstanty průběhu tangenciální distorze

K vyrovnaní předkalibrovaných hodnot dochází již při prvním kroku *align Photos*, při kterém také vznikne řídké mračno bodů. V tomto procesu Photoscan také zjistí polohu kamer, tedy prvky vnější orientace. Při dalším kroku tvorby 3D modelu *Build dense cloud*, to jest při tvorbě hustého mračna bodů, již nedochází k jejich dalšímu vyrovnaní a jsou tedy dále neměnné.

Bylo tedy rozhodnuto otestovat různé způsoby výpočtů. Proto byly u již výše zmíněných skupin snímků (8-bit, 16-bit) vyzkoušeny tři varianty výpočtu prvků vnitřní orientace kamery.

- I. varianta počítala pouze s hodnotami získanými z předchozí kalibrace a dále se v průběhu neměnily (fixed). Viz obrázek 6.10 .
- II. varianta vycházela také z hodnot získaných z kalibrace, ale dále byly hodnoty vyrovnaný za pomoci samotných snímků.
- III. varianta neměla hodnoty z kalibrace a kalibrační hodnoty získala pouze vlastním výpočtem.

Celkem bylo tedy vytvořeno 6 testovacích skupin (v pracovním prostředí Photoscanu "chunks"). Dále byl každý proces *align photos* opakován 5-krát, to proto aby se zjistilo, zdali se hodnoty mění a jak velký mají získané vyrovnané veličiny (prvky vnitřní orientace) rozptyl. Hodnoty získané z pěti výpočtů byly zapsány do tabulek (viz obrázky tabulek 6.11 a 6.12) a vypočten jejich průměr a směrodatná dochylka. Kompletní tabulky získaných hodnot viz digitální příloha *./Analýza.xlsx* . Uvedené obrázky tabulek obsahují již průměr pro každou hodnotu (ohnisková vzdálenost  $f$ , rozměr senzoru  $W H$ , poloha hlavního snímkového bodu, konstanty průběhu distorze, atd.) spolu se směrodatnou odchylkou. Je tedy možné lehce porovnat, jak se hodnoty změnilly dle zvoleného postupu výpočtu.

Při samotném testování bylo pozorováno, že poloha poslední kamery (snímku DSC\_0948) byla určena chybně. Chybně znamená tak, že poloha vůči ostatním byla více než 1 m mimo polohu, než byla pořízena (vyfocena). Toto je pravděpodobně způsobeno nedostatkem vřícovacích bodů v této oblasti a také tím, že překryv se sousedním snímkem je mnohem menší než 60 procent.

V následujících tabulkách sloupec *preCalibrated* představuje I. metodou výpočtu, sloupec *preCalibrated+selfCalibration* označuje metodu II. a *SelfCalibration* označuje metodu III. Uvedené hodnoty jsou v jednotkách pixel (protože v těchto jednotkách pracuje program Photoscan).

	8-bit snímky				
	preCalibrated	preCalibrated + SelfCalibration		SelfCalibration	
	hodnota	hodnota	stř.chyba	hodnota	stř.chyba
f:	4451,27	<b>4438,342</b>	0,100	<b>4439,012</b>	0,522
cx:	-19,3557	<b>11,327</b>	0,045	<b>12,183</b>	0,909
cy:	-25,8331	<b>-4,391</b>	0,046	<b>-4,398</b>	0,384
k1:	-0,14079	<b>-0,129831</b>	0,000017	<b>-0,126359</b>	0,000111
k2:	0,151804	<b>0,118034</b>	0,000055	<b>0,095328</b>	0,000576
k3:	-0,0919654	<b>-0,036327</b>	0,000078	<b>0,017467</b>	0,000668
k4:	0,0416154	<b>0,041615</b>	0,000000	<b>0</b>	0
b1:	1,53943	<b>2,224</b>	0,037	<b>1,335</b>	1,123
b2:	8,52743E-05	<b>-2,825</b>	0,016	<b>-2,934</b>	0,216
p1:	0,000229495	<b>0,0004432</b>	0,0000016	<b>0,00132386</b>	0,00182745
p2:	4,79353E-05	<b>-0,0000038</b>	0,0000020	<b>-8,3965E-06</b>	1,1452E-05
p3:	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0
p4:	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0

Obrázek 6.11: Porovnání kalibračních hodnot pro různé postupy výpočtu

	16-bit snímky				
	preCalibrated	preCalibrated + SelfCalibration		SelfCalibration	
	hodnota	hodnota	stř.chyba	hodnota	stř.chyba
f:	4451,27	<b>4438,154</b>	0,053	<b>4439,178</b>	0,926
cx:	-19,3557	<b>11,306</b>	0,079	<b>13,925</b>	4,582
cy:	-25,8331	<b>-4,289</b>	0,081	<b>-3,740</b>	1,465
k1:	-0,14079	<b>-0,129844</b>	0,000008	<b>-0,126246</b>	0,000345
k2:	0,151804	<b>0,118046</b>	0,000028	<b>0,094707</b>	0,001884
k3:	-0,0919654	<b>-0,036352</b>	0,000044	<b>0,018267</b>	0,002452
k4:	0,0416154	<b>0,041615</b>	0,000000	<b>0</b>	0
b1:	1,53943	<b>2,308</b>	0,049	<b>3,107</b>	4,255
b2:	8,52743E-05	<b>-2,835</b>	0,016	<b>-2,913</b>	0,245
p1:	0,000229495	<b>0,0004406</b>	0,0000023	<b>0,00141994</b>	0,00186921
p2:	4,79353E-05	<b>0,0000013</b>	0,0000029	<b>-1,0916E-06</b>	1,4812E-05
p3:	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0
p4:	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0

Obrázek 6.12: Porovnání kalibračních hodnot pro různé postupy výpočtu



Při pohledu do tabulek lze konstatovat, že hodnoty (prvky vnitřní orientace) získané pouze kalibrací (na kalibračním poli s 144 body) se nečekaně výrazně liší vůči hodnotám získaných výpočtem z Photoscanu. Tento nesoulad může být způsoben odlišnými podmínkami, kdy v terénu bylo snímkováno ze vzdálenosti cca 4 až 20 m, kdežto při kalibraci bylo kalibrační pole snímkováno ze vzdálenosti cca 1 až 2 m. Dále je také patrné, že nejsou velké rozdíly mezi tím, zda se použijí snímky s 8-bitovou nebo 16-bitovou hloubkou. Je také možné pozorovat, že vyrovnané hodnoty získané za pomoci výchozích hodnot z kalibrace mají daleko (někdy i řádově) menší rozptyl než hodnoty získané výpočtem pouze ve Photoscanu.

Přestože nejsou mezi hodnotami získanými ze snímku 8bit hloubky větší rozdíly (kromě rozptylu) oproti snímku 16bit, bylo rozhodnuto dále pracovat pouze s daty ze 16bit snímků, z důvodu očekávání kvalitnějšího modelu při použití 16bit snímků. Z těchto tří řídkých mračen bylo pomocí funkce *Build dense cloud* vytvořeno, jak již název napovídá husté mračno. Nastavena byla podrobnost *ultra high* (která pracuje s plným rozlišením snímku) a filtrace mračna na *Mild* (pro zachování ostřejších hran kamenů).

Tato hustá mračna byla dále exportována (ve formátu .ply) a poté načtena do programu CloudCompare. V tomto programu byla tato mračna porovnána funkcí

*Cloud to cloud distance* byl vypočten rozdíl dvou vybraných mračen. Jako referenční mračno bylo vybráno mračno získané pomocí II. postupu (předkalibrace + selfcalibration). Meze barevné škály byly nastaveny od 0 m do 0.01 m. Nastavená barevná škála je vidět na každém histogramu, který je vždy pod rozdílem mračen. Například rozdíl I. mračna k II. mračnu A.1 a jeho histogram A.2 .

Nejprve byl vypočten rozdíl mračna I. vůči II. Na obrázku A.1 jsou patrné obrisy hran snímků, kdy vždy na okraji těchto snímků je rozdíl výrazný. To je pravděpodobně způsobeno nedostatečně odstraněnou distorzí objektivu. Na dalším obrázku A.3 je zobrazen rozdíl mračna III. vůči mračnu II. Je patrné, že mezi nimi není takřka žádný rozdíl. Viz také histogram A.4, který ukazuje, že rozdíl mezi mračny je převážně do 1 mm. Zbývající červené plochy nahoře jsou ve směru dřevěných trámů a jsou tedy mimo zájmovou oblast.

Závěrem je tedy vhodné říci, že zvolená metoda II. (předkalibrované hodnoty + další vyrovnání v Photoscanu) se jevila jako neoptimálnější.

## 6.9 Tvorba HDR

U snímků, které vstupovaly do tvorby HDR se v postprocessingu neupravovaly stíny a přsvícení, ani se nikterak neupravovala expozice. To z důvodů, že do procesu HDR by měly vstupovat snímky bez jakékoliv úpravy expozice. Z postprocessingu byly exportovány snímky v 16-bitové hloubce.

Hlavním cílem HDR je dále zvýšit barevnou hloubku snímku a tím zlepšit vytvářený 3D model a zároveň na snímcích vyrovnat jas. Vytváření HDR snímků bylo provedeno v programu Photomatix Pro. Byly nahrány trojice snímků testovací oblasti. Photomatix umožňuje zvolit si zda se mají snímky zaostřit a potlačit šum. Tyto funkce ale nebyly využity, protože nahrávané snímky byly již upraveny v postprocessingu. U volby vyrovnat snímky *aline* je na výběr buď, že budou fixní (tripod), nebo podle způsobu focení odhadnout míru jejich vzájemných posunů.

Bylo vyzkoušeno nejprve "posadit" snímky na sebe a spojit. Tento postup předpokládá, že jsou snímky pořízeny z fotostativu a tedy jejich poloha se nemění. Bohužel v našem případě, i když byla trojice snímku pořízena z fotostativu, byl mezi snímky nepatrný posun a u vytvořeného HDR došlo k nevhodným "duchům" hlavně na okrajích viz obrázky níže. Proto byla dále vyzkoušena možnost vyrovnat na sebe "aline" a míra posunu byla nastavena minimální, jak doporučuje dokumentace softwaru.[6] Další možnosti jako například odstranění šumu nebo chromatické aberace proběhlo již v postprocessingu a není potřeba je znovu provádět.



Obrázek 6.13: Porovnání vlevo nevyrovnané snímky, vpravo na sebe vyrovnané

Dále po spojení snímků program Photomatix Pro nabízí celou škálu přednastavených tónování výsledných HDR. Nejprve bylo vyzkoušeno doporučené tónování "Balanced" (dle Diplomové práce Lukáše Haubta). Avšak toto nastavení vytvářelo okolo tmavých oblastí (trámů) světlé stíny a ty jsou nevhodné. Při důkladném vyzkoušení všech předpřipravených tónování, bylo zjištěno, že žádné neposkytovalo vyhovující výsledek. Nejvhodněji se jevílo nastavení *Smooth* ze skupiny *Detail Enhancer*. Proto bylo použito toto předpřipravené nastavení a dále upraveno do stavu, kdy se plocha stěny jasově sjednotila, takže nevykazovala žádné tmavší oblasti, zejména rohy a nepřesvícený střed. Dále byla hledána nejlepší barevnost (saturace) a to za pomoci porovnávání s RAW snímky. Nakonec byl hledán nejlepší kontrast tak, aby nejlépe vynikla struktura kamenů ve zdivu. K hledání nejvhodnějšího nastavení bylo vždy použito více snímků ze všech čtyř stěn.

Použité nastavení tónování bylo uloženo (viz digitální příloha HDR ./nastavení tónování.xmp ) a posléze použito při hromadném zpracování. V závěru před konečným uložením HDR snímku program dále ještě nabízí možnost vytvořený HDR snímek doostřit a přidat kontrast.

### 6.9.1 Analýza vytvořených HDR snímků a z nich vytvořených modelů

Bylo rozhodnuto otestovat, jak se změní kvalita 3D modelu v závislosti na tom, zda jsou vytvářené HDR snímky na sebe vyrovnány "aligned" nebo nejsou. V programu Photoscan se poté v obou případech použil stejný postup (varianta II. viz výše), a to kdy jsou známé přibližné kalibrační hodnoty z předkalibrace, a v průběhu výpočtu se ještě nechají vyrovnat. V programu Photoscan byl tedy chunk s tímto nastavením duplikován dvakrát. V prvním chunku se pouze zaměnily snímky za snímky vzniklé z HDR kompozice. V druhém chunku se snímky také zaměnily na snímky vzniklé z HDR (srovnané na sebe). Ale protože se použitím funkce "aligned", při které se snímky nechaly na sebe srovnat, obraz nepatrně posunul, je nutné nově referencovat vlíčovací body na všech HDR snímcích.

Porovnávána byla hustá mračna vytvořena z snímků na sebe nevyrovnaných a vyrovnaných (*noAlign* resp. *Aligned*) k referenčnímu mračnu vytvořenému z 16-bit snímků II. postupem. Na obrázku A.5 je patrné, že pokud bylo mračno vytvořeno ze snímků na sebe nevyrovnaných (*noAlign*) lišilo se od referenčního převážně v oblasti černé kuchyně. To je pravděpodobně způsobeno tím, že jsou vytvořené HDR snímky "rozostřené". Oproti tomu mračno vytvořené z na sebe vyrovnaných HDR snímků se od referenčního mračna liší v mnohem menší míře (cca 1 mm). (viz obrázek v příloze A.7) V tmavých oblastech (stínů) je tento rozdíl větší (cca až 1 cm). To může být způsobeno tím, že z HDR snímků se lépe vytváří 3D model i v tmavších barvách.

Výsledkem tohoto testování různých možností vytváření HDR snímků bylo zjištěno, že je vhodnější vždy zpracovávanou sérii snímků nechat na sebe alespoň minimálně vyrovnat. Také je lepší nepoužívat rovnou přednastavené tónování, ale je lepší jej dle vlastních požadavků dále upravit.

## 6.10 Tvorba ortofota

Pro vytváření 3D modelu bylo tedy použito HDR snímků, které byly v programu Photomatix na sebe vyrovnány. Při vytváření finálního ortofota bylo zjištěno, že obsahuje nevhodné "stíny"- obrazy trámů a jiných překážek. Výrazem "stíny" je myšleno to, že obrazy trámů byl použity do textury ortofota. Pro odstranění tohoto problému bylo na většině snímků použito maskování, kdy se maskou vybraly oblasti, které se nemají použít do vytváření ortofota. Z možných nastavení bylo vybráno nastavení Mozaika (ne průměr - *Average*), protože možnost *Average* poskytovala nevhodné výsledky.

Poté při generování výsledného ortofota bylo možné zvolit si referenční plochu (v níž bude ortofoto vytvářeno) pomocí tří bodů "markers". Tyto body nemusí být na fotografii označeny a ani nemusí být v oblasti modelu, pouze musí být zaškrtnuty jako aktivní. První bod slouží jako počátek, druhý jako směr osy X a třetí jako směr osy Z. Obecný postup zvolení referenční roviny pro ortofota a fotoplány je vysvětlen v podkapitole níže.

## 6.11 Referenční roviny

Referenční roviny jednotlivých ortofot a fotoplánů, do které se budou transformovat snímky, jsou běžně voleny tak, že jsou obecně svislé a směr druhé osy v prostoru určují dva vřícovací body. Do těchto rovin se poté transformují všechny VB pro daný fotoplán. Jak již bylo řečeno výše, tak se vlastně transformují jen souřadnice  $x$  a  $y$ . Výšková souřadnice zůstává stejná.

Značení:  $x, y$  hlavní místní souřadnicová soustava  
 $x_F, y_F$  souřadnicová soustava fotoplánu

Matematicky je možné vyjádřit využitou transformaci takto:

$$\begin{pmatrix} x_F \\ y_F \\ h_F \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a \cdot x + b \cdot y \\ -b \cdot x + a \cdot y \\ H \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

, kde

$$\begin{aligned} a &= \cos(\alpha) \\ b &= \sin(\alpha) \end{aligned} \quad (6.3)$$

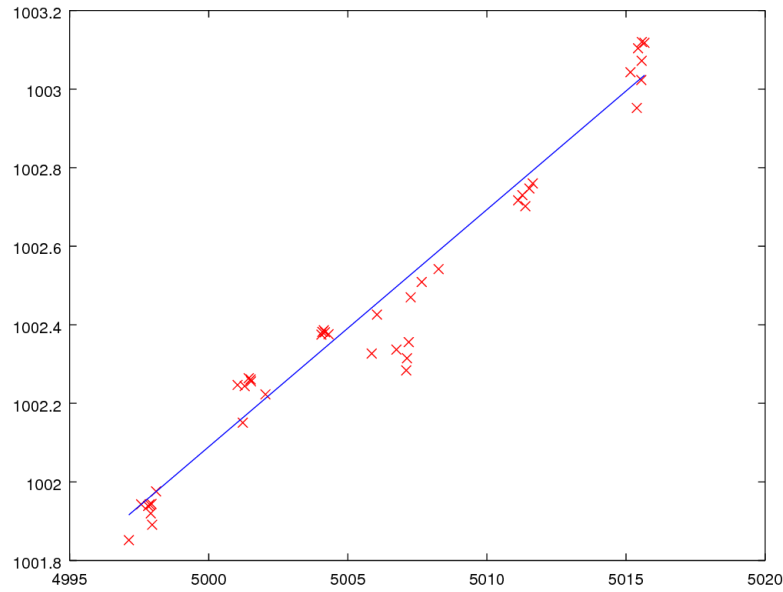
, kde  $\alpha$  je úhel rotace.

Poté se dále pracuje jen se souřadnicemi  $x_F$  a  $h_F$ . Avšak souřadnice  $y_F$  nám poskytuje důležitou informaci zda, případně jak moc, se daný VB nachází mimo zvolenou referenční rovinou. Obecně platí princip, že čím je  $y_F$  menší, tím lépe. Pokud má bod souřadnici  $y_F$  velkou řádově až dm, může poté tento VB dělat relativně velkou chybu při transformaci snímku, a to i když by byl na snímku sejmut sebelépe.

Po úvaze, která dvojice vřícovacích bodů je pro definování referenční roviny nejvhodnější. To jest, aby u ostatních VB byla  $y_F$  co možná nejmenší, byla zvolena možnost proložit vřícovacími body v rovině  $x - y$  regresní přímku metodou nejmenších čtverců. To zajistí, že souřadnice  $y_F$  u všech VB bude co možná nejmenší. Transformační koeficienty rotace v rovině  $x - y$

$$[a, b] = \text{inv}(\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A}) \cdot \mathbf{A}^T \cdot y \quad (6.4)$$

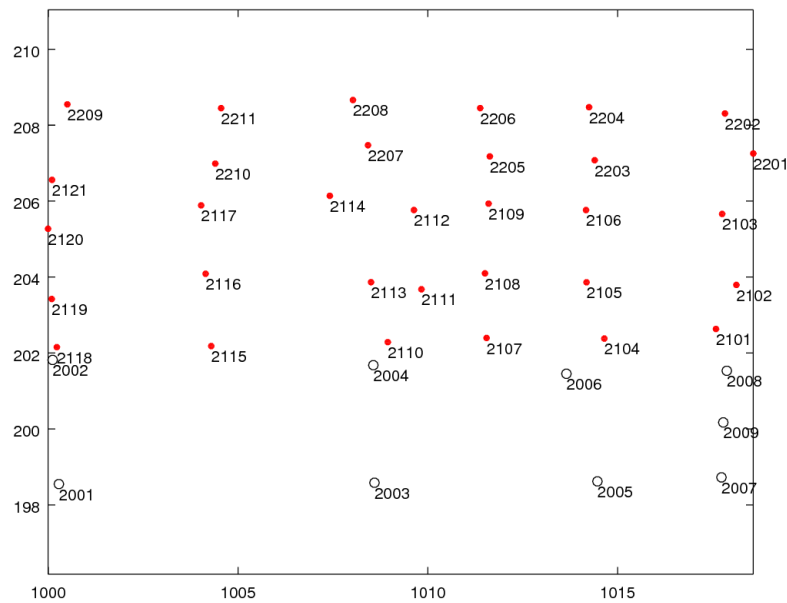
Souřadnice  $x, y$  vřícovacích bodů se poté do této referenční roviny transformují, viz výše. Kdy hledaný úhel  $\alpha$  se získá



Obrázek 6.14: Referenční přímka; fotoplán F2

$$\alpha = \arctan\left(\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}\right); \quad (6.5)$$

Protože v 1. patře byl vytvářen 3D model a z něho ortofoto, které je již v referenční rovině, je zbytečné, aby vřícovací body použité pro tvorbu 3D modelu byly znovu použity pro hledání referenční roviny. Výjimkou je západní zeď, kde vzniklo pouze ortofoto, proto jsou použity VB i z prvního patra. Ještě jedna výjimka byla u fotoplánu západní zdi, kde jsou právě body F4.001, F4.002 a F4.002a umístěny ve výklenku a tudíž mimo hlavní rovinu zdi, nejsou použity do výpočtu hledání referenční roviny.



Obrázek 6.15: Přehled VB východní zdi, body červeně vstupují do výpočtu, body s kroužkem ne.

Obecně bylo při transformaci do roviny fotoplánů, postupováno tak, že byly hledány dva VB v prvním patře. První byl (při pohledu na fotoplán) nejvíce vlevo a druhý nejvíce vpravo. Poté byly pomocí nalezené rovnice regresní přímky

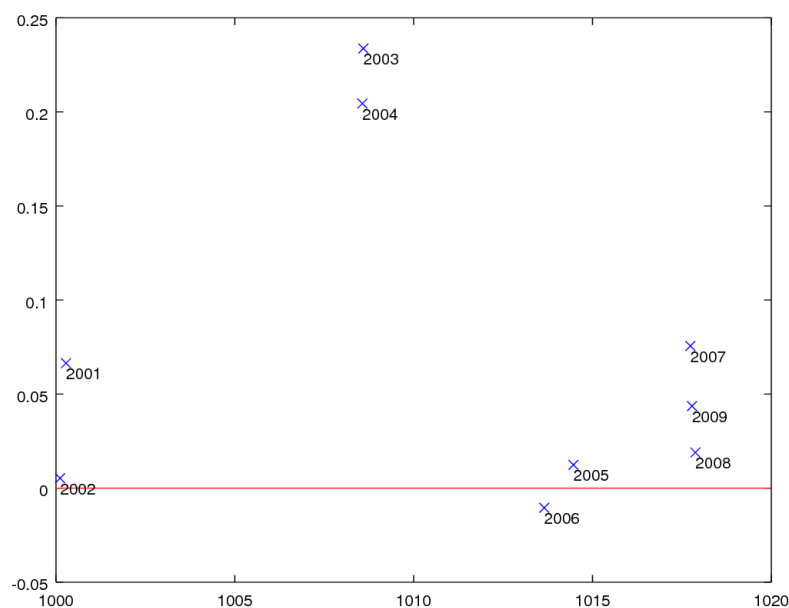
$$y'_F = k \cdot x + x_0 \tag{6.6}$$

získány dva body, se souřadnicemi  $x, y'$ , jenž společně s osou  $Z$  definují rovinu fotoplánu. Tyto dva body mohly být zvoleny libovolně (hodnoty  $x$ -ové souřadnice a z ní by se vypočítala souřadnice  $y$ ). Pomocí těchto dvou bodů se vypočte úhel rotace soustav a následně se všechny VB transformují do roviny fotoplánu.

Souřadnice ( $x$  a  $y'$ ) těchto dvou bodů byly také použity při tvorbě ortofoto z 3D modelu, kdy jednoduše definují rovinu, ve které má být ortofoto vytvářeno. Byly přidány tři body takto:

- bod A :  $[y'_A, x_A, 0]$  definuje počátek
- bod B :  $[y'_A, x_B, 0]$  definuje směr osy  $X'$
- bod C :  $[y'_A + 10, x_A, 0]$  definuje směr osy  $Z$

Body byly vloženy s nulovou výškou proto, aby výsledné ortofoto bylo v Bpv.



Obrázek 6.16: Přehled VB východní zdi prvního patra, osy  $x$  a  $y$  jsou v nepoměru proto, aby byla lépe patrná vzdálenost od referenční roviny

Při hledání referenčních rovin bylo pozorováno, že zeď severní, jižní dokonce i západní jsou poměrně v rovině. U východní zdi nejnižšího patra místnosti bylo pozorováno, že v jedné části se vyklenuje nad referenční rovinu. Nejlépe je to patrné u bodů 1.003 a 1.004, které jsou nad referenční rovinou o 20 cm (viz obrázek 6.16). Ale protože bude z nejnižšího patra místnosti vytvářen 3D model a z něj ortofoto, které bude již v referenční rovině, nemusí se tento nerovinný průběh zdi řešit.

## 6.12 Jednosnímková fotogrammetrie

Zpracování jednosnímkové fotogrammetrie proběhla v softwaru Topol xT 9.5. Nejprve bylo nutné upravit vstupní souřadnice vličovacích bodů do formátu, který Topol umí načíst. Dále po spuštění programu Topol bylo v hlavní liště *Rastr - Geometrická operace - Transformace rastru* byl snímek načten. Po vybrání snímku bylo nastaveno odkud se mají načíst vličovací body (načti z textového souboru). Dále byl vybrán textový soubor se souřadnicemi vličovacích bodů.



číslo bodu	$-x_F$	$-h_F$
1001	-1000.060	-198.727
1002	-1000.040	-200.700

Poté se už na snímku sejmuly všechny viditelné VB. V transformační tabulce byla vybrána transformace kolineární 2D a byly zkontrolovány odchylky VB. Pokud odchylky VB nebyly větší než 1 cm, byla transformační tabulka uložena a snímek byl transformován (hlavní lišta "Soubory"- "Ulož tabulku a transformuj"). Tento proces byl opakován pro všechny snímky, které byly použity do fotoplánu. Na závěr, když už byly všechny potřebné snímky natransformovány byla použita funkce "Rastr"- "Geometrické operace"- "Mozaika". Zde byla zvolena možnost "Přes všechny rastry" a byla povolena interpolace hodnot pixelů. Takto vznikla mozaika - rastr celé oblasti zpracovávané pro fotoplán.

### 6.13 Tvorba výkresů

Po vytvoření rastrů (ortofot z Photoscanu a mozaiky z Topolu) byly postupně tyto rastry načteny do programu Microstation. Zde byly vytvořeny výkresy fotogrammetrické dokumentace. Prvky výkresů byly zpracovány tak, aby byl každý v adekvátní vrstvě. (Viz seznam vrstev výkresů C)

### 6.14 Zhodnocení přesnosti měření a zpracování

Z měření nivelace byla zjištěna výška pěti nivelačních čepů (jeden u brány a zbylé čtyři uvnitř objektu). Protože byla měřena nivelace mezi dvěma nivelačními body o známém převýšení bylo možné zjistit i chybu - rozdíl mezi vypočteným převýšením a změřeným, který činí 9 mm a je menší než mezní rozdíl 18 mm. Při rozboru přesnosti měření trigonometrie (viz digitální přílohy ./Měření a výpočty/zapisnik vypocty.ods list "Výšky") byla vypočtena směrodatná odchylka trigonometrie 0,8 mm. Při vyrovnání sítě se polohová odchylka stanovisek pohybovala do 2 mm, kromě stanovisek 4011 a 4014, kde byla polohová chyba mp rovna 3.9 mm respektive 2.9 mm viz protokol o vyrovnání digitální příloha ./Měření a výpočty/vyrovnání/output 3D(vše).xml Následně při výpočtu souřadnic

VB bylo zjištěno, že celkového počtu 80 VB bylo 58 VB zaměřeno ze dvou a více stanovisek. Dále bylo zjištěno, že deset z nich má polohovou odchylku větší než 5 mm a jen dva VB mají polohovou odchylku větší než 10 mm.

## 7 Závěr

V této diplomové práci byl nejprve přiblížen objekt, spolu s jeho historií, ve kterém byla prováděna fotogrammetrická dokumentace. Dále bylo provedeno letmé seznámení s použitými přístroji a jejich přesností a využitým softwarem. V řešení byl čtenář seznámen z publikacemi, které posloužily jako zdroj informací a inspirace této diplomové práce.

V praktické části je popsán zvolený postup měření a upravený postup nasnímání objektu. Pro zjištění prvků vnitřní orientace byla provedena kalibrace kamery. Dále byl analyzován vliv barevné hloubky snímků (8-bit a 16-bit) a také zvolený postup výpočtu prvků vnitřní orientace kamery na kvalitu výsledného 3D modelu. K tomuto testování posloužily hodnoty získané z vlastní kalibrace.

Z této analýzy vyšlo najevo, že rozdíl mezi výsledky orientace s využitím snímků 8-bit a 16-bit barevné hloubky nebyl patrný. Při analýze vlivu předkalibrace a dalšího vyrovnání hodnot prvků vnitřní orientace (PVniO) bylo zjištěno, že pokud by se pracovalo pouze z hodnotami z předkalibrace, nebyla by dostatečně odstraněna distorze a 3D model by byl proto deformován. V případě, že by nebyly známy nebo zadány hodnoty PVniO z předkalibrace, bylo by možné je zjistit i vlastním vyrovnáním ve Photoscanu. Ale pokud byly k dispozici předkalibrované hodnoty PVniO a bylo povoleno další vyrovnání, získané hodnoty PVniO vykazovaly menší rozptyl než v případě, kdy nebyly k dispozici předkalibrované hodnoty.

Při tvorbě HDR snímků v programu *Photomatix* bylo zjištěno, že je vhodnější zpracovávanou sérii snímků na sebe nechat vyrovnat. Při následném hledání vhodného tónování HDR snímků bylo testováním zjištěno, že nejlepších výsledků je dosaženo při použití vlastního nastavení.

Vytyčené cíle této diplomové byly splněny, konkrétně byl vytvořen 3D model spodní části zadaných prostor pomocí metody obrazové korelace. Model byl zpracován v podobě čtyř částí (chunků) v programu Agisoft Photoscan.

Z 3D modelu byla dále vytvořena ortofota v rozlišení 1 mm / 1 pixel spodního patra všech čtyř stěn. Dále byly vytvořeny fotoplány zbývajících zadaných prostor (2. a 3. patro) pomocí metody jednosnímkové fotogrametrie. Tato fotogrammetrická dokumentace se skládá z následujících výkresů: 5 výkresů ortofota

nejnižšího (2. nadzemního) patra v měřítku 1:20 pro severní, jižní stěnu a detail černé kuchyně na západní stěně a v měřítku 1:50 jsou výkresy ortofota nejnižšího patra východní a západní stěny, dále ze 3 fotoplánů (severní a jižní stěny v měřítku 1:20 a východní stěny v měřítku 1:50) a tří výkresů, kde jsou společně zobrazené ortofoto a fotoplány (severní, východní a jižní stěny v měřítku 1:50) Celkem bylo vytvořeno 11 výkresů.

Při vytváření 3D modelu v programu Photoscan bylo zjištěno, že okrajové části stěn (rohy) byly nedostatečně nasnímány z více úhlů (stanovisek). To mělo za následek, že v těchto oblastech byl vytvořený 3D model nekvalitní (zejména rohová část východní stěny cca 2 metry). Tento problém by mohl být vyřešen tak, že by se roh nasnímal z více stanovisek nebo i ze stejného místa, ale s rozdílnou výškou aparatury. Také bylo zjištěno, že pokud je objekt dostatečně dobře nasvícen není nutné vytvářet HDR snímky.

## Seznam zkratek

RAW z angličtiny *raw* - surový, nezpracovaný

HDR z angličtiny *high dynamic range* - vysoký dynamický rozsah

Bpv Balt po vyrovnání

VB vlíčovací bod

## Literatura

- [1] BOHÁČ, Ondřej. Optické korelační systémy - průzkum a zhodnocení aktuálního stavu. Diplomová práce, ČVUT v Praze, 01-2014.
- [2] HAUPT, Lukáš. Problematika dynamického rozsahu snímků v kontextu blízké fotogrammetrie. Diplomová práce, ČVUT v Praze, 22-05-2016.
- [3] VESELÝ, Jan. *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*. : Národní památkový ústav, rok 2014. ISBN 978-80-86516-79-0. Dostupné z: <https://www.npu.cz/cs/npu-a-pamatkova-pace/npu-jako-instituce/publikace/7695-mericka-dokumentace-historickyh-staveb-pro-pruzkum-v-pamatkove-peci>.
- [4] *Capture NX-D dokumentation* [online]. citováno: 17-12-2018. Dostupné z: <https://downloadcenter.nikonimglib.com/en/download/sw/123.html>.
- [5] *CloudCompare User documentation* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: <https://www.danielgm.net/cc/>.
- [6] *Photomatix dokumentation* [online]. citováno: 17-12-2018. Dostupné z: [https://www.hdrsoft.com/support/doc/PhotomatixPro6.1\\_UserManual\\_Win.pdf](https://www.hdrsoft.com/support/doc/PhotomatixPro6.1_UserManual_Win.pdf).
- [7] *Photoscan dokumentation* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: <http://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/>.
- [8] *Geometrická nivelace* [online]. citováno: 2-1-2019. Dostupné z: [http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GD3/gd3\\_pred\\_2.pdf](http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GD3/gd3_pred_2.pdf).
- [9] *Projekt Kafka* [online]. Český rozhlas, citováno: 16-12-2018. Dostupné z: <https://www.radio.cz/cz/static/kafka/14misto>.
- [10] *Sixtův dům se jmenuje po Šoustrovi, jehož otec byl popraven na Staromáku. Proč je ve zuboženém stavu?* [online]. Náš region, citováno: 16-12-2018. Dostupné z: <http://nasregion.cz/praha/sixtuv-dum-se-jmenuje-po-soustrovi-jehoz-otec-byl-popraven-na-staromaku-p>

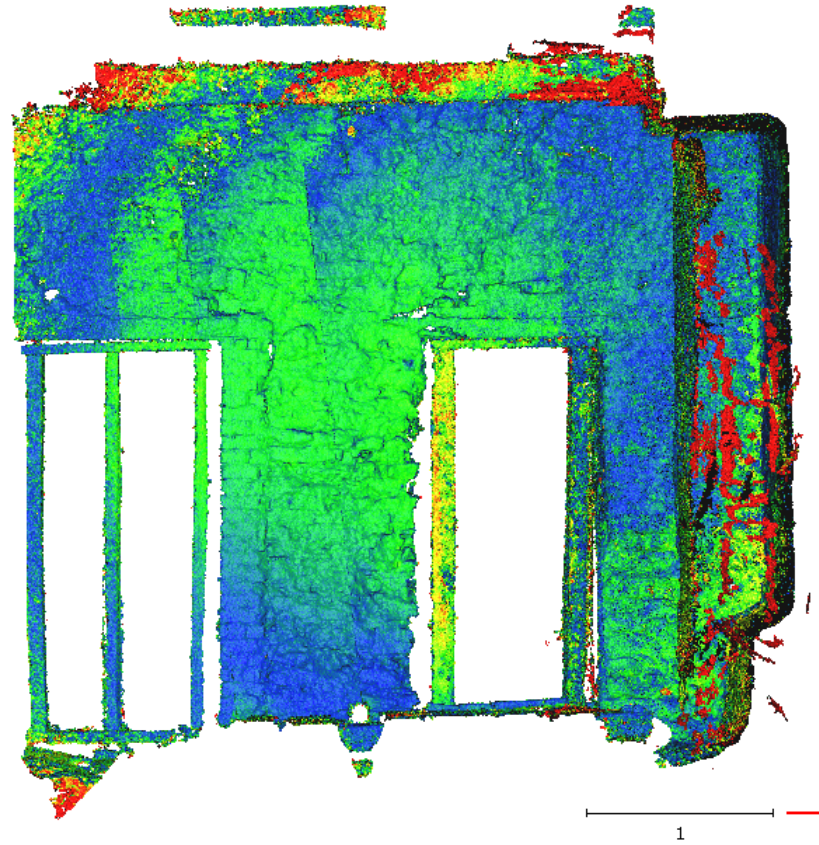
- [11] *Sixtův Dům* [online]. Národní Památkový Ústav, citováno: 16-12-2018. Dostupné z: <https://www.npu.cz/cs/npu-a-pamatkova-pece/pamatky-a-pamatkova-pece/pamatkovy-fond/seznam-ohrozenych-nemovitych-pamatek/7073-sixtuv-dum>.
- [12] *Dům U Sixtů má naději na lepší budoucnost* [online]. Portál hlavního města Prahy, citováno: 16-12-2018. Dostupné z: [http://www.praha.eu/jnp/cz/o\\_meste/magistrat/tiskovy\\_servis/tiskove\\_zpravy/dum\\_u\\_sixtu\\_ma\\_nadeji\\_na\\_lepsi.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/magistrat/tiskovy_servis/tiskove_zpravy/dum_u_sixtu_ma_nadeji_na_lepsi.html).
- [13] *Nikon D7100 informace* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: [https://www.nikon.cz/cs\\_CZ/product/discontinued/digital-cameras/2018/d7100](https://www.nikon.cz/cs_CZ/product/discontinued/digital-cameras/2018/d7100).
- [14] *Technická specifikace výrobce* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: <https://www.sigmaphoto.com/17-50mm-f28-ex-dc-os-hsm>.
- [15] *Leica FlexLine TS02/TS06/TS09 User Manual* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: [https://surveyequipment.com/PDFs/Leica\\_FlexLine\\_UserManual.pdf](https://surveyequipment.com/PDFs/Leica_FlexLine_UserManual.pdf).
- [16] *Sokkia C330 Manual* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: [https://www.sokkia.com.sg/products/automatic/uploads/C300\\_310\\_320\\_331.pdf](https://www.sokkia.com.sg/products/automatic/uploads/C300_310_320_331.pdf).
- [17] *Vady optických soustav* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: [http://webfyzika.fsv.cvut.cz/PDF/prednasky/aberrace\\_opt\\_soustav.pdf](http://webfyzika.fsv.cvut.cz/PDF/prednasky/aberrace_opt_soustav.pdf).
- [18] *Vady optických soustav* [online]. citováno: 16-12-2018. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Vady\\_optických\\_soustav](https://www.wikiskripta.eu/w/Vady_optických_soustav).
- [19] *Porovnaní verzí Photomatix* [online]. citováno: 17-12-2018. Dostupné z: <https://www.hdrsoft.com/order/photomatix-pro-essentials-features-compare.html>.
- [20] *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. citováno: 2-1-2019. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/>.

## Seznam příloh

<b>A Porovnání modelů/mračen</b>	<b>51</b>
<b>B Seznam výkresů</b>	<b>55</b>
<b>C Seznam vrstev</b>	<b>56</b>
<b>D Obsah digitálních médií</b>	<b>57</b>

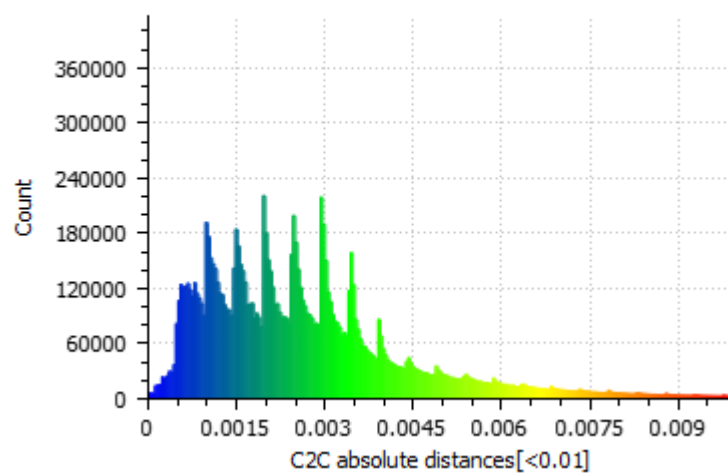


# A Porovnání modelů/mračen

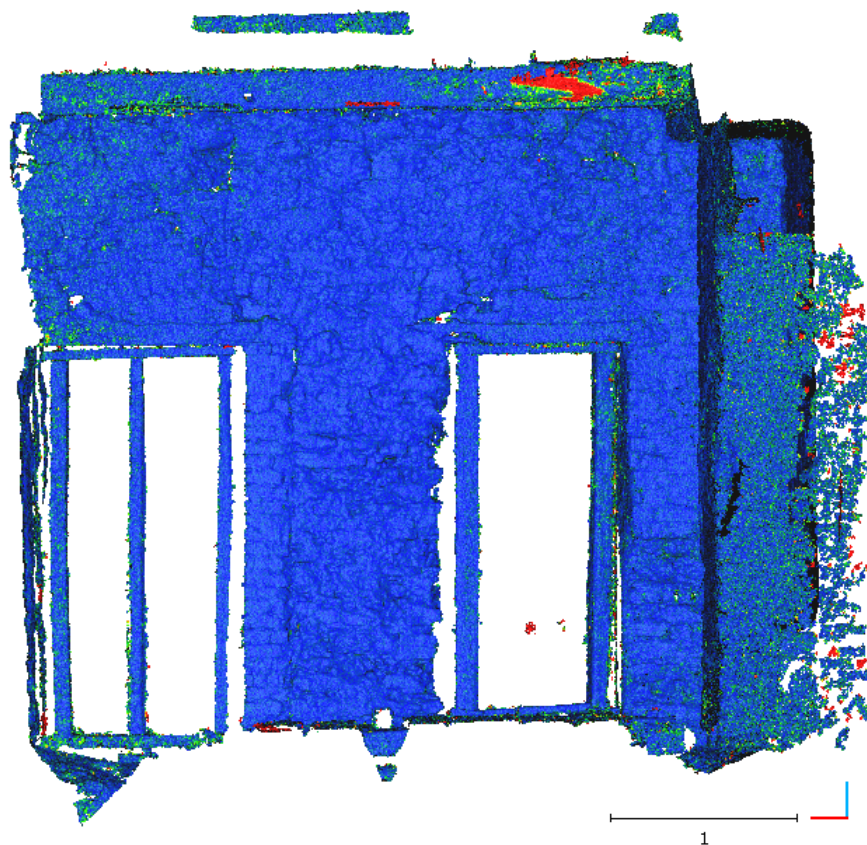


Obrázek A.1: Rozdíl I. mračna k II. mračnu

C2C absolute distances[<0.01] (12782789 values) [256 classes]

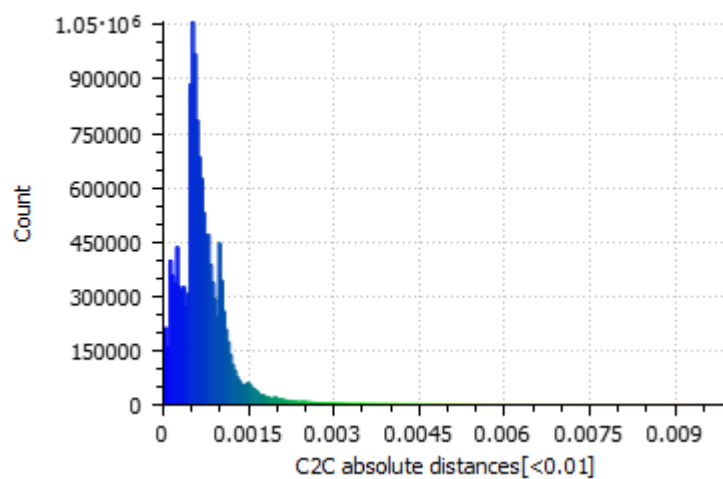


Obrázek A.2: Histogram rozdílu I. mračna k II.

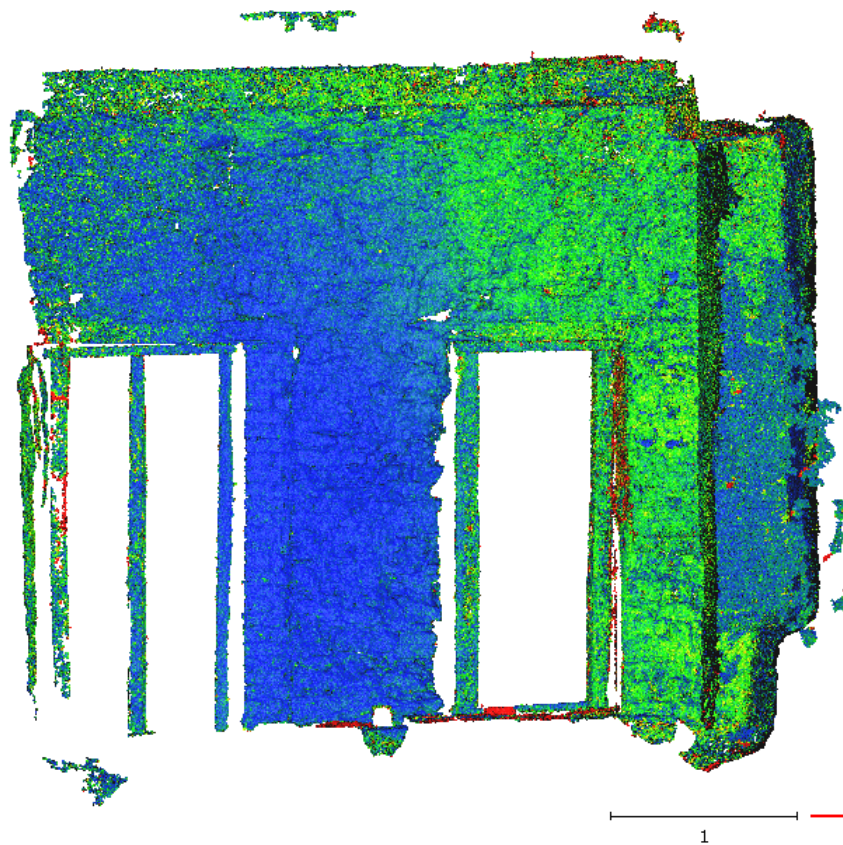


Obrázek A.3: Rozdíl III. mračna k II. mračnu

C2C absolute distances[<0.01] (14117746 values) [256 classes]

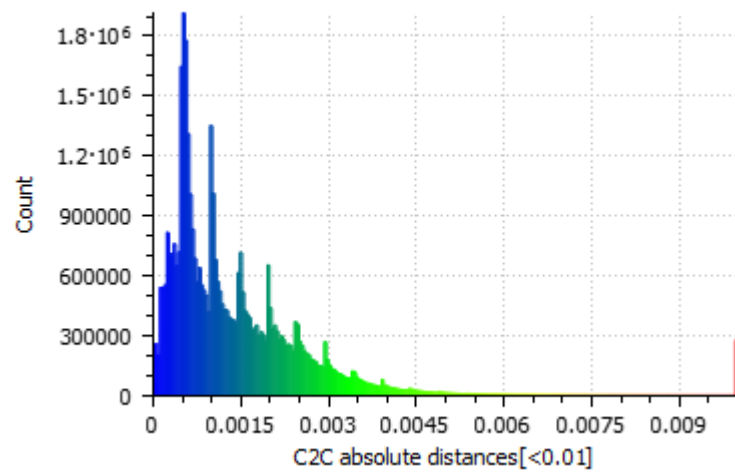


Obrázek A.4: Histogram rozdílu III. mračna k II.



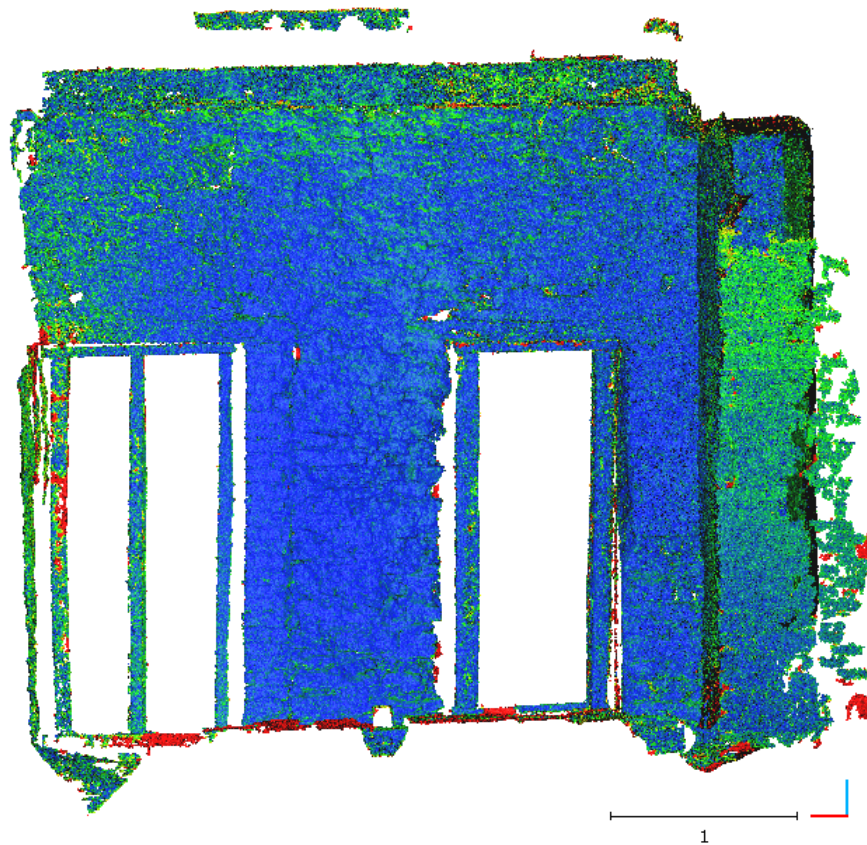
Obrázek A.5: Rozdíl noAligned-HDR mračna k II. mračnu

C2C absolute distances[<0.01] (41995783 values) [256 classes]



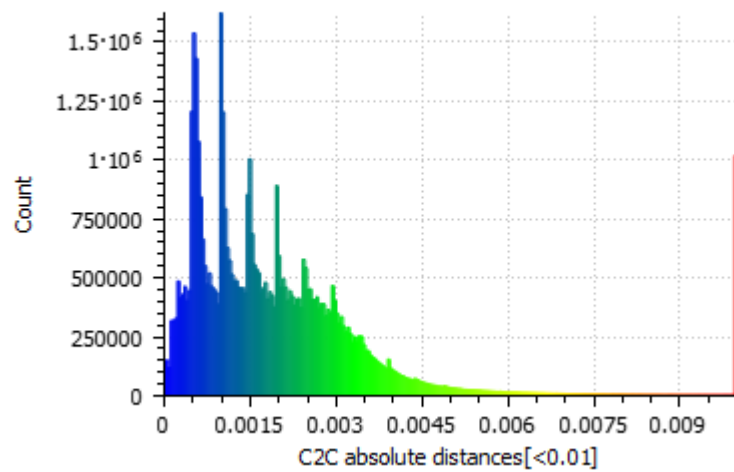
Obrázek A.6: Histogram rozdílu noAlign-HDR mračna k II. mračnu





Obrázek A.7: Rozdíl Aligned-HDR mračna k II. mračnu

C2C absolute distances[<0.01] (50501705 values) [256 classes]



Obrázek A.8: Histogram rozdílu Aligned-HDR mračna k II. mračnu

## B Seznam výkresů

<i>název výkresu</i>	<i>měřítko</i>	<i>formát</i>	<i>název souboru</i>	<i>přípony</i>
<b>1. Ortofota</b>				
1.1 ortofoto O1	1:20	3x A4	O1_M20	dwg, pdf
1.2 ortofoto O2	1:50	3x A4	O2_M50	dwg, pdf
1.3 ortofoto O3	1:20	3x A4	O3_M20	dwg, pdf
1.4 ortofoto O4	1:50	3x A4	O4_M50	dwg, pdf
1.4.1 ortofoto O4 detail	1:20	A3	O4.1_M20	dwg, pdf
<b>2. Fotoplány</b>				
2.1 fotoplán F1	1:50	A3	F1_M50	dwg, pdf
2.2 fotoplán F2	1:50	3x A4	F2_M50	dwg, pdf
2.3 fotoplán F3	1:20	3x A4	F3_M20	dwg, pdf
<b>3. Ortofoto+Fotoplán</b>				
3.1 ortofoto+fotoplán O1+F1	1:50	A3	F1_M50	dwg, pdf
3.2 ortofoto+fotoplán O2+F2	1:50	3xA4	F2_M50	dwg, pdf
3.3 ortofoto+fotoplán O3+F3	1:50	A3	F3_M20	dwg, pdf

## C Seznam vrstev

<i>název vrstvy</i>	<i>barva prvku</i>	<i>typ prvku</i>
	<i>popis</i>	
ortofoto	-	rastr
	výškově umístěné ortofoto	
fotoplan	-	rastr
	výškově umístěný fotoplán	
koty_vyskove	bílá (7)	linie - plná (0), text
	výškové kóty po 1 m	
meritko_graficke	bílá (7)	linie - plná (0)
	grafické měřítko	
popisla+situace	bílá (7)	linie - plná (0), text
	tabulka s inforacemi o výkresu a situace	
sit_krizku	modrá (1)	linie - plná (0)
	sít křížků po 1 m (1:20), 2 m (1:50)	
x_body_vlicovaci	červená (3)	linie - plná (0), text
	vlíčovací body	
x_linie_pohled	bílá (7)	linie - plná (0)
	linie pohledu ohraničující hrany stěny	
x_linie_pomocna	šedá (64)	linie - čárkovaná (2)
	linie pohledu ohraničující pohled	
x_plocha_nevyhodnocena	šedá (64)	linie - čerchovaná (2)
	linie pohledu ohraničující pohled	
x_ram_vykres	šedá (64)	linie - plná (0)
	rám ohraničující výkres se značkami pro skladbu	

## D Obsah digitálních médií

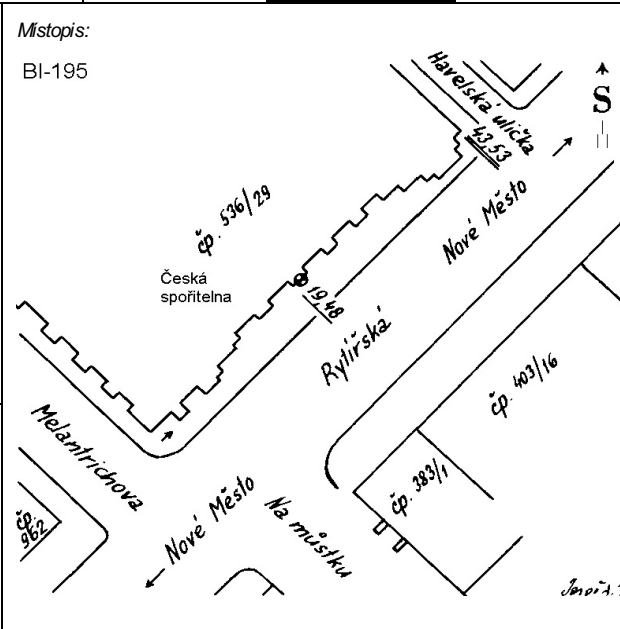
### SD karta č. 1

—	<b>RAW</b>	adresář - surové fotografie (15.8 GB)
—	F1	severní zeď
—	F2	východní zeď
—	F3	jižní zeď
—	F4	západní zeď
—	<b>Fotoplán</b>	transformované snímky + mozaika fotoplánu (630 MB)
—	F1	severní zeď
—	F2	východní zeď
—	F3	jižní zeď
—	<b>Ortofoto</b>	adresář ortofot (1.6 GB)
—	<b>Výkresy</b>	adresář výkresů (200 MB)

### SD karta č. 2

—	<b>měření a výpočty</b>	...
—	<b>měřená data</b>	adresář naměřených dat
—	<b>vyrovnání</b>	vstupní soubory do GNU Gama
—	<b>transformace</b>	transformace do rovin zdí
—	zápisník.ods	výpočty v tabulkách open office
—	souradnice.txt	seznam souřadnic všech VB
—	<b>Kalibrace</b>	adresář dat a výsledků kalibrace
—	<b>VB body</b>	adresář fotek s vyznačenými VB
—	<b>Analyza</b>	adresář dat analýzy (model + výsledky)
—	<b>3D model</b>	adresář dat 3D modelu
—	<b>text</b>	text DP v Latex-u

# NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: BI Plzeň-Praha						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddílu	od počátku			
BI-194.2	<b>BI-195</b>	0.043	100.786	<b>194.631 m</b>	1980	
<p>Místopisný popis: Staré Město, čp.536, banka ČS</p>		<p>Místopis: BI-195</p> 				
<p>Stav a stáří objektu: značka 0,5m nad zemí zachovalá omítnutá podsklepená třípatrová cihlová stavba asi z roku 1920</p> <p>Poznámky:</p>		<p>Úz. jednotka: 310100126 Okres: Praha 1 Obec: PRAHA 1 Kat. území: STARÉ MĚSTO Vlastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	12-24		SMO-5	PRAHA 7-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č V	2	MMP		Y	742775 m	dig.
	Druh stab.	Ing.Morávek		X	1043286 m	
	N	1939				
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
14° 25' 24,0"		50° 5' 9,1"	981020 mgal	981013 mgal	-1 mgal	
Datum: 6.1.2019						



# NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: BI Plzeň-Praha						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddílu	od počátku			
BI-195	<b>BI-196</b>	0.296	101.082	<b>193.747 m</b>	1972	
<p>Místopisný popis: Staré Město, dům čp.567</p>		<p>Místopis: BI-196</p>				
<p>Stav a stáří objektu: značka 0,6m nad zemí zachovalá omítnutá podsklepená čtyřpatrová cihlová stavba asi z 15.století</p> <p>Poznámky: PB lb8</p>		<p>Úz. jednotka: 310100126 Okres: Praha 1 Obec: PRAHA 1 Kat. území: STARÉ MĚSTO Vlastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	12-24		SMO-5	PRAHA 7-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č V	2	MMP	PB	Y	742548 m	dig.
	Druh stab.	Ing.Morávek		X	1043124 m	
	N	1939				
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
14° 25' 34,2"		50° 5' 15,3"	981021 mgal	981014 mgal	-1 mgal	
Datum: 6.1.2019						