

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

STUDIJNÍ OBOR: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Dokumentace skutečného stavu muzea v Sadské

Documentation of the real state of the museum in Sadská

Vedoucí práce: doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.

Katedra speciální geodézie

2019

Bc. Ladislava Šátková



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE


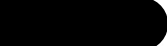
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

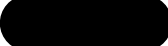
I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šátková	Jméno: Ladislava	Osobní číslo: 439255
Zadávací katedra: katedra speciální geodézie		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor: Geodézie a kartografie		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Dokumentace skutečného stavu muzea v Sadské	
Název diplomové práce anglicky: Documentation of the real state of the museum in Sadská	
Pokyny pro vypracování: Zaměření skutečného stavu muzea pomocí technologie 3D skenování. Zpracování mračen bodů do jednotného lokálního systému. Vyhotovení stavební dokumentace z mračna bodů.	
Seznam doporučené literatury: Urban, R.: Geodetické práce při měření posunů a přetvoření stavebních objektů. 1. vyd. Praha. CTU Publishing House, 2015. Štroner, M. - Hampacher, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 1. vyd. Praha: CTU Publishing House, 2011. 313 s. ISBN 978-80-01-04900-6. Štroner a kol.: 3D skenovací systémy. 1. vyd. Praha. CTU Publishing House, 2013.	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 20.2.2019	Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2019
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>20.2.2019</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za přispění vedoucího mé diplomové práce doc. Ing. Rudolfa Urbana, Ph.D. z vlastních poznatků a za použití odborné literatury, která je uvedena v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Bc. Ladislava Šátková



Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Rudolfovi Urbanovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad, odbornou pomoc a zkušenosti při vypracování celé diplomové práce.

Stejně tak bych chtěla poděkovat firmě Geodetické služby Nymburk za možnost zpracovat toto téma a hlavně Ing. Joelovi Šárovcovi za jeho rady a pomoc při zpracování zakázky.

Nakonec děkuji své rodině a přátelům, kteří mi pomohli a podporovali po celou dobu studia.



Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo zaměření skutečného stavu Muzea v Sadské. Zaměření objektu umožnilo tvorbu výkresů, které budou sloužit jako podklad pro projektovou dokumentaci připravované rekonstrukce. Muzeum bylo zaměřeno metodou 3D laserového skenování.

V diplomové práci je teoreticky pojednáno o použitých měřických metodách, přístrojích i softwarech. Dále jsou popsány samotné měřické a kancelářské práce, které zahrnují zpracování od naskenovaných mračen po grafické výstupy.

Klíčová slova

3D laserové skenování, bodová mračna, stavební výkresy, Trimble RealWorks, Groma, Microstation

Abstract

The goal of this diploma thesis is to measure the real state of Museum in Sadska. The measuring of the building allowed us to create sketches, which will be used as a base for project documentation of prepared reconstruction. The Museum was measured with 3D laser scanning method.

In the diploma thesis, there is a theoretical part about used methods, equipment and software. In the second part, the practical assessment of the measuring and office work is described. This includes procession starting with scanning the cloud up to graphical outcomes.

Keywords

3D laser scanning, point clouds, construction drawings, Trimble RealWorks, Groma, Microstation



Obsah

1. Úvod.....	8
2. Popis lokality	9
2.1 Město Sadská – historie	9
2.2 Zájmové území – Muzeum	11
2.3 Cíl, předmět, rozsah měření a zpracování	12
3. Metody pro stavební zaměření	13
3.1 Laserové skenování	13
3.2 Klasické geodetické metody	14
3.3 Stavební výkresy.....	14
3.3.1 Půdorysy	14
3.3.2 Svislé řezy	14
3.3.3 Pohledy	15
4. Použité přístroje, pomůcky	16
4.1 Faro Focus M 70.....	16
4.2 Trimble S3 + příslušenství.....	17
5. Software	19
5.1 Trimble RealWorks	19
5.2 Groma	21
5.3 Microstation V8i.....	22
6. Průběh měření	24
6.1 Rekognoskace terénu	24
6.2 Skenování objektu	24
6.3 Měření klasické geodetické metody	31
7. Zpracování dat – tvorba 2D výstupů.....	33
7.1 Laserové skenování – Trimble Realworks	33
7.1.1 Import dat a vytvoření mračna bodů	33
7.1.2 Registrace naskenovaných dat	35
7.1.3 Očištění mračna bodů.....	40
7.1.4 Tvorba řezů	42
7.1.5 Tvorba ortofot	44
7.2 Laserové skenování – Microstation V8i.....	46



7.3	Klasická geodetická metoda – Groma	48
7.4	Klasická geodetická metoda – Microstation V8i.....	49
8.	Porovnání použitých metod a výsledků	50
9.	Závěr	52
	Seznam použité literatury a zdroje	53
	Seznam obrázků	55
	Seznam tabulek	57
	Seznam příloh.....	58
	Elektronické přílohy	58



1. Úvod

Diplomová práce byla vypracována na základě měření, kterých jsem se zúčastnila, provedených v rámci zakázky firmy Geodetické služby Nymburk. Investorem byla obec Sadská. Úkolem bylo zaměření skutečného stavu Muzea, kde vyhotovené stavební výkresy poslouží jako podklad pro projektovou dokumentaci plánované rekonstrukce. Protože šlo o velký objekt, zvolili jsme pro zaměření metodou 3D laserového skenování. Tu jsme používali ve firmě poprvé, tudíž šlo hlavně o zkoušku, zda se z ekonomického a časového hlediska vyplatí.

Měřické práce probíhaly ve dvou částech. První částí bylo laserové skenování, které proběhlo v prosinci 2018. Naskenován byl celý objekt včetně fasády. Druhou částí bylo měření pomocí totální stanice, které se uskutečnilo na jaře 2019. Tato část byla pouze pro účely diplomové práce, nikoli samotné zakázky.

Diplomová práce je rozčleněna na dvě části. První polovina je teoretická a pojednává o lokalitě, použitých měřických metodách, pomůckách a softwarech. Druhá polovina je zaměřena na praktickou část, jak probíhalo měření a zpracování zakázky.

Veškeré dokumenty z měření a zpracování zakázky jsou součástí tištěných příloh diplomové práce nebo jsou nahrány na přiloženém CD.



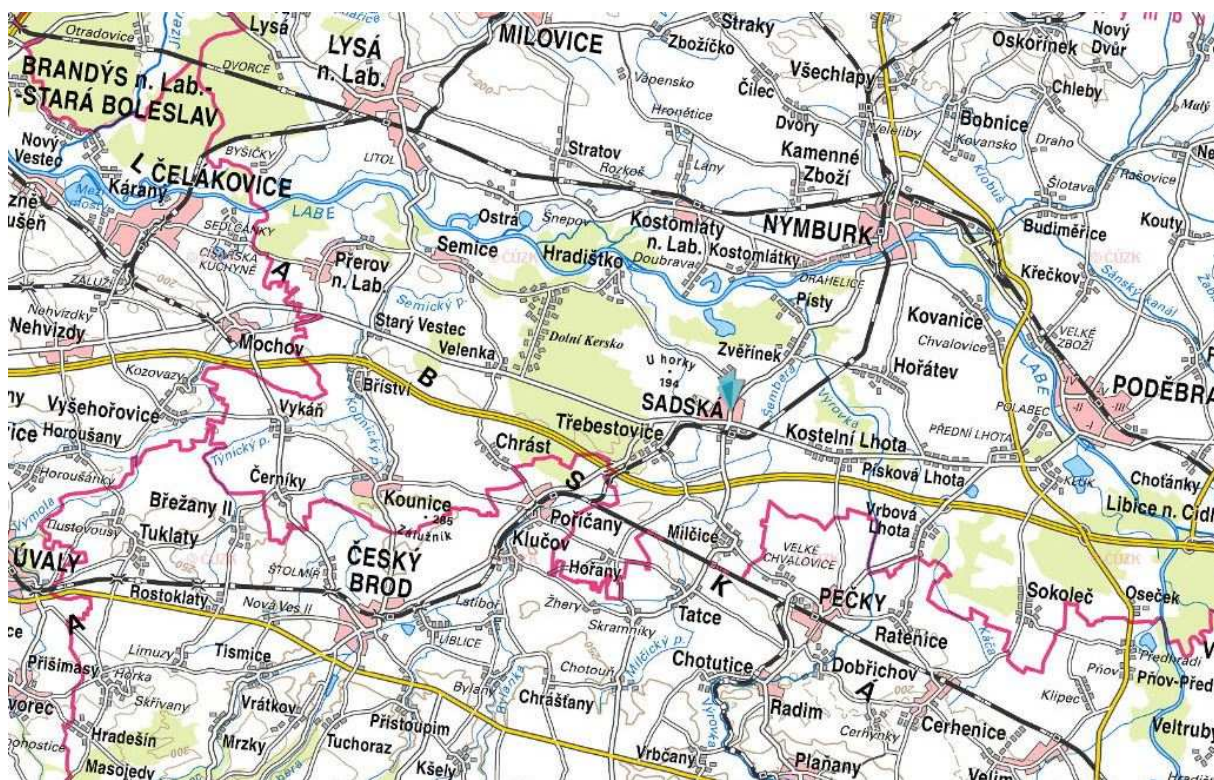
2. Popis lokality

V této kapitole bude stručně popsána historie a současnost města i zájmového objektu. V krátkém odstavci bude zmíněn cíl, předmět a rozsah měření a zpracování.

2.1 Město Sadská – historie

Tento odstavec byl volně zpracován podle [1], [2], [3], [4].

Město Sadská se nachází ve Středočeském kraji v okrese Nymburk, 30 km východně od Prahy. Leží v malebném prostředí Polabské nížiny a chráněného přírodního parku s rozsáhlými lesy: Kersko – Bory. Kersko je chatová osada proslavená především Bohumilem Hrabalem. Obrázek ukazuje polohu obce Sadská.



Obrázek 1: Poloha obce Sadská [5]

Území bylo osídleno v období nejstaršího neolitu. Největší rozkvět nastal ve 12. století, kdy nechal český kníže Bořivoj II. vybudovat na kopci nad městem kostel sv. Apolináře s kapitulou, která ještě s několika dalšími zabezpečovala chod církevních institucí na území dnešních Čech a Moravy. Význam Sadské však začal upadat přeložením kapituly do Prahy (1362).



V centru města se nachází základní škola (1902), radnice (1843), barokní zvonice (1691) a Mariánský sloup (1748). Na kraji města u silnice na Prahu se nachází kaple Bolestné Panny Marie.

K rozvoji města přispělo také zřízení lázní. Nejprve dal v roce 1721 farář Schreiter postavit u studánky léčivé vody kapličku a lázeňské stavení s kabinami. Železité lázně byly v provozu až do roku 1834, kdy zde byl postaven cukrovar a po čase zanikly úplně. V roce 1882 vzniklo „Družstvo lázeňské k zřízení lázní železitých borích sadských“. Lázně byly otevřeny v témže roce. Při vrtání studně byl objeven pramen alkalicko-muratické kyselky. Lázně byly modernizovány, byly postaveny lázeňské vilky a hotel. Léčila se zde chudokrevnost, srdeční a nervové nemoci, revmatismus a nemoci žaludku či střev. Lázně zanikly za druhé světové války.

Severně od obce se nachází umělé jezero s chatovou oblastí, které vzniklo při těžbě písku v letech 1972-1992. V létě zde nacházejí útočiště obyvatelé jak Sadské, tak okolních obcí.

Město Sadská (celkový pohled ukazuje Obrázek 2) má v současné době okolo tří tisíc obyvatel a městem se stala v roce 1784. Dnes je Sadská známá především díky rekreačnímu potenciálu. Procházky v borových lesích, rovinaté cyklotrasy a krásné koupání v místní pískovně činí z města příjemné místo pro klidnou dovolenou a chvíle odpočinku.



Obrázek 2: Celkový pohled na Sadskou [2]



2.2 Zájmové území – Muzeum

Městské muzeum Sadská (Obrázek 3, Obrázek 4) bylo založeno v roce 1910. K tomuto účelu bylo upraveno druhé poschodí staré školy na náměstí. Základem sbírek muzea se stala knihovna s více jak 3000 svazky, které městu odkázal rodák Otakar Georgius Paroubek. Rozrůstalo se díky darům místních občanů a sbírkotvorné činnosti členů muzejního spolku.

V novodobé historii patřilo muzeum pod pobočku Polabského muzea v Poděbradech a skládalo se ze tří výstavních místností. V nich byly trvale umístěny společenskovední expozice. A to konkrétně *Z historie Sadské*, *Život v Obci* a knihovna *Georgeion*.

Zhruba před pěti lety bylo muzeum zrušeno a po chystané rekonstrukci budovy by se mělo vrátit zpět. Dnes budova slouží hlavně jako základna městské policie a jako informační centrum města Sadské [2].



Obrázek 3: Muzeum 1927 [2]



Obrázek 4: Interiér Muzea

2.3 Cíl, předmět, rozsah měření a zpracování

Zmíněné muzeum vyžaduje rekonstrukci. Jelikož původní stavební dokumentace budovy není kompletní, bylo potřeba zaměřit a vyhotovit novou dokumentaci pro budoucí projekt. Pro zaměření skutečného stavu objektu byla zvolena metoda 3D laserového skenování.

Předmětem měření byl komplet budovy včetně fasády a střechy. Výsledkem měření jsou půdorysy každého podlaží, dva svislé řezy a čtyři pohledy na fasády. Výkresy by měli sloužit projektantům pro vizualizaci rekonstrukce.



3. Metody pro stavební zaměření

V této kapitole bude teoreticky pojednáno o možnostech tvorby stavebních výkresů a o metodách geodetického zaměření, které byly pro tuto práci využity.

3.1 Laserové skenování

Metoda laserového skenování spočívá v určování prostorových souřadnic (XYZ). Ty jsou určovány pomocí prostorové polární metody. Skener při práci rotuje ve vertikální rovině a postupně se posouvá horizontální rovině. Měří tedy dva úhly a vzdálenost pro každý bod.

Poloha bodů je určována v souřadnicovém systému, jehož počátek je umístěn ve středu skeneru. Pro připojení do systému JTSK je nutno skenovat body o známých souřadnicích, tzv. vlíčovací (identické) body. Jako identické body jsou voleny jednoznačně definované body, jako jsou ostré rohy či výstupky, nebo je možné v objektu rozmístit kulové terče či koule.

Výstupem laserového skenování jsou mračna bodů. Jednotlivá mračna se registrují neboli spojují dohromady, a dále zpracovávají ve speciálních programech. Výsledkem takového zpracování může být 2D nebo 3D model skenovaného objektu.

Laserové skenování má mnoho výhod [6]. Samotné měření je velice rychlé, neomezí se tím tedy případný provoz a práce v terénu se zkrátí. Velmi věrohodně vyhodnocuje detaily, aniž by muselo probíhat další měření. Měřením vzniká komplexní měřická dokumentace, která zobrazuje skutečný stav objektu. Velkou výhodou laserového skenování je, že může být prováděno za jakýchkoliv světelných podmínek. Dá se tedy skenovat i v neosvětlených podzemních prostorech. Měření objektu je bezkontaktní, proto se dají zaměřit i těžce přístupná místa.

Nevýhodou laserového skenování je časová náročnost při zpracování obrovského množství dat a náročnost na dobré hardwarové i softwarové vybavení. Při měření se časová náročnost projeví pouze při geodetickém zaměřování více vlíčovacích bodů ve větších objektech. Při skenování venku může být velmi limitující počasí. Laserový paprsek se totiž při nepříznivých atmosférických podmínkách, jako je déšť či sněžení láme v závislosti na síle nepříznivých jevů.



3.2 Klasické geodetické metody

V rámci této diplomové práce bylo klasické zaměření pouze pro porovnání s metodou laserového skenování, hlavně co se týče časové náročnosti. Zaměření je prováděno totální stanicí a pásmem či laserovým dálkoměrem. Hlavní rozměry stavebního objektu jsou získávány měřením totální stanicí pomocí polární metody. Polární metoda je jednou z nejčastěji využívaných metod, sloužící k prostorovému měření bodů. Tato metoda se zabývá měřením šikmých délek, vodorovných a zenitových úhlů. Detaily jako jsou výklenky oken či dveří jsou poté doměřovány dálkoměrem.

Klasické zaměření objektu je výhodné v tom, že jsou zaměřeny pouze body, které jsou pro tvorbu dokumentace podstatné. Jedná se zejména o rohy budov, místností, okna, zárubně dveří, výstupky a další. Měření je proto efektivnější a z toho důvodu i levnější, naopak je ale o dost pomalejší. Zpracování takto naměřených dat je méně náročné hlavně hardwarově.

Nevýhodou oproti laserovému skenování je ovšem to, že nikdy nedokážeme zachytit nejmenší detaily stavebního objektu, jako jsou prohnuté podlahy či popraskané zdivo.

Při měření je důležité vést kvalitní náčrt, ve kterém se nachází půdorys objektu, všechny zaměřené body a doměřované oměrné míry dálkoměrem.

3.3 Stavební výkresy

Výstupem diplomové práce jsou stavební výkresy. Konkrétně půdorysy všech podlaží, dva svislé řezy a pohledy na průčelí objektu ze všech světových stran.

Všechny tyto podkapitoly byly volně zpracovány podle [7], [8], [9].

3.3.1 Půdorysy

Půdorys je náčrt, který zobrazuje otevřený, pomyslný vodorovný řez vedený cca v 1/3 výšky podlaží. Vodorovný řez zachytí nosné i nenosné konstrukce a lze z něj vyzorovat rozmístění okenních a dveřních otvorů. V půdoryse se označují údaje pro provedení díla, jako délkové kóty, výměry a popisky jednotlivých místností. Obrys svislé konstrukce se kreslí velmi tlustou čarou. Jejich tvorba se provádí dle normy ČSN 01 3420.

3.3.2 Svislé řezy

Svislý řez vznikne, když se budova prořízne myšlenou svislou plochou, část před touto plochou se odstraní a svislý řez se promítne na průmětnu umístěnou za tímto řezem. Prochází



objektem v takovém místě, aby byly zřetelně zobrazeny konstrukce, a důležité části budovy. Rovina se vede zpravidla schodištěm a to tak, aby poskytla možnost co nejúplnějšího zobrazení schodiště. Rovina se může zalamovat, nesmí ovšem vzniknout nelogický a nesouvislý obraz. Řezy se vyhotovují dle normy ČSN 01 3420.

3.3.3 Pohledy

Pohled neboli průčelí objektu je boční pohled na fasádu objektu ze všech stran, vždy kolmo k fasádě. Zobrazuje všechny hrany viditelné na fasádě, např.: okna, dveře, střechy, komíny atd. Názvy jednotlivých pohledů jsou určeny podle světových stran, na které je daná fasáda otočena. Pohledy jsou tvořeny dle normy ČSN 01 3420.



4. Použité přístroje, pomůcky

Pro skenování objektu byl použit laserový skener Faro Focus M 70 zapůjčený od firmy Geotronics Praha. K porovnání pomocí klasické geodetické metody byla použita totální stanice Trimble S3. Dalším příslušenstvím byly stativy, ruční dálkoměr a svinovací metr.

4.1 Faro Focus M 70



Obrázek 5: FARO Focus M 70 [10]

Pro skenování budovy muzea v Sadské byl použit 3D laserový skenovací systém FARO Focus M 70 (Obrázek 5). Výhodou tohoto skeneru je nízká hmotnost, která jenom 4,2 kg díky ní je velice mobilní. Dále relativně vysoká rychlost skenování (až 488,000 bodů za sekundu), dlouhá výdrž baterie (skener vydrží až 4,5 hodiny nepřetržitého skenování). Velkou výhodou je také HDR kamera, ta poskytuje přirozené obarvení i v případě skenování v extrémně tmavých nebo přesvícených prostorech. Skener dokáže snímat data od 0,6 m až do 70 m a jeho zorný rozsah je 300° ve vertikálním a 360° v horizontálním směru. Stupeň krytí IP 54, skener je tedy prachotěsný a vodotěsný. Délková přesnost měření, kterou udává výrobce je ± 3 mm [10].

Skener je vybaven jednoduchým softwarem, který umožňuje nastavení parametrů skenování či prohlížení jednotlivých skenů. Vše se ovládá pomocí dotykové displeje, který je



umístěn na boku skeneru nebo pomocí speciální aplikace mobilního telefonu. Měřená data se dají ukládat na SD karty.

4.2 Trimble S3 + příslušenství

Trimble S3 (Obrázek 6) je robotizovaná totální stanice se servoustanovkami. Je vybavená vnitřní pamětí 8 GB se slotem na SD kartu, barevným dotykovým LCD displejem s úhlopříčkou 11 cm, kompletní alfanumerickou klávesnicí a dvěma nezávislými vstupy pro Li-Ion baterie (tím je umožněna doba provozu až 12 hodin) [11]. Specifické parametry přístroje uvádí Tabulka 1.



Obrázek 6: Trimble S3[12]



Tabulka 1: Technické parametry [11]

Měření úhlů		
přesnost		2" (0,6 mgon)
Přesnost měření délek		
hranol	standart	2 mm + 2 ppm
bez hranolu	standart	3 mm + 2 ppm
Doba měření		
hranol	standart	2 s
bez hranolu	standart	3 – 15 s
Měřický dosah		
pro normální podmínky	1 hranol	až 2500 m
nejkratší možná vzdálenost	hranol	0,2 m
	bez hranolu	1,5 m
citlivost krabicové libely		8' / 2 mm
Dalekohled		
obraz		vzpřímený
zvětšení		30 x
zorné pole na 100 m		2,6 m



5. Software

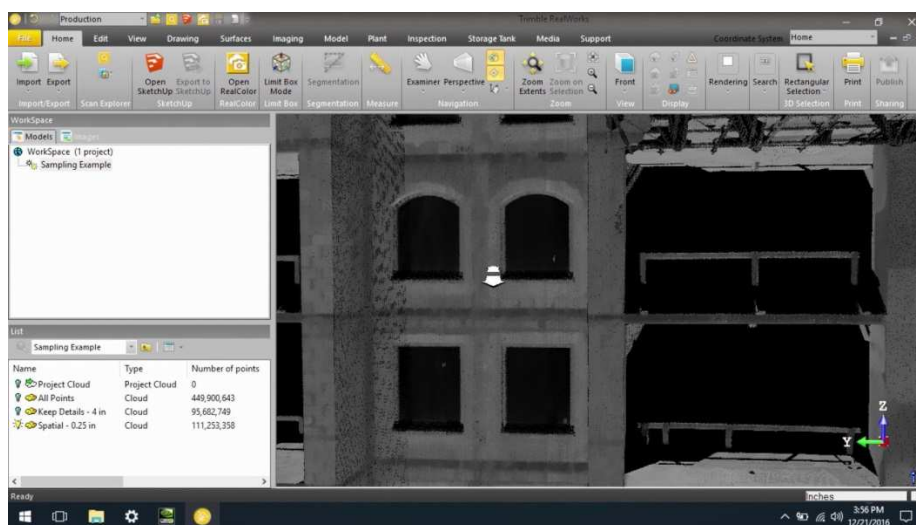
Tato kapitola je věnována speciálním programům, ve kterých bylo prováděno veškeré zpracování. Ke zpracování naskenovaných mračen byl využit program Trimble RealWorks. Výpočty byly provedeny v programu Groma a všechny výkresy kresleny v programu Microstation V8i.

5.1 Trimble RealWorks

Software Trimble RealWorks slouží pro import a zpracování 3D dat ze skenerů Trimble, FARO a totální stanice Trimble SX10. Nejčastěji ho využívají geodetické a firmy zabývající se geoprostorovým vnímáním. Hlavní předností softwaru je jeho výkonnost, neboť dokáže zpracovat velmi objemná data technologií 3D skenování.

Naskenovaná mračna software uživatelům umožňuje registrovat, vizualizovat, prozkoumávat a zpracovávat. Mezi další možnosti softwaru patří například tvorba drátěných modelů, vytváření vrstevnic, zpracování 2D fasád, export do Google Earth nebo třeba tvorba videoprůletů objektem.

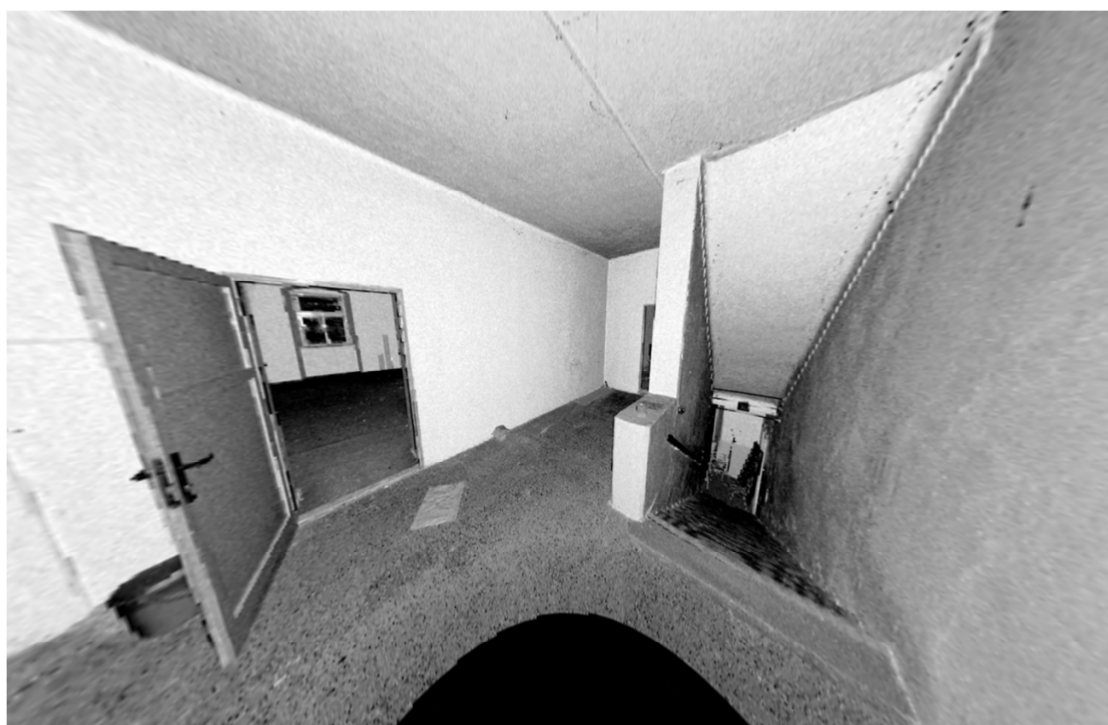
Výstupem zpracování v tomto softwaru v rámci diplomové práce byly svislé i vodorovné řezy mračnem bodů objektem ve formátu **.dgn*. Velkou předností je funkce *Publish*, která slouží ke sdílení a prohlížení všech skenů komukoliv, kdo přímo nevládní software Trimble Realworks [13]. V následujících obrázcích je znázorněno, jak vypadá rozhraní tohoto software (Obrázek 7), dále je uveden názorný příklad z funkce *Publish*, která znázorňuje vnitřní prostory monitorovaného objektu (Obrázek 8 a Obrázek 9).



Obrázek 7: Ukázka rozhraní Trimble RealWorks [13]



Obrázek 8: Ukázka z funkce Publish



Obrázek 9: Ukázka z funkce Publish



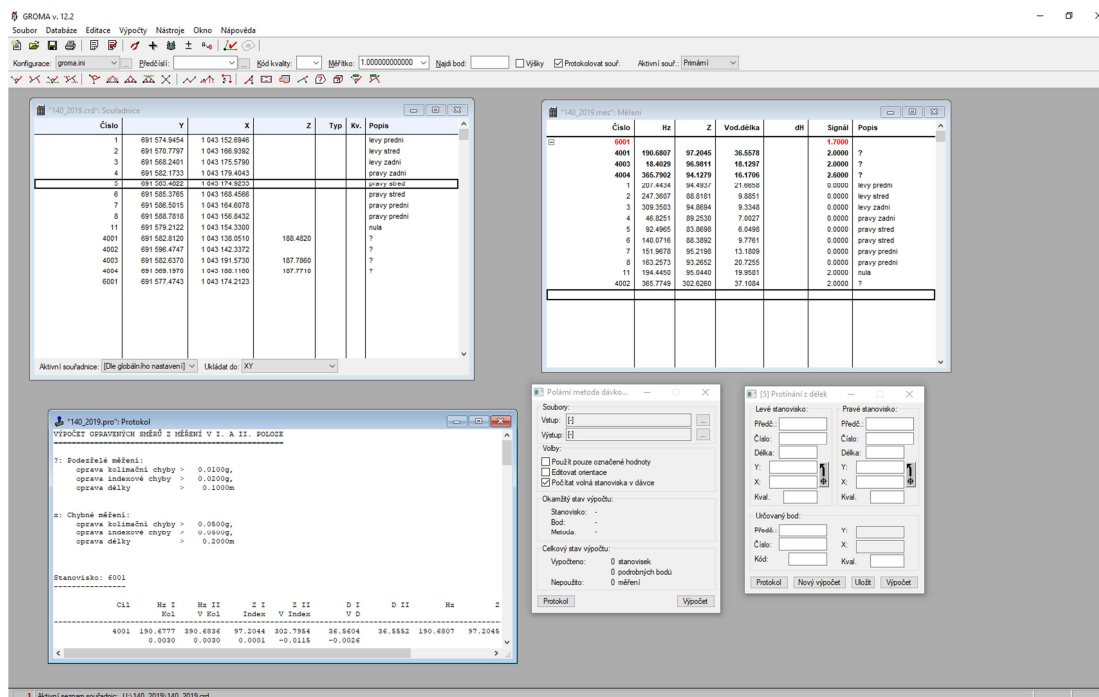
5.2 Groma

Groma je geodetický software české firmy Gepro spol. s.r.o určen především pro geodetické výpočty. Program pracuje pod 64 bitovým prostředím MS Windows. S daty dokáže pracovat pomocí jednotlivých výpočtů, ale i dávkově. Zpracovává vše od údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly, či kontrolní kresbu.

Groma dokáže pracovat s několika seznamy souřadnic najednou. Tyto seznamy nejsou nijak kapacitně omezeny, závisí pouze na kapacitě operační paměti. Kromě seznamu souřadnic lze otevírat i okna se seznamem měření. Měření jde přímo importovat z formátů všech běžných záznamníků. Měření i souřadnice se dají v datových oknech libovolně editovat, přidávat či mazat.

Výpočty jsou prováděny v dialogových oknech (viz Obrázek 10), ve kterých jsou přehledně uspořádány vstupní a výstupní údaje. Ovládání těchto oken je velice jednoduché, data se dají přetahovat ručně nebo stačí napsat číslo bodu a program souřadnice doplní sám. Při všech výpočtech automaticky vznikají textové protokoly o výpočtu. Automaticky jsou zde zapisovány výsledky, tolerance či testování odchylek geometrických parametrů dle platných předpisů pro práci v katastru nemovitostí.

Groma umožňuje přímou komunikaci se systémem Microstation či PowerDraft, kde lze myší přímo přetahovat body ze seznamu souřadnic do výkresu, odečítat souřadnice a ukazovat body pro výpočetní funkce ve výkresu [14], [4].



Obrázek 10: Ukázka grafického rozhraní Groma

5.3 Microstation V8i

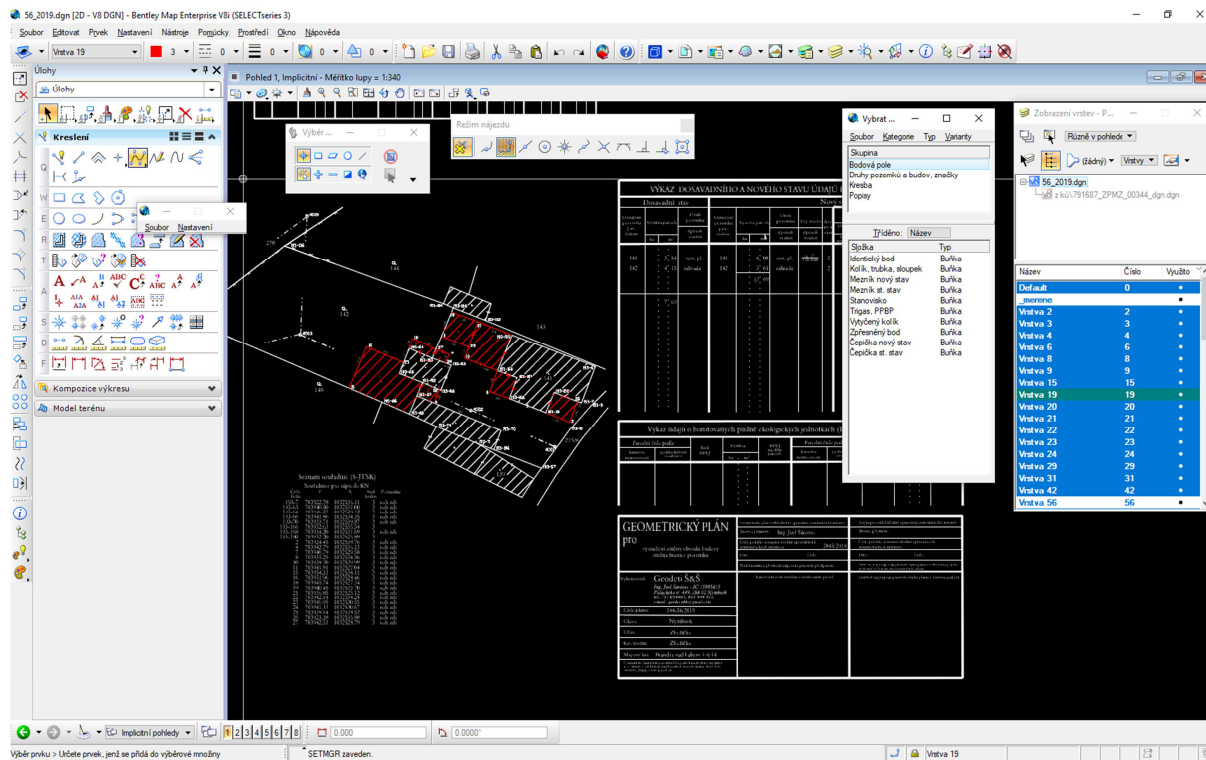
Grafický software Microstation V8i je produktem společnosti Bentley systems. Dokáže vytvářet dvojrozměrné i trojrozměrné modely objektů a budov. Trojrozměrné modely nebo jejich části umožňují elektronickou simulaci reálných objektů a obsahují všechny informace o jejich parametrech.

Uživatelské prostředí vychází ze standardu MS Office. Pracovní plocha obsahuje barevné ikony funkcí v paletách nástrojů (viz Obrázek 11). Lze otevřít několik různých pohledů na tentýž výkres, které se zobrazují ve standardních oknech. To je výhodné hlavně, když je potřeba pracovat s několika detaily.

Software má svůj vlastní výstupní formát *.dgn. Tento formát neobsahuje žádná omezení přesnosti, počtu vrstev či velikosti výkresu nebo buněk. Podporuje ale i jiné výstupní formáty, například z programu AutoCad je to *.dwg a *.dxf.

Program nabízí velké množství specifických funkcí. Mezi ně patří kresba čar, oblouků, kružnic, křivek, textů atd. S prvky lze provádět operace výběru a editace. Jedná se hlavně o změnu vzhledu, přesun, kopírování, otáčení atd.

Geodeti si pro svou práci nejčastěji připojují různé knihovny buněk, ve kterých mají předem definovány styly čar či bodové značky [15], [4].



Obrázek 11: Ukázka grafického rozhraní Microstation V8i



6. Průběh měření

V této kapitole bude popsáno samotné zaměření objektu. Před samotným měřením byla provedena řada přípravných prací. Byla zvolena vhodná měřická metoda a dále zajištěno vhodné měřické vybavení. Byla provedena rekognoskace skenovaného objektu a stanoven rozsah, přesnost a způsob vyhodnocení a zpracování. Nakonec bylo provedeno samostatné skenování a měření objektu.

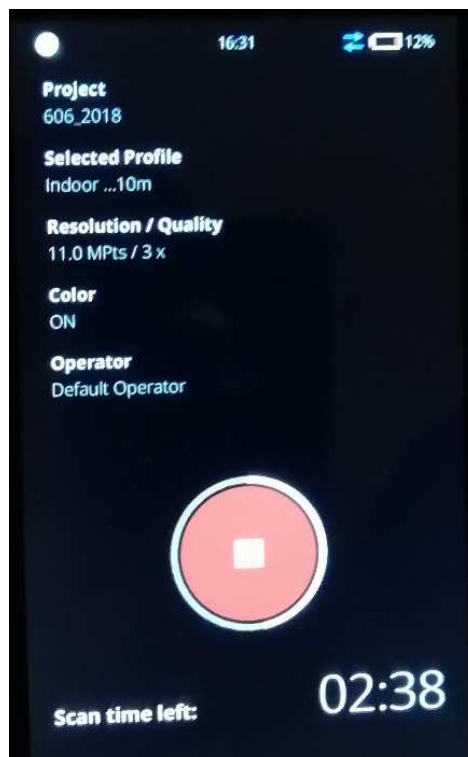
Data byla určena a zpracovávána pouze v místním souřadnicovém systému, který pro účel vyhotovení zakázky plně postačoval. Skenování proběhlo 7. 12. 2018.

6.1 Rekognoskace terénu

Součástí prací před měřením byla rekognoskace. Projítím skenovaného objektu a jeho okolí byl zjištěn současný stav. Bylo rozmyšleno hrubé rozmístění stanovisek skeneru. Ty byly umístěny tak, aby z jednoho stanoviska bylo vidět na předešlé a následující. Bylo důležité, aby se mezi těmito body nenacházela žádná překážka bránící měření a aby byl zajištěn dostatečně velký překryt skenovaných bodů, což se podařilo splnit. Náčrty přímo z terénu jsou součástí příloh.

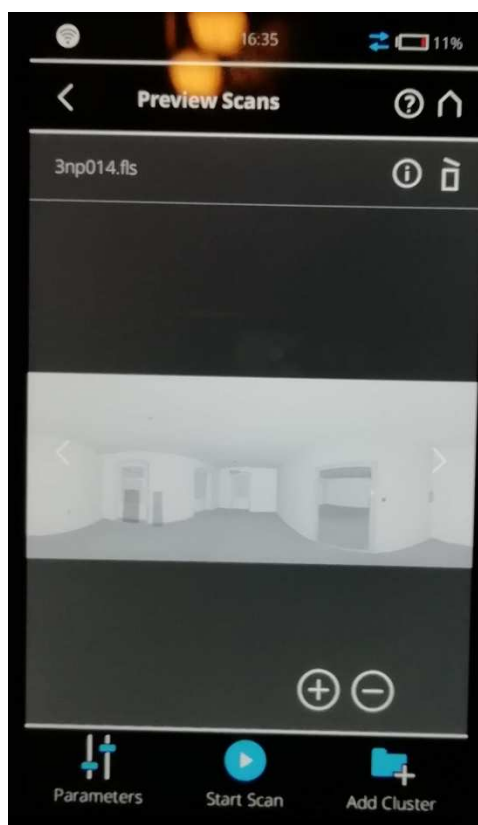
6.2 Skenování objektu

Skener byl umístěn na stativu. Z důvodu automatické registrace mračen bodů pomocí překrytu, nebyla třeba horizontace. Na prvním stanovisku byla založena nová zakázka. Na každém stanovisku byly zvoleny parametry pro skenování. Protože bylo skenováno převážně uvnitř objektu nebyla nastavována žádná výseč zorného pole, zorný rozsah byl tedy ve vertikálním směru 300° a v horizontálním 360° . Jelikož celková doba skenování na stanovisku byla zhruba 3 minuty nebyl tento parametr přenastavován ani na stanoviscích fasády. Mezi dalšími nastavovanými parametry je barva, ta byla zvolená ve stupních šedi. A nakonec hustota mračna, zde bylo zvoleno (pro zamezení šumu), že se každý bod bude měřit 3x. Tímto způsobem bylo postupně skenováno ze všech stanovisek. Pro vyzkoušení a porovnání časové náročnosti byly dvě stanoviska skenována barevně. Skener po samotném skenování pořizuje barevné fotografie, to trvalo zhruba o 3 minuty déle.



Obrázek 12: Ukázka parametrů skenu

Po nastavení všech parametrů bylo spuštěno samotné skenování. Během skenování pracuje přístroj samostatně, není potřeba do jeho fungování nijak zasahovat. Na displeji zobrazuje čas do konce skenování, jak znázorňuje Obrázek 12. Velký pozor byl kladen na to, aby nikdo z měřičů ani kolemjdoucích lidí nezasáhl přímo do laserové stopy skeneru, měření by se tím znehodnotilo. Po naskenování z daného stanoviska byl ihned k dispozici náhled skenu (Obrázek 13), kde se dalo zkontrolovat, zda nebyly naskenovány nějaké překážky, které by bránily ve spojení jednotlivých mračen.



Obrázek 13: Ukázka displeje po naskenování

Celkem bylo k naskenování celého objektu zapotřebí **92 stanovišek** a na každém bylo nezbytné strávit zhruba 3 minuty. Tabulka 2 ukazuje přehled stanovišek, strávený čas na nich a zhruba počet bodů v mračcích na jednotlivých patrech. V následujících obrázcích je znázorněno, jak byla rozmístěna stanoviška v jednotlivých podlažích: 1.NP - Obrázek 14, 2.NP - Obrázek 15, 3. NP - Obrázek 16, půda - Obrázek 17.

Tabulka 2: Přehled z měření

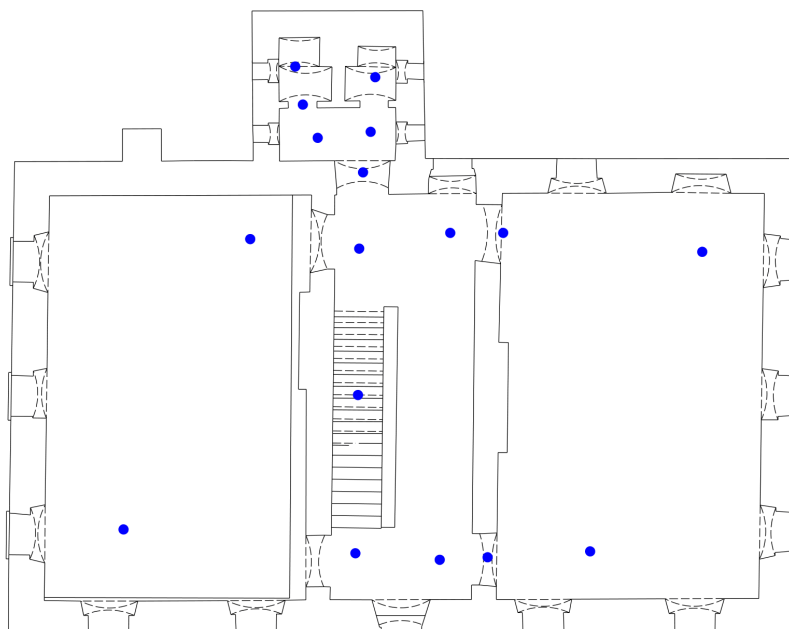
Patro	Počet stanovišek	Čas skenování	Počet bodů mračna
1NP	36	108 min	378 mil.
2NP	17	51 min	179 mil.
3NP	19	63 min	200 mil.
půda	8	24 min	84 mil.
fasáda	12	36 min	194 mil.
celkem	92	4,6 hod	1034 mil.



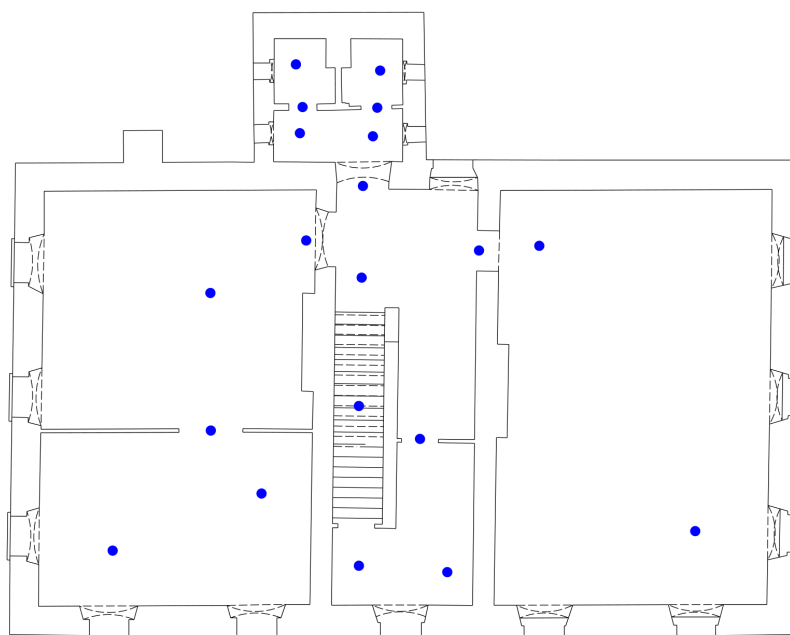
K čistému času skenování je potřeba uvažovat i čas na přemístění skeneru a rozmyšlení dalších stanovišek. Celkový čas skenování byl tedy zhruba 5 hodin.



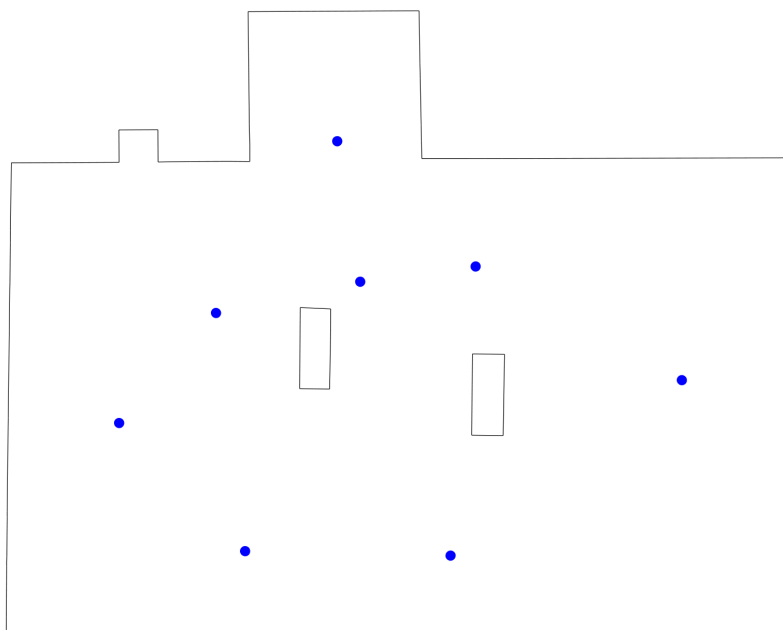
Obrázek 14: Stanoviška 1NP



Obrázek 15: Stanoviška 2NP



Obrázek 16: Stanoviska 3NP



Obrázek 17: Stanoviska půda



Obrázek 18: Měření skenerem



Obrázek 19: Ukázka skenu



Obrázek 20: Měření skenerem



Obrázek 21: Ukázka skenu

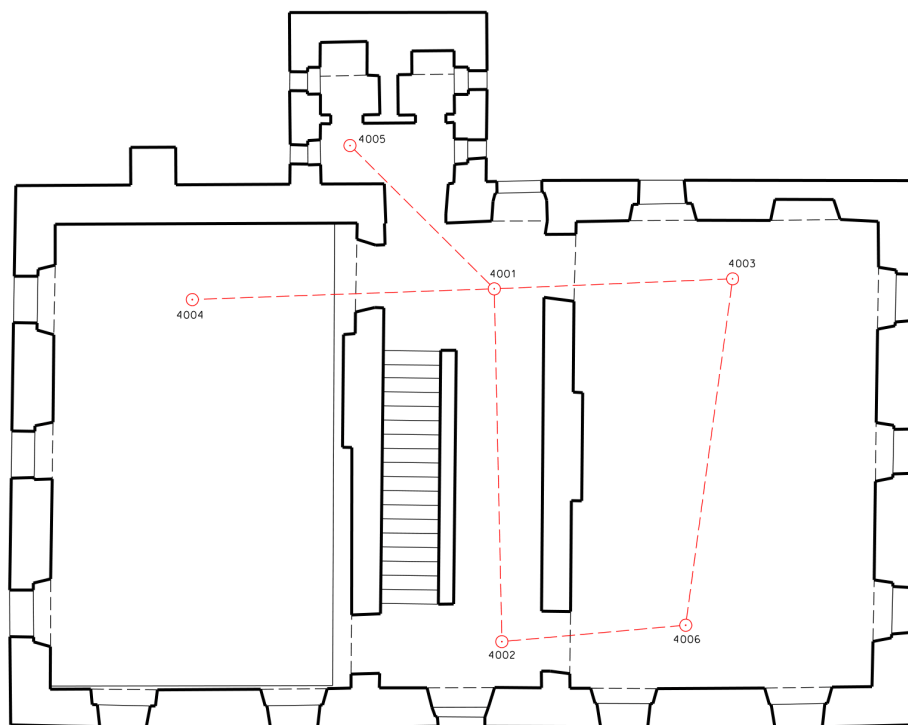
Obrázek 18 a Obrázek 20 ukazuje skener při vlastním měření a Obrázek 19 a Obrázek 21 znázorňuje naskenovanou část objektu právě z těchto míst.



6.3 Měření klasické geodetické metody

Pro srovnání metody laserového skenování a klasického geodetického měření objektu bylo provedeno s odstupem času zaměření totální stanicí (Obrázek 23). Kvůli přístupnosti celého objektu bylo takto zaměřeno pouze první patro Muzea.

V prvním patře bylo vhodně rozmístěno šest stanovišek (sít' rozložení stanovišek viz Obrázek 22), na nichž bylo měřeno totální stanicí. Stabilizace byla provedena na pečlivě přilepený papír s křížkem na zem. Před měřením byl připraven měřický náčrt půdorysu patra. Bylo již k dispozici zpracované laserové skenování, proto byl pro náčrt použit hotový výkres. Do výkresu byly schematicky doplňovány konstrukce nad a pod řeznou rovinou, případně výška stropu pro tvorbu svislých řezů. Součástí náčrtu byla očíslovaná jednotlivá stanoviška s jejich orientacemi a samozřejmě číselný popis všech podrobných bodů, které byly zaměřeny. Body, které byly pro kontrolu zaměřeny dvakrát, jsou podtržené. Náčrt je součástí příloh diplomové práce.



Obrázek 22: Stanoviška totální stanice

Na každém stanovišku byl centrován a horizontován přístroj a nastaveny parametry stanoviška. Jako první byly měřeny orientace pomocí minihranolu. Podrobné body byly měřeny bezhranolově a zároveň zapisovány do měřického náčrtu. Měřeny byly jednoznačně identifikovatelné rohy místností, oken, či zárubně dveří. Po doměření bodů totální stanicí byly



ručním dálkoměrem doměřeny všechny výklenky, které nebylo možné ze stanovisek změřit. Dále byly doměřeny výšky parapetů, rozměry oken a dveří a šíře schodů.

Klasická geodetická metoda byla vykonána celkem ze šesti stanovisek a bylo zaměřeno 155 bodů. Měření probíhalo 18. 4. 2019.



Obrázek 23: Měření totální stanicí



7. Zpracování dat – tvorba 2D výstupů

Po skončení měřických prací následovaly práce kancelářské. Naskenovaná data byla exportována z SD karty do výkonného počítače, kde byla zpracována v programu Trimble RealWorks. Vizualizace byla prováděna v programu Microstation V8i.

Data byla měřena polární metodou pomocí totální stanice a dále zpracována v programu Groma.

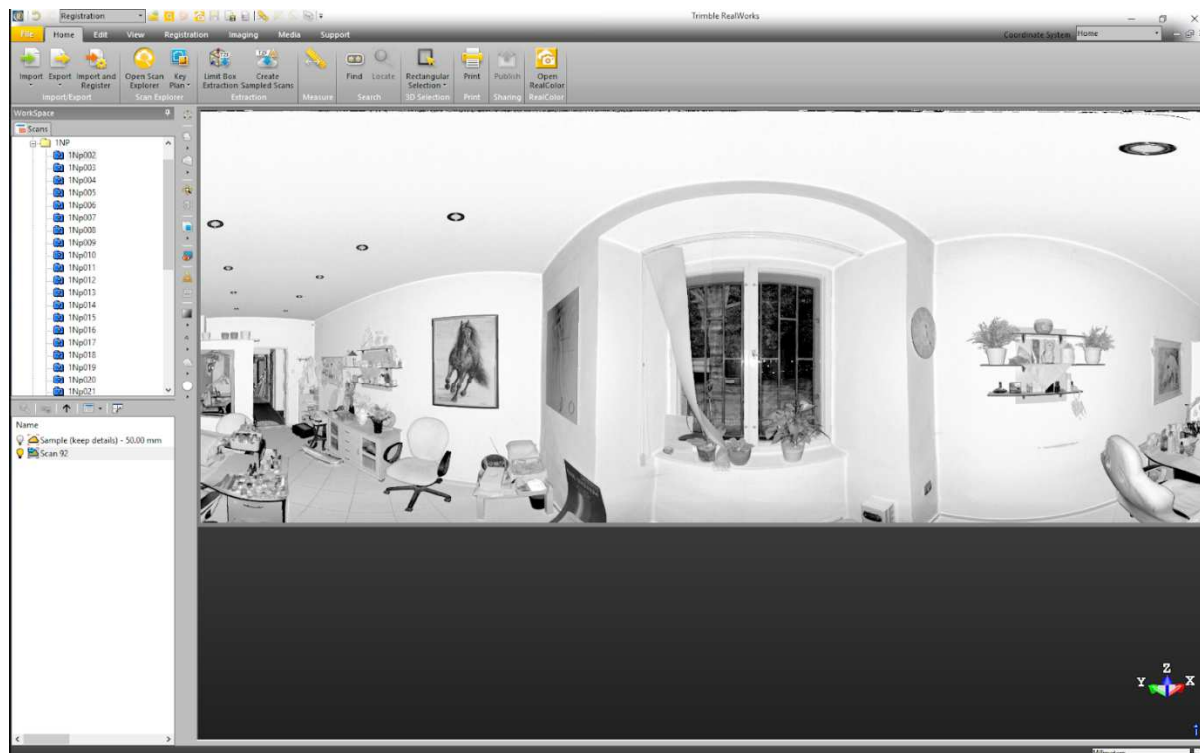
7.1 Laserové skenování – Trimble Realworks

V následující části bude podrobně popsáno zpracování naskenovaných dat.

7.1.1 Import dat a vytvoření mračna bodů

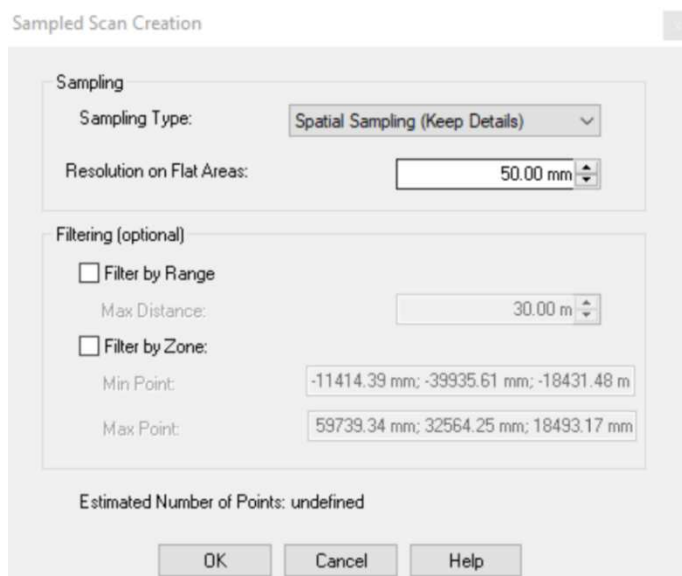
Ke zpracování dat v programu Trimble RealWorks bylo potřeba exportovat data ze skeneru ve formátu složek *.FLS a souborů *.TZF, které byly staženy do počítače s využitím SD karty skeneru. Import a práce s mračnem probíhala v módu *Registration*. Do softwaru byla importována data a vytvořen nový projekt. Vzhledem k nahrávání složek FLS trval import trochu déle, zhruba 30 minut.

Každé naskenované stanovisko bylo reprezentováno svojí složkou. Složky ukazuje Obrázek 24 vlevo, který zároveň přidává i grafickou reprezentaci. Modře jsou označena stanoviska, která byla měřena se zapnutým kompenzátorem a při jejich registraci se tedy nebude měnit natočení osy Z. Žluté složky znamenají, že stanovisko nebylo horizontováno a při registraci se tedy bude sken pohybovat volně ve 3D.



Obrázek 24: Ukázka naimportovaných dat

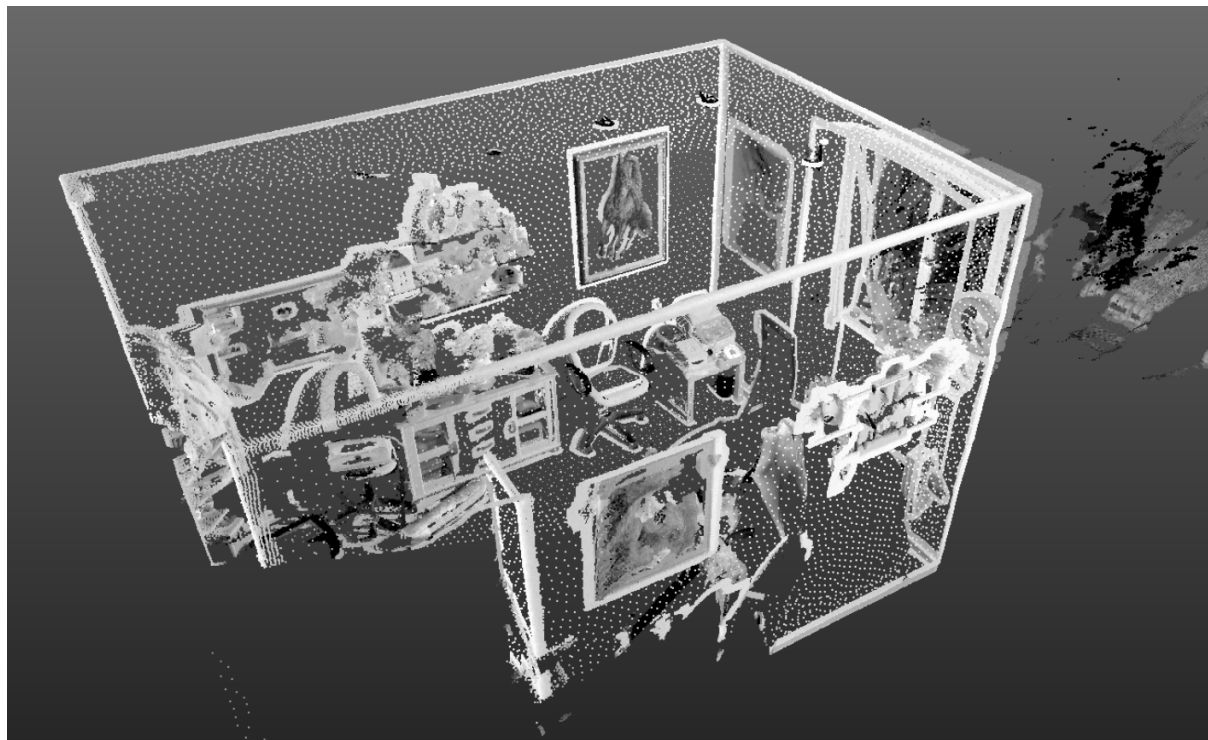
Z každého vyexportovaného souboru bylo potřeba vytvořit mračno bodů. Po označení všech stanovisek byla spuštěna funkce *Create Sampled Scans*. Pro ušetření paměti a zrychlení práce s mračnem byl zvolen typ vzorování, kde byla určena vzdálenost mezi body na rovných plochách a to konkrétně *50 mm*. Software tedy určí stěny, stropy a další rovné plochy, kde body zředí na požadovanou vzdálenost. Všude jinde (v rozích stěn, u zárubní a na dalších detailech) byla hustota bodů zachována. Nastavení programu ukazuje Obrázek 25.



Obrázek 25: Ukázka nastavení funkce *Create Sampled Scans*



Obrázek 26 znázorňuje vytvořené mračno jednoho stanoviška. Je zde vidět zředění bodů na rovných plochách, ale detaily rohů či oken jsou zachovány. Celý projekt měl po tomto kroku zhruba 300 milionů bodů z původních 1034 milionů.



Obrázek 26: Ukázka vytvořeného mračna

7.1.2 Registrace naskenovaných dat

Registrace skenů bylo nejdůležitější částí při zpracování naměřených mračen. Dochází při ní ke spojování skenů pořízených na jednotlivých stanoviškách do společného souřadnicového systému. Registrace se může provádět buď automaticky, nebo manuálně.

Každý sken má svůj souřadný systém, kdy výchozí bod má vzhledem ke skeneru souřadnice $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$. Princip výpočtu spočívá v určení prostorových vztahů mezi jednotlivými skeny. Ke zjištění těchto vztahů softwaru poslouží transformace. Výsledný souřadný systém registrovaných mračen je převzat z referenčního stanoviška.

Registrace dat probíhá taktéž v módu *Registration*. V této práci byla prováděna automatická registrace přes společné překrytové plochy. Pouze jedno stanoviško se nepodařilo automaticky spojit a byla použita registrace manuální.

Protože automatická registrace celého objektu najednou by byla náročná na paměť počítače, byla prováděna po jednotlivých patrech. Byly tedy vždy označeny jen určitá stanoviška a v záložce *Registration* byla spuštěna funkce *Auto-register using Planes*. Byla



vybrána stanoviska jednotlivých podlaží, kde jedno z nich bylo zvoleno jako referenční, na které se ostatní mají registrovat. Poté byla registrace spuštěna. Vzniklo mračno ze všech skenů v patře. Analogicky byla spojena všechna patra a fasáda.

Po dokončení registrace se objevila tabulka s protokolem o dosažené přesnosti. V ní jsou zobrazeny směrodatné odchylky transformace stanovisek, procenta společných bodů na jednotlivých stanoviskách, spolehlivost výsledku, a nakonec celková směrodatná odchylka. Všechny protokoly byly exportovány a jsou součástí příloh této práce. Tabulka 3 ukazuje přehled celkových směrodatných odchylek jednotlivých registrací. Směrodatná odchylka celkové registrace všech pater i fasády je 17,08 mm. To znamená, že jednotlivá stanoviska skenování mají vůči sobě chybu 17,08 mm. Protože od zadavatele nebyla dána žádná vnitřní přesnost mračna, byl výsledek porovnáván s obvykle zadávanou hodnotou pro tento typ prací, tj. 5 cm. To představuje chybu napříč skenovaným a dokumentovaným objektem, například okno na jedné straně budovy, nesmí být od okna na druhé straně budovy posunutě o více jak 5 cm. Pokud se budou uvažovat krajní hodnoty směrodatné odchylky (cca 34 mm) můžeme přesnost uvažovat za dostatečnou.

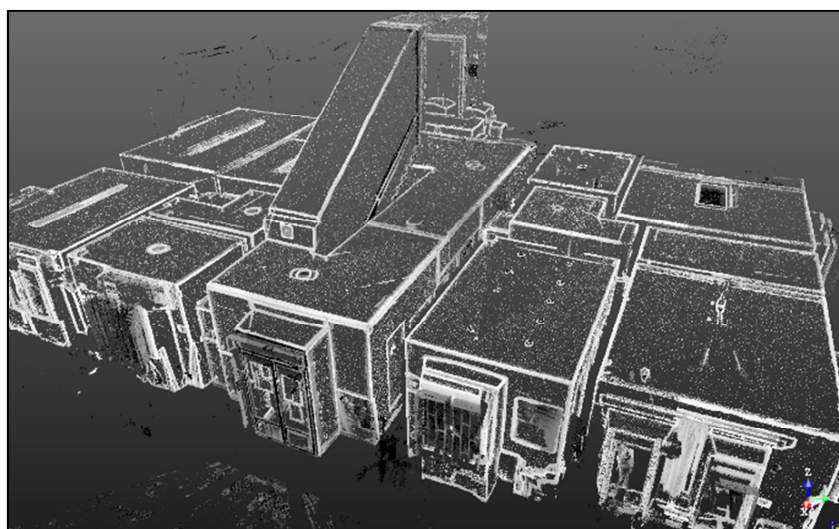
Tabulka 3: Celkové směrodatné odchylky jednotlivých registrací

Stanoviska	Overall cloud-to-cloud error
1NP	11,35 mm
2NP	7,57 mm
3NP	5,97 mm
půda	1,86 mm
fasáda	1,98 mm

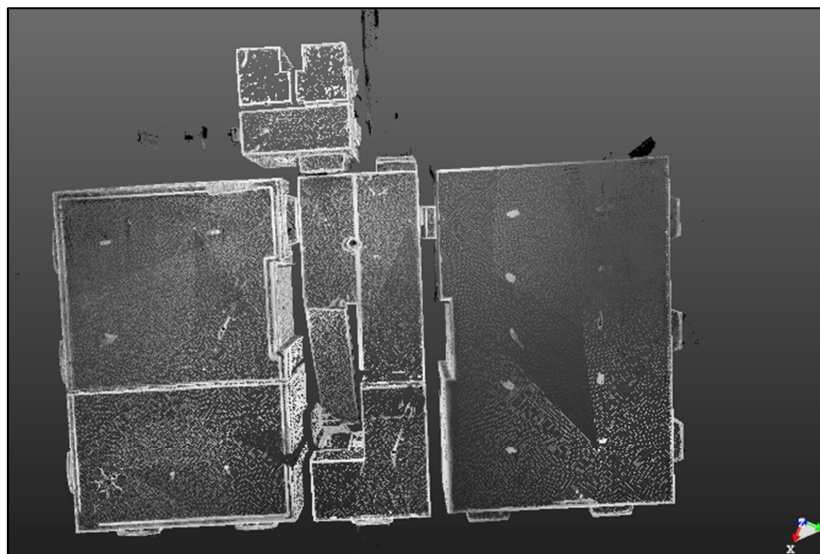
V následujících obrázcích je možné sledovat výstupy z jednotlivých registrací – fasáda (Obrázek 27), 1.NP (Obrázek 28), 2.NP (Obrázek 29), 3.NP (Obrázek 30), půda (Obrázek 31).



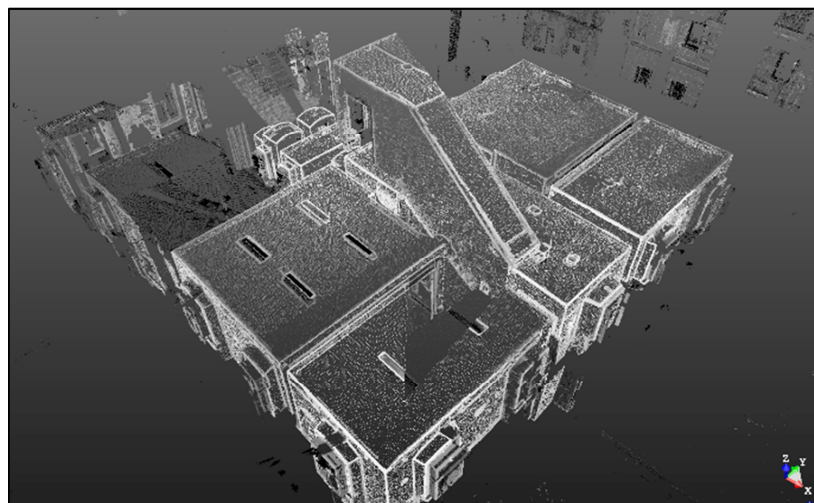
Obrázek 27: Registrovaná fasáda



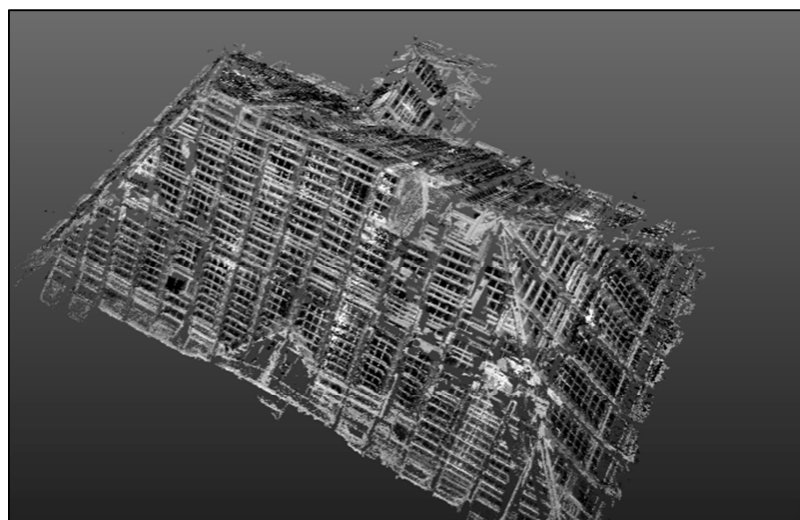
Obrázek 28: Registrované INP



Obrázek 29: Registrované 2NP



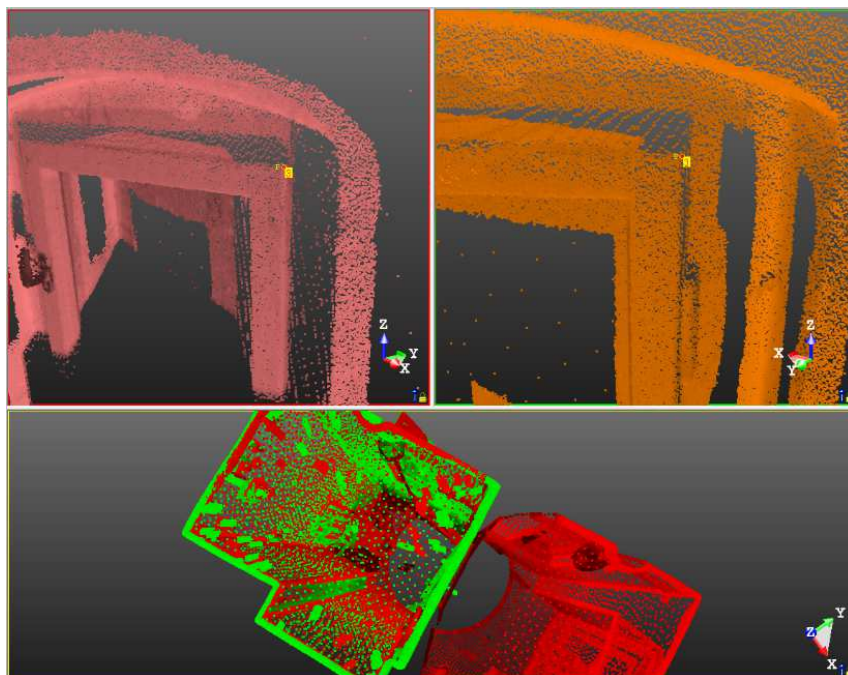
Obrázek 30: Registrované 3NP



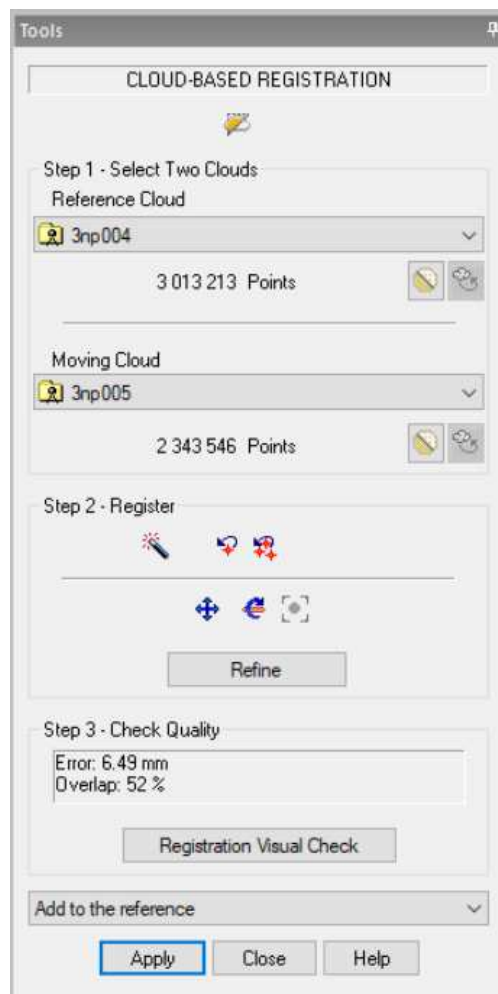
Obrázek 31: Registrovaná půda



V třetím nadzemním podlaží se nepodařilo pomocí automatické registrace spojit jedno stanovisko k ostatním. Proto byla použita funkce pro ruční registraci *Cloud-based Registration*. Jako referenční mračno byly zvoleny již spojená stanoviska. Jako mračno, se kterým se bude pohybovat, bylo zvoleno nespojené stanovisko. Mezi stanovisky nebyl dostatečný překryt, proto bylo nutné umístit do mračen minimálně tři body. Ty byly označeny v levém i pravém okně, po jejich označení se hned mračna pohybují. Názornou ukázkou práce s ruční registrací představuje Obrázek 32 a Obrázek 33.



Obrázek 32: Ruční registrace – určování bodů



Obrázek 33: Ruční registrace

7.1.3 Očištění mračna bodů

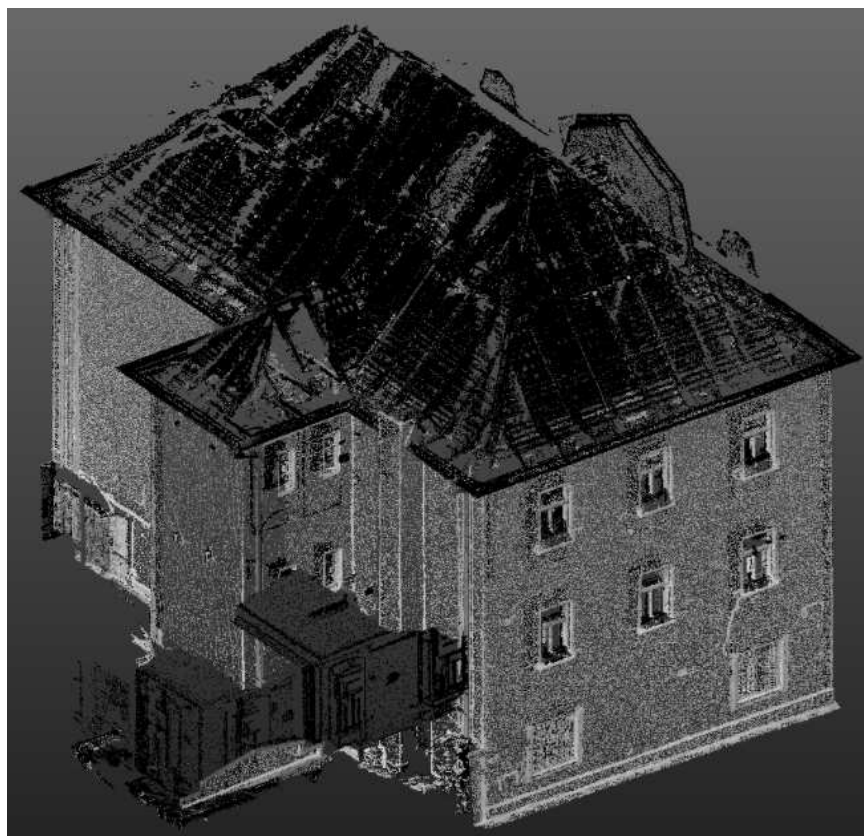
Veškeré práce s mračny byly prováděny v módu *Production*. Aby se s mračnem lépe pracovalo a zmenšil se objem dat bylo potřeba vybrat pouze objekt, se kterým se bude dále pracovat. To bylo provedeno pomocí funkce *Segmentation* (Obrázek 34) v záložce *Edit*. Oblast, která se má zachovat byla vybrána pomocí polygonu. Dále bylo vybíráno, zda se má zachovat oblast uvnitř nebo vně polygonu. Postup byl opakován, než byly odstraněny všechny nežádoucí body. Po očištění bodového mračna měl projekt zhruba 234 milionů bodů z předchozích 300 milionů. V následujících obrázcích jsou znázorněny varianta před očištěním (Obrázek 34) a po něm (Obrázek 36).



Obrázek 34: Funkce Segmentation



Obrázek 35: Celé naskenované mračno před očištěním



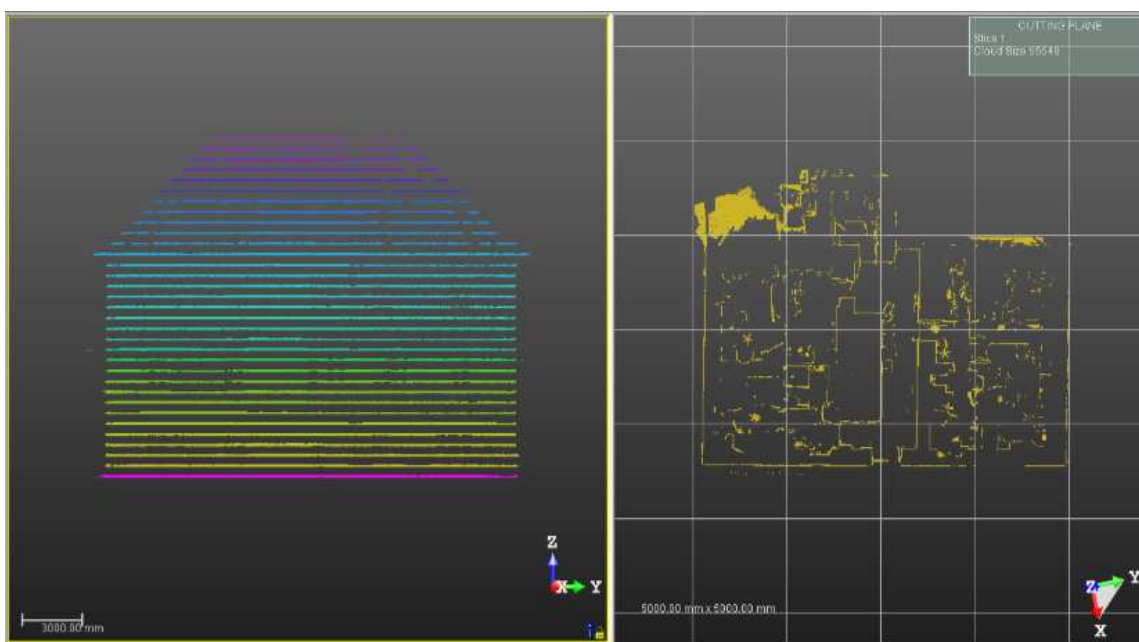
Obrázek 36: Očištěné mračno



7.1.4 Tvorba řezů

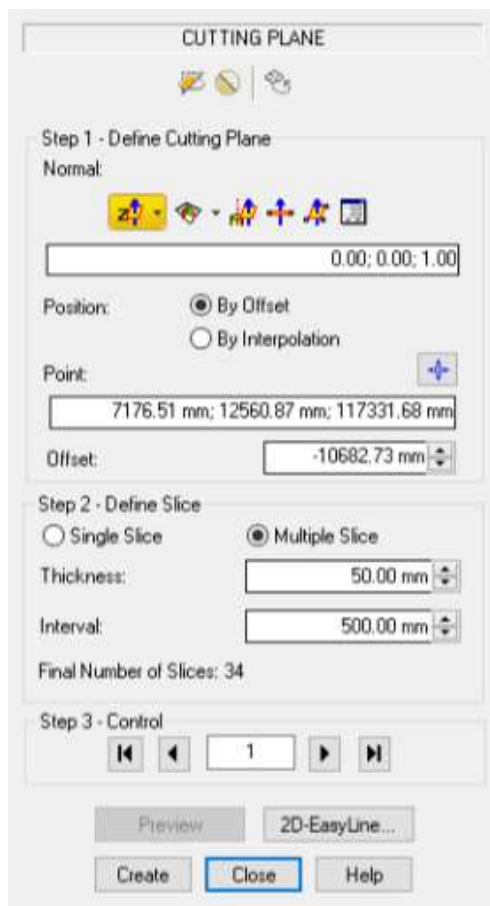
Aby mohly být vytvořeny 2D výkresy celého objektu, bylo potřeba z mračen vytvořit řezy, které se dají exportovat do formátu *.dgn a pracovat s nimi v programu Microstation.

Řezy byly opět tvořeny v módu *Production*. Nejprve byly označeny mračna celého objektu a poté spuštěna funkce *Cutting Plane* v záložce *Surfaces*. V grafické části programu se otevřelo okno (viz Obrázek 37). V jedné části je klasické 3D zobrazení s posuvníkem, který označuje konkrétní rovinu řezu, která se zobrazuje ve druhé části grafického okna.



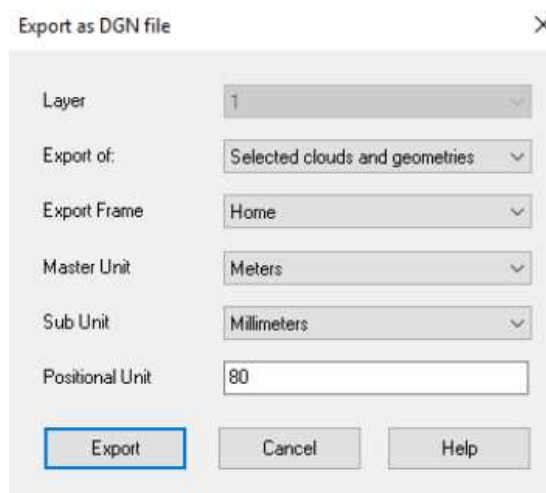
Obrázek 37: Grafická část *Cutting Plane*

Dále bylo potřeba ve funkci určit rovinu řezu. Pro tvorbu půdorysných řezů byla rovina kolmá k ose Z. A pro tvorbu svislých řezů byla rovina kolmá k úhlu zobrazení určená dvěma body. Pro větší přehlednost a nezanedbání žádného detailu bylo uděláno více řezů najednou pomocí volby *Multiple Slice*. Zde byla zvolena tloušťka (*Thickness*) řezu 50 mm a rozestup (*Interval*) jednotlivých řezů 500 mm. Pomocí šipek byly zkontrolovány jednotlivé řezy a případně byl pozměněn interval nebo rozestup. Po nastavení všech parametrů bylo použito tlačítko *Create*, kterým se vytvořila celá složka s řezy. Celé specifické nastavení funkce ukazuje Obrázek 38.



Obrázek 38: Funkce Cutting Plane

Poslední krok při tvorbě řezů byl jejich export do příslušného formátu. Po označení složky s řezy byla v záložce *Home* spuštěna funkce *Export / Export selection*. Zde byl zvolen formát *dgn* a možnost, co je potřeba exportovat – v tomto případě mračna i polylinie (*Select clouds and geometries*). Vše bylo provedeno stisknutím tlačítka *Export*, jak ukazuje Obrázek 39.



Obrázek 39: Export řezů

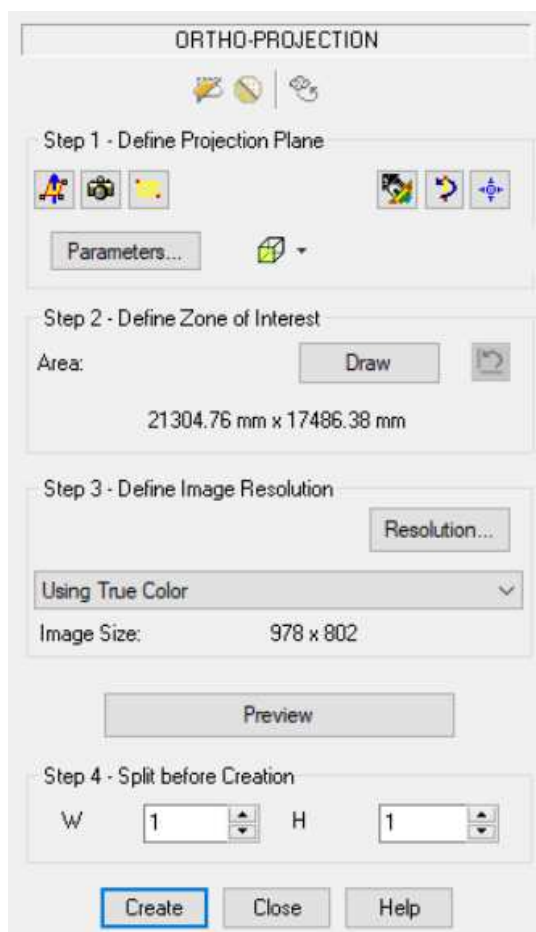


7.1.5 Tvorba ortofot

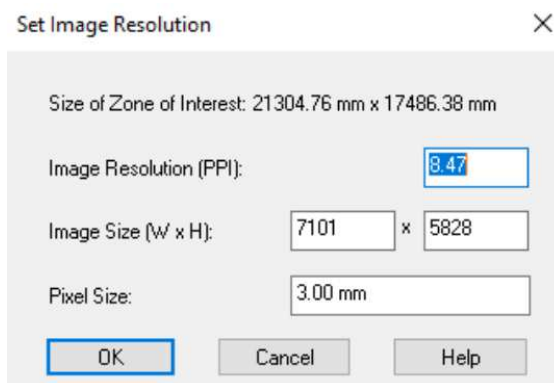
Pro snadnější kresbu pohledů byly vytvořeny ortofota jednotlivých stran objektu. Pro každý pohled byly nejprve vytvořeny samostatné výřezy (tzv. limit boxy). V nich bylo dbáno na to, aby byly zobrazeny pouze objekty na fasádě a nezůstaly zde například vnitřní výklenky oken. Pro zpracování by pak byly ortofota nepřehledné.

Po vytvoření výřezů byla v záložce *Imaging* spuštěna funkce *Ortho-projection*. Zobrazila se žlutá rovina, kterou bylo potřeba nastavit před výřez objektu, ze kterého byly vytvořeny ortofota. Ve volbě pro rozlišení (*Resolution*) byla nastavena velikost pixelu 3 mm. Celé nastavení lépe zobrazuje Obrázek 40 a Obrázek 41. Výstup celé akce poté reprezentuje Obrázek 42.

Nakonec byly ortofota, stejně jako řezy, exportovány do formátu **.tif*.



Obrázek 40: Funkce *Ortho-projection*



Obrázek 41: Nastavení pixelu

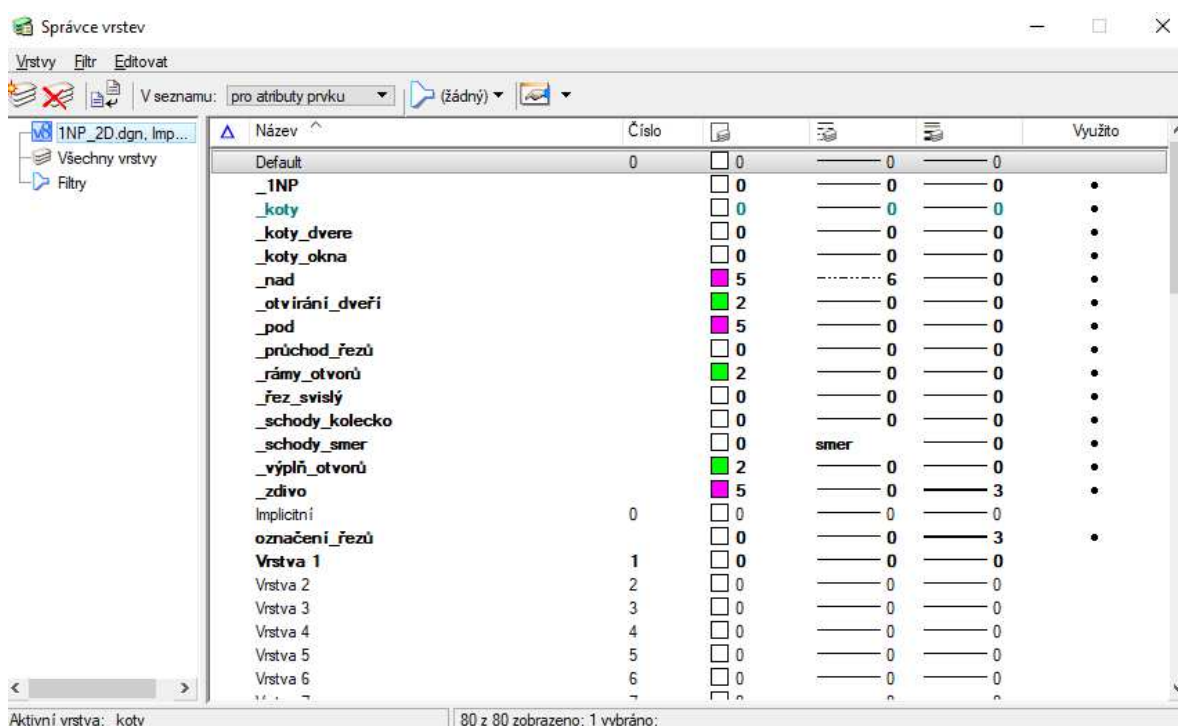


Obrázek 42: Vytvořené ortofoto



7.2 Laserové skenování – Microstation V8i

V programu Microstation bylo provedeno grafické znázornění objektu muzea z vyexportovaných řezů z programu Trimble Real Works. Pro jednotlivé výkresy – půdorysy, řezy a pohledy musely být do Microstationu připojeny referenční výkresy s příslušnými řezy. Ty bylo, pro lepší práci s nimi, nejprve potřeba upravit. Zejména správně natočit a řezy rozřadit do vrstev podle jednotlivých pater. Poté byly vytvořeny vrstvy, ve kterých byly definovány všechny typy čar, které byly následně používány. Obrázek 43 představuje názornou ukázkou jednotlivých vrstev.



Obrázek 43: Ukázka vrstev

Následovala tvorba vlastní kresby. Liniemi byly v podstatě obkreslovány bodová mračna, a tak postupně vznikl reálný tvar objektu. Jednotlivé výkresy byly mezi sebou kontrolovány. Například, aby rozměry místností z půdorysů odpovídaly s rozměry stejných místností v příčném a podélném řezu. Při kresbě pohledů byly připojeny rastry s ortofoty fasád. Po dokončení kresby byly všechny půdorysy okótovány. Do řezů a pohledů byly vloženy výšky, vztaženy k nule, která byla vložena do středu vchodových dveří. Do půdorysů byly navíc vloženy tzv. světlé výšky, které byly změřeny v příslušných řezech. Průběh tvorby výkresu znázorňují Obrázek 44 a Obrázek 45.



Všechny výkresy byly nakonec opatřeny o rozpisku a vytištěny na formát papíru A2. Půdorysy a oba řezy v měřítku 1:50, pohledy poté v měřítku 1:100. Všechny výkresy v tištěné i elektronické podobě jsou součástí příloh diplomové práce.



Obrázek 44: Tvorba výkresu

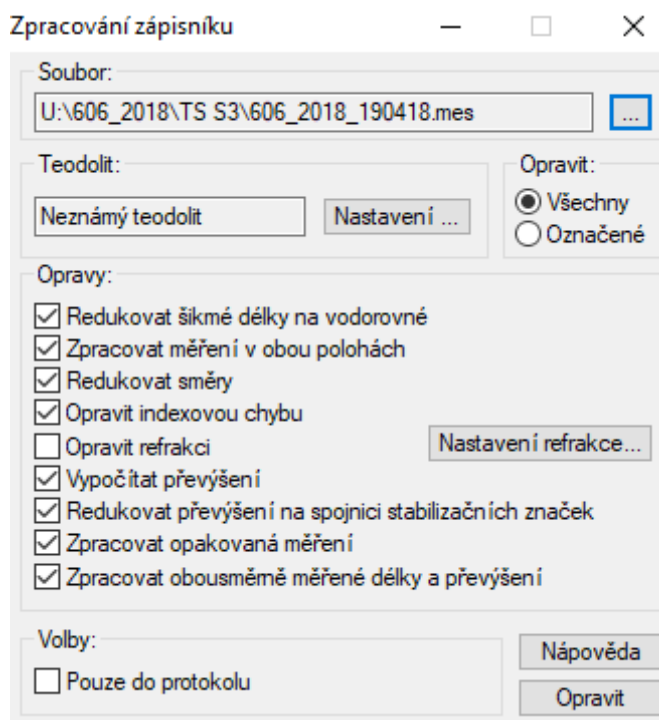


Obrázek 45: Tvorba výkresu



7.3 Klasická geodetická metoda – Groma

V programu Groma byly provedeny veškeré výpočetní úkony surových dat měřených totální stanicí. Po importu dat byla provedena kontrola zápisníku a označeny všechny orientace. Poté došlo k samotnému zpracování zápisníku. Zadané parametry nejlépe ukáže Obrázek 46 níže.



Obrázek 46: Zpracování zápisníku

Dále byly zvoleny souřadnice bodů 4001 a 4002 v místním souřadnicovém systému. Do bodu 4001 byl vložen počátek souřadnicové soustavy ($x = 5000$ m, $y = 1000$ m, $z = 100$ m) a osa Y byla vložena na nejdelší orientaci, tedy bod 4002 ($x = 5000$ m, $y = 1007.53$ m, $z = 99.97$ m).

Pomocí polární metody dávkou byly vypočteny souřadnice ostatních stanovišek. Tyto přibližné souřadnice byly pomocí funkce *Výpočty / vyrovnání sítě* vyrovnány. Jako fixní bod byl zvolen bod 4001. Nakonec byl proveden, pomocí funkce *Polární metoda dávkou*, výpočet souřadnic podrobných bodů. Všechny výpočty byly zaznamenávány do protokolu, který je součástí příloh této práce.

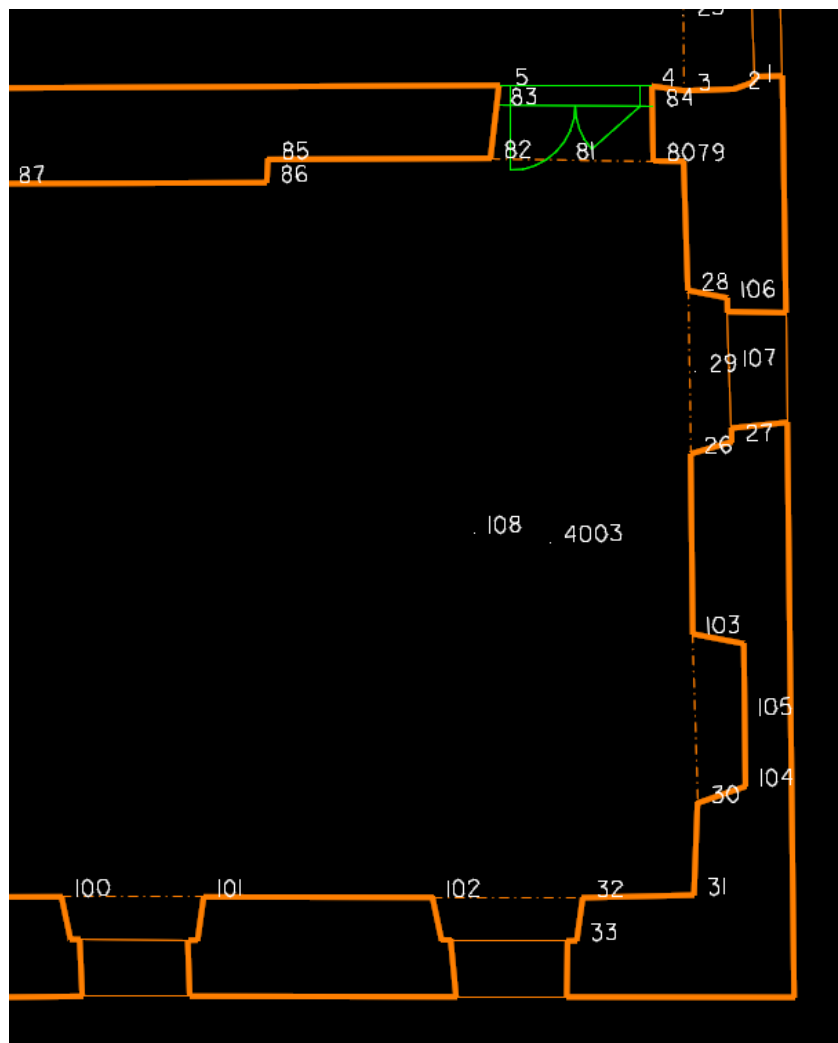


7.4 Klasická geodetická metoda – Microstation V8i

Protože klasická geodetická metoda byla v této práci použita jen pro srovnání s laserovým skenováním, byl nakreslen pouze půdorys druhého patra Muzea.

Z naměřených bodů pomocí totální stanice byl také grafický výstup vyhotoven v Microstationu. Vzhledem k propojení s Gromou došlo k importu dat ihned po jejich výpočtu bez nutného ukládání s příslušnou koncovkou.

Nejprve byly vytvořeny příslušné vrstvy s různými styly a tloušťkami čar. Poté následovala tvorba vlastní kresby. Pomocí linií byly spojovány body, tak aby byl postupně vytvářen reálný tvar objektu. Pomocí dalších kreslicích nástrojů byly postupně dokresleny i různé výklenky, které byly měřeny pouze ručním dálkoměrem. Nakonec byl celý výkres okótován. Tvorbu výkresu znázorňuje Obrázek 47.



Obrázek 47: Tvorba výkresu



8. Porovnání použitých metod a výsledků

V předchozí kapitole 3. Metody pro stavební zaměření byly již zmíněny obecné výhody či nevýhody použitých metod při měření. Tato kapitola bude zaměřena na porovnání použitých metod získanými zkušenostmi při zpracování této diplomové práce.

Největším aspektem byla časová náročnost. Co se týče měření, byla rychlejší metoda laserové skenování. Celý objekt muzea byl skenován zhruba za 5 hodin. Naopak pouze jedno nejjednodušší patro bylo klasickou geodetickou metodou měřeno zhruba 3,5 hodiny. Při úvaze 80 stanovisek totální stanice v celém objektu a strávených zhruba 45 minut na každém z nich by v případě měření celého objektu pomocí klasické geodetické metody by byla časová náročnost zhruba 60 hodin, tedy 7,5 pracovních dní.

Co se týče kancelářského zpracování byla rychlejší metoda klasického geodetického zaměření. Zpracování laserového skenování trvalo zhruba čtyři pracovní dny a tvorba všech výkresů z řezů z bodových mračen dalších 8 pracovních dní. Při tomto zpracování se musí přihlídnout i ke zkušenostem zpracovatele (autorka této práce) s tímto druhem práce. Oproti tomu kresba půdorysu jednoho patra, měřená klasickou geodetickou metodou, trvala asi 7 hodin. Celý objekt by tedy byl nakreslen zhruba za 8 pracovních dní, s přihlédnutím na různé náročnosti každého patra.

Následující Tabulka 4 ukazuje celkový výpočet nákladů firmy na zakázku. Vidíme zde cenu za půjčení laserového skeneru. Zde je potřeba uvažovat, že je to cena na celý den, za ten je ale možné naskenovat více zakázek najednou. Dále výpočet časové náročnosti, kde je potřeba uvážit, že laserové skenování zvládne jedna osoba, kdežto na měření totální stanicí musí být zaměstnanci dva. Výpočet mzdových nákladů byl proveden ze superhrubé mzdy čtvrtého čtvrtletí roku 2018, která byla 39 200 Kč. Pro tuto zakázku byla tedy z ekonomického hlediska výhodnější metoda laserového skenování.



Tabulka 4: Výpočet nákladů na zakázku

	laserové skenování	klasická geodetická metoda	pozn.
cena vybavení	7 000 Kč	0 Kč	
časová náročnost	5 h + 12 dní	2 * 7,5 dne + 8 dní	postupný výpočet
	12,6 dne	21 dní	celkem
mzdové náklady	23 570 Kč	39 200 Kč	
celkové náklady	30 570 Kč	39 200 Kč	

Se zpracování laserového skenování úzce souvisí také náročnost na výkonný počítač. Je potřeba hlavně rychlý s velkou paměťovou kapacitou, projekt v tomto případě měl 20 GB.

Pokud budeme srovnávat přesnost grafických výstupů skutečného stavu muzea, byla určitě přesnější metoda laserového skenování. Pomocí ní dokážeme zachytit všechny detaily jako jsou nerovné zdi či prohnuté podlahy. Tyto detaily klasickou geodetickou metodou zachytit nelze. Proto bylo v případě této zakázky zvoleno laserové skenování.



9. Závěr

Výsledkem diplomové práce v rámci zakázky firmy Geodetické služby Nymburk jsou stavební výkresy skutečného stavu Muzea v Sadské. Ty poslouží pro plánovaný projekt budoucí rekonstrukce. Pro zaměření současného stavu objektu bylo zvoleno metody 3D laserového skenování.

3D laserové skenování je moderní, zajímavá a hlavně rychlá měřická metoda. Při měření jsem se nesetkala s žádným problémem. Výhodou je okamžitá kontrola naskenovaných dat na displeji skeneru přímo v terénu. Náročnější je ovšem zpracování, co se týče času i nároků na hardwarové vybavení. Softwarové vybavení pro laserové skenování si mohou dovolit zaplatit pouze firmy, které je nutně k práci potřebují, pro naši jednu zakázku bylo pořizování zbytečné. Zapůjčili jsme tedy software stejně jako skener od firmy Geotronics Praha, s.r.o.

Pro zhodnocení dvou různých geodetických metod zaměření bylo jedno patro objektu měřeno klasickou geodetickou metodou pomocí totální stanice. Měření bylo časově náročnější a přesnost zobrazení skutečného stavu, o kterou v této zakázce šlo, byla mnohem menší. Při této metodě nejsme schopni zobrazit všechny detaily jako u laserového skenování.

Výsledkem měření a zpracování jsou výkresy půdorysů všech podlaží v měřítku 1:50, příčný a podélný řez v měřítku 1:50 a výkresy všech pohledů v měřítku 1:100. Všechny výkresy jsou součástí příloh. Dále v přílohách najdeme náčrty z měření v terénu, zápisník měření z totální stanice, protokol o výpočtech v programu Groma. V příloženém CD jsou k nalezení veškeré výše uvedené papírové přílohy a grafické formě, a navíc protokoly z programu Trimble RealWorks a všechny výkresy ve formátu *.dgn. Surová data z laserového skenování jsou o velikosti 20 GB z kapacitních důvodů k nahlédnutí pouze ve firmě Geodetické služby Nymburk.



Seznam použité literatury a zdroje

- [1] Sadská – Wikipedie. [online]. [cit. 2019-05-12] Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Sadsk%C3%A1>
- [2] Město Sadská - Oficiální stránky města Sadská. Město Sadská - Oficiální stránky města Sadská [online]. Copyright © 2019 [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.mesto-sadska.cz/>
- [3] Sadská - Document Moved [online]. Copyright © 2000 [cit. 12.05.2019]. Dostupné z:
https://www.geocaching.com/geocache/GC1XF4W_do-let-minulych-zvu-vas-sadska?guid=8692366d-877b-478d-94a2-9a83d6f50fc3
- [4] Ladislava Šátková. Bakalářská práce. Praha, 2017. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [5] Geoportál [online]. [2019-05-12] Dostupné z:
<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/#ipsQueue>
- [6] Laserové skenování – GIS – STAVINVEX a.s.. [online]. Copyright © 2019 GIS [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <http://www.gis-stavinvox.cz/laserove-skenovani/>
- [7] ČSN 01 3420. Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části. Praha: Vydavatelství norem. 2004.
- [8] A. Doseděl a kolektiv. Čítanka výkresů ve stavebnictví. 3. vydání, Praha: Sobotáles, 2004. ISBN 80-86817-06-7.
- [9] Ing. Jarmila Klimešová. *Nauka o pozemních stavbách*. 1. vydání, Brno, 2005. ISBN 978-80-7204-530-3.
- [10] Prospekt Faro Laser Scanner Focus M 70. EN, 2017. Dostupné také z:
https://www.merici-pristroje.cz/files/ckeditor//5_Produkty/5-10_FARO/faro_150_a_350/FARO_Laser_Scanner_Focus3D_M_70_CZ.pdf
- [11] *Prospekt Trimble S3*. ČR, 2015. Dostupné také z:
<http://www.profigeo.info/down/trimble-s3.pdf>
- [12] Trimble S3. In: Korec group [online]. Liverpool, 2017 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z:
<https://www.korecgroup.com/product/trimble-s3-and-s5-robotic-total-stations/>



[13] Trimble Real Works. *Geotronics Praha* [online]. Praha: Geotronics Praha, 2016 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://geotronics.cz/geodezie/software/trimble-realworks/>

[14] *Groma* [online]. Praha: Geoline, spol., 2017 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/cz/>

[15] *Microstation* [online]. Opava: GISOFT, 1995 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <http://www.gisoft.cz/MicroStation/MicroStation>



Seznam obrázků

Obrázek 1: Poloha obce Sadská [5].....	9
Obrázek 2: Celkový pohled na Sadskou [2].....	10
Obrázek 3: Muzeum 1927 [2]	11
Obrázek 4: Interiér Muzea.....	12
Obrázek 5: FARO Focus M 70 [10].....	16
Obrázek 6: Trimble S3[12]	17
Obrázek 7: Ukázka rozhraní Trimble RealWorks [13]	19
Obrázek 8: Ukázka z funkce Publish	20
Obrázek 9: Ukázka z funkce Publish	20
Obrázek 10: Ukázka grafického rozhraní Groma.....	22
Obrázek 11: Ukázka grafického rozhraní Microstation V8i	23
Obrázek 12: Ukázka parametrů skenu	25
Obrázek 13: Ukázka displeje po naskenování.....	26
Obrázek 14: Stanoviska 1NP.....	27
Obrázek 15: Stanoviska 2NP.....	27
Obrázek 16: Stanoviska 3NP.....	28
Obrázek 17: Stanoviska půda	28
Obrázek 18: Měření skenerem	29
Obrázek 19: Ukázka skenu.....	29
Obrázek 20: Měření skenerem	30
Obrázek 21: Ukázka skenu.....	30
Obrázek 22: Stanoviska totální stanice	31
Obrázek 23: Měření totální stanicí	32
Obrázek 24: Ukázka naimportovaných dat	34
Obrázek 25: Ukázka nastavení funkce Create Sampled Scans	34
Obrázek 26: Ukázka vytvořeného mračna	35
Obrázek 27: Registrovaná fasáda	37
Obrázek 28: Registrované 1NP	37
Obrázek 29: Registrované 2NP	38
Obrázek 30: Registrované 3NP	38
Obrázek 31: Registrovaná půda	38
Obrázek 32: Ruční registrace – určování bodů	39



Obrázek 33: Ruční registrace	40
Obrázek 34: Funkce Segmentation	40
Obrázek 35: Celé naskenované mračno před očištěním.....	41
Obrázek 36: Očištěné mračno	41
Obrázek 37: Grafická část Cutting Plane	42
Obrázek 38: Funkce Cutting Plane.....	43
Obrázek 39: Export řezů	43
Obrázek 40: Funkce Ortho-projection.....	44
Obrázek 41: Nastavení pixelu	45
Obrázek 42: Vytvořené ortofoto	45
Obrázek 43: Ukázka vrstev	46
Obrázek 44: Tvorba výkresu	47
Obrázek 45: Tvorba výkresu	47
Obrázek 46: Zpracování zápisníku.....	48
Obrázek 47: Tvorba výkresu	49



Seznam tabulek

Tabulka 1: Technické parametry [11]	18
Tabulka 2: Přehled z měření.....	26
Tabulka 3: Celkové směrodatné odchylky jednotlivých registrací	36
Tabulka 4: Výpočet nákladů na zakázku.....	51



Seznam příloh

- Příloha 1: Náčrty z laserového skenování
- Příloha 2: Náčrty klasické geodetické metody
- Příloha 3: Protokoly registrace – Trimble RealWorks
- Příloha 4: Zápisník měření – klasická geodetická metoda
- Příloha 5: Protokol o výpočtu – klasická geodetická metoda
- Příloha 6: Výkres půdorysu 1NP – laserové skenování
- Příloha 7: Výkres půdorysu 2NP – laserové skenování
- Příloha 8: Výkres půdorysu 3NP – laserové skenování
- Příloha 9: Výkres půdorysu půdy – laserové skenování
- Příloha 10: Výkres pohledy – laserové skenování
- Příloha 11: Výkres svislý řez A-A – laserové skenování
- Příloha 12: Výkres svislý řez B-B – laserové skenování
- Příloha 13: Výkres půdorysu 2NP – klasická geodetická metoda

Elektronické přílohy

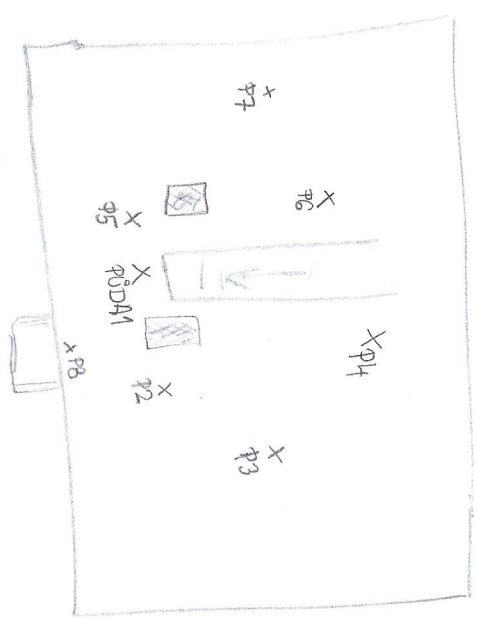
- Výkres půdorysu 1NP – laserové skenování
- Výkres půdorysu 2NP – laserové skenování
- Výkres půdorysu 3NP – laserové skenování
- Výkres půdorysu půdy – laserové skenování
- Výkres pohledy – laserové skenování
- Výkres svislý řez A-A – laserové skenování
- Výkres svislý řez B-B – laserové skenování
- Výkres půdorysu 2NP – klasická geodetická metoda

Příloha 1

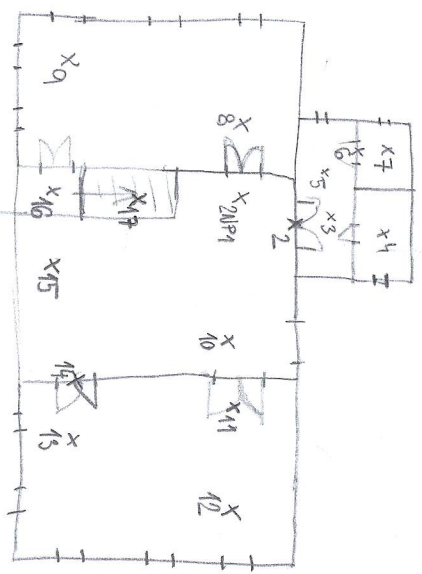
Náčrty z laserového skenování

2000A

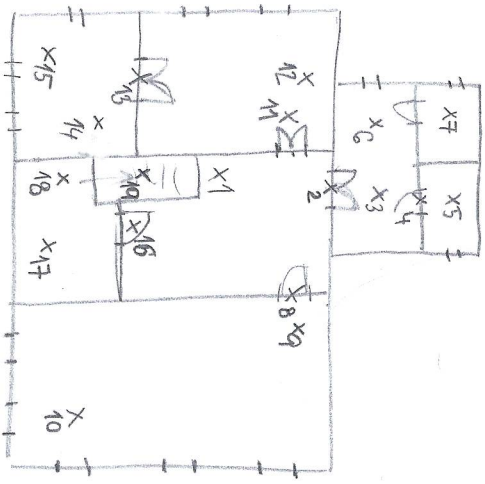
NAHĚSTI!



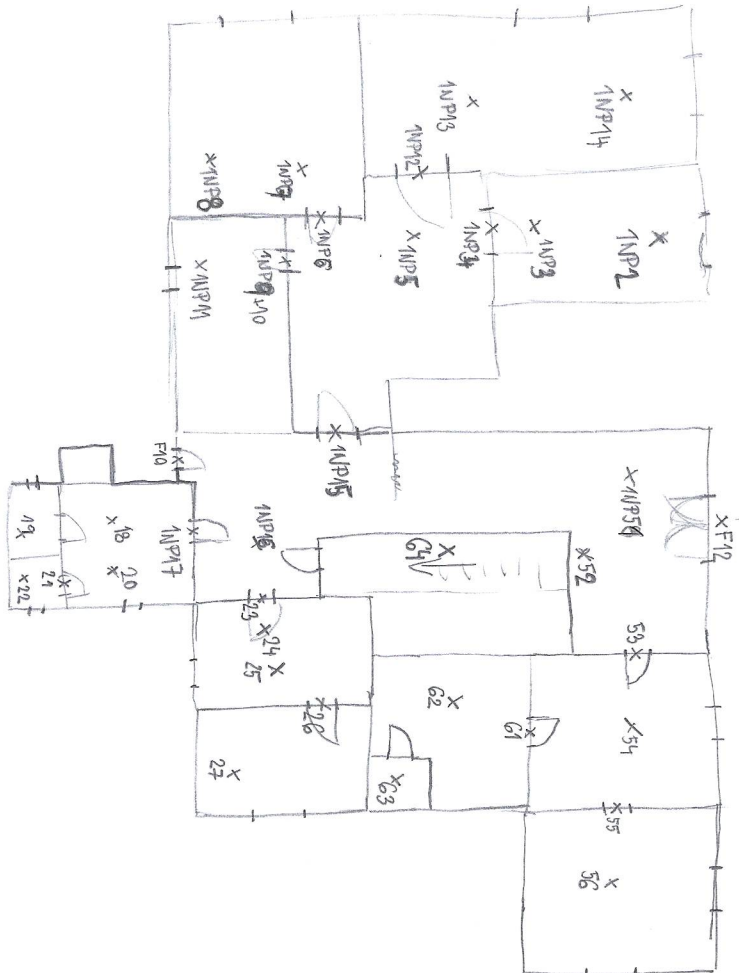
2. ÚVOD ZEMĚNÍ!
2000A/21



3. ÚVOD ZEMĚNÍ!
2000A/21

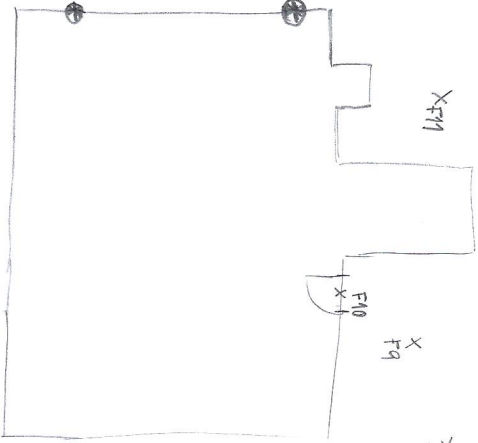


1. NADZEMNI,
PODLAŽI



NADZEMNI

KOSTELNI
K PASADU



X F6

X F7

X F8

X F9

X F10

X F11

X F3

X F2
PALAZEHO
NADZEMNI

X F5

X F4

Příloha 2

Náčrt klasické geodetické metody

Příloha 3

Protokoly registrace – Trimble RealWorks

Ukázka: protokolu o registraci celého objektu

(Všechny protokoly na přiloženém CD)

Registration Report (using TZF Scans)

User Name: Ladka

Date: Fri Jan 25 05:05:21 2019

Project Name: 606_2018_Project_Muzeum2

Length Measurement Units: Millimeters

Coordinate System: X, Y, Z

Overall Cloud-to-Cloud Error: 17.08 mm

1Np002 - 91 Station(s) with Points in Common -

Object Name	Cloud-to-Cloud Error	Coincident Points (%)	Confidence (%)
1Np003	1.11 mm	66%	52%
1Np004	1.32 mm	56%	100%
1Np005	1.63 mm	37%	63%
1Np006	11.67 mm	7%	2%
1Np007	19.92 mm	5%	1%
1Np008	53.26 mm	2%	0%
1Np009	3.06 mm	28%	65%
1Np010	2.76 mm	28%	66%
1Np011	3.32 mm	23%	100%
1Np012	21.44 mm	10%	12%
1Np013	19.01 mm	7%	100%
1Np014	53.47 mm	6%	30%
1Np015	2.82 mm	7%	20%
1Np016	35.34 mm	2%	1%
1Np017	66.39 mm	2%	4%
1Np018	63.51 mm	1%	7%
1Np019	82.09 mm	3%	15%
1Np020	89.59 mm	2%	12%
1Np021	49.59 mm	1%	6%
1Np022	51.81 mm	0%	2%
1Np023	8.45 mm	2%	0%
1Np024	9.22 mm	1%	11%
1Np025	67.46 mm	0%	2%
1Np026	60.59 mm	1%	3%
1Np027	50.67 mm	1%	3%
1np051	21.19 mm	2%	100%
1np052	17.44 mm	5%	100%
1np053	98.52 mm	4%	18%
1np054	59.21 mm	4%	19%
1np055	61.46 mm	2%	10%
1np056	63.78 mm	2%	10%
1np061	53.52 mm	1%	6%
1np062	62.70 mm	1%	5%
1np063	79.81 mm	2%	11%
1np064	14.06 mm	3%	100%
2np001	69.72 mm	1%	3%
2np002	54.28 mm	1%	4%
2np003	53.84 mm	1%	3%
2np004	72.05 mm	0%	1%
2np005	51.00 mm	0%	1%
2np006	86.29 mm	1%	4%
2np007	82.57 mm	0%	2%
2np008	54.48 mm	1%	3%
2np009	56.30 mm	1%	4%
2np010	51.78 mm	1%	5%
2np011	48.39 mm	1%	6%
2np012	70.20 mm	2%	9%
2np013	52.82 mm	2%	9%
2np014	52.00 mm	1%	7%
2np015	47.55 mm	2%	12%
2np016	19.67 mm	4%	100%
2np017	16.45 mm	1%	100%
3np001	39.85 mm	0%	1%
3np002	52.98 mm	0%	1%
3np003	49.31 mm	0%	2%

3np004	44.04 mm	0%	1%
3np005	44.75 mm	1%	3%
3np006	109.52 mm	1%	5%
3np007	76.15 mm	0%	1%
3np008	57.65 mm	0%	1%
3np009	32.35 mm	2%	9%
3np010	70.53 mm	0%	1%
3np011	58.81 mm	0%	1%
3np012	56.34 mm	0%	2%
3np013	66.30 mm	1%	4%
3np014	70.22 mm	0%	1%
3np015	50.03 mm	0%	1%
3np016	43.04 mm	0%	2%
3np017	14.20 mm	2%	100%
3np018	58.95 mm	1%	3%
3np019	40.42 mm	1%	3%
fasada001	38.46 mm	0%	2%
fasada002	7.81 mm	8%	89%
fasada003	10.24 mm	3%	57%
fasada004	65.09 mm	0%	1%
fasada005	10.46 mm	3%	41%
fasada006	11.96 mm	2%	100%
fasada007	15.01 mm	1%	100%
fasada008	54.85 mm	0%	0%
fasada009	64.91 mm	1%	3%
fasada010	22.80 mm	2%	100%
fasada011	71.21 mm	1%	4%
fasada012	7.42 mm	8%	100%
puda001	54.84 mm	0%	2%
puda002	98.33 mm	0%	2%
puda003	42.84 mm	0%	1%
puda004	61.43 mm	0%	2%
puda005	50.46 mm	0%	1%
puda006	44.30 mm	0%	1%
puda007	63.34 mm	0%	2%
puda008	70.45 mm	1%	3%

1Np003 - 90 Station(s) with Points in Common -

Object Name	Cloud-to-Cloud Error	Coincident Points (%)	Confidence (%)
1Np002	1.11 mm	66%	52%
1Np004	1.00 mm	69%	85%
1Np005	1.13 mm	41%	76%
1Np006	2.87 mm	16%	100%
1Np007	6.52 mm	7%	9%
1Np008	56.04 mm	3%	16%
1Np009	2.67 mm	28%	62%
1Np010	2.39 mm	28%	64%
1Np011	4.15 mm	21%	20%
1Np012	5.17 mm	11%	100%
1Np013	12.67 mm	8%	100%
1Np014	68.07 mm	4%	22%
1Np015	2.16 mm	10%	7%
1Np016	16.47 mm	3%	95%
1Np017	77.26 mm	2%	9%
1Np018	67.05 mm	1%	6%
1Np019	82.84 mm	2%	12%
1Np020	82.43 mm	2%	12%
1Np021	48.52 mm	1%	6%
1Np022	40.05 mm	1%	3%
1Np023	3.55 mm	2%	100%
1Np024	5.19 mm	1%	100%
1Np025	56.56 mm	1%	3%
1Np026	46.98 mm	1%	4%
1Np027	59.96 mm	0%	2%
1np051	49.59 mm	1%	7%
1np052	69.00 mm	2%	11%
1np053	87.59 mm	3%	17%
1np054	93.59 mm	3%	16%
1np055	66.85 mm	2%	8%
1np056	85.25 mm	2%	10%
1np061	58.33 mm	2%	12%
1np062	60.77 mm	1%	6%
1np063	60.32 mm	6%	32%
1np064	33.86 mm	2%	12%
2np001	65.98 mm	1%	3%
2np002	56.38 mm	1%	3%
2np003	63.93 mm	0%	2%
2np004	40.43 mm	0%	1%
2np005	60.48 mm	0%	1%
2np006	77.50 mm	1%	4%
2np007	61.33 mm	0%	2%
2np008	66.13 mm	0%	1%
2np009	64.78 mm	1%	3%
2np010	56.59 mm	1%	4%
2np011	44.31 mm	1%	6%
2np012	69.89 mm	2%	8%
2np013	50.37 mm	2%	8%
2np014	53.42 mm	1%	7%
2np015	54.91 mm	2%	11%
2np016	60.60 mm	3%	13%
2np017	46.39 mm	1%	4%
3np001	50.62 mm	0%	2%
3np002	58.09 mm	0%	1%
3np003	48.54 mm	0%	1%

Příloha 4

Zápisník měření – klasická geodetická metoda

Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Popis
4001					0.00	
4002	0.0000	100.1855	7.53	-0.03	0.00	
4004	99.1005	101.6641	6.43	-0.17	0.00	
4005	151.1133	100.2218	4.33	-0.02	0.00	
4003	298.7082	99.9005	5.09	0.00	0.00	
1	231.7697	65.3345	2.31	1.40	0.00	
2	235.6399	77.9408	2.19	0.79	0.00	
3	243.7020	38.7103	1.83	2.64	0.00	
4	250.2477	44.4900	1.57	1.87	0.00	
5	310.9086	34.2702	1.08	1.80	0.00	
6	393.8553	83.0208	8.57	2.34	0.00	
7	1.2912	84.7066	8.51	2.08	0.00	
8	2.2012	94.7280	8.92	0.74	0.00	
9	2.7247	93.3223	9.13	0.96	0.00	
10	36.4922	43.9611	1.54	1.86	0.00	
11	46.8955	47.3460	1.73	1.88	0.00	
12	93.6360	55.8228	2.36	1.97	0.00	
13	122.9129	56.9471	2.47	1.98	0.00	
14	135.3831	63.5070	2.71	1.75	0.00	
15	137.4772	62.2179	2.59	1.75	0.00	
16	158.1201	51.3283	1.79	1.72	0.00	
17	156.7962	81.2724	6.16	1.87	0.00	
18	154.9631	79.5615	5.55	1.85	0.00	
19	199.3034	55.8782	1.44	1.20	0.00	
20	200.5834	79.4503	1.86	0.62	0.00	
21	202.0823	69.9219	2.03	1.04	0.00	
22	152.1278	75.3027	4.90	2.00	0.00	
23	108.4112	9.5273	0.46	3.05	0.00	
24	199.1031	32.5251	1.44	2.57	0.00	
25	221.5915	32.5288	1.52	2.71	0.00	
26	280.6546	80.0705	4.55	1.47	0.00	
27	275.4408	80.2320	4.59	1.47	0.00	
28	271.6978	57.0385	3.23	2.58	0.00	
29	276.0853	60.8755	3.90	2.75	0.00	
30	288.8013	88.8873	7.52	1.33	0.00	
31	290.3227	90.1837	8.31	1.29	0.00	
32	297.8157	80.7039	8.20	2.56	0.00	
33	298.4000	81.3948	8.57	2.58	0.00	
4004					0.00	
4001	0.0000	98.2416	6.43	0.17	0.00	
4003	399.8250	99.0155	11.52	0.18	0.00	
4	390.9016	83.4277	7.64	2.03	0.00	
31	395.0537	93.3544	14.70	1.54	0.00	
34	374.6633	80.0549	3.87	1.26	0.00	
35	379.8953	61.8600	3.73	2.55	0.00	
36	392.8574	58.3198	3.54	2.71	0.00	
37	7.1290	60.4999	3.49	2.49	0.00	
38	5.0274	63.3926	3.89	2.52	0.00	
39	383.9302	64.4687	4.08	2.55	0.00	
40	394.7574	62.1406	3.93	2.66	0.00	
41	15.3664	76.3724	3.55	1.38	0.00	
42	16.6923	74.5427	3.31	1.40	0.00	
43	51.8764	81.9599	4.50	1.31	0.00	
44	58.0827	85.3875	5.35	1.25	0.00	
45	60.7679	84.6959	5.16	1.26	0.00	
46	72.4735	89.2183	7.54	1.29	0.00	
47	74.0223	91.1970	8.83	1.23	0.00	
48	76.7450	90.9873	8.67	1.24	0.00	
49	77.5550	95.1877	8.95	0.68	0.00	
50	81.0081	80.6289	8.78	2.76	0.00	
51	85.9239	79.1075	8.59	2.92	0.00	
52	86.3976	80.2223	8.93	2.87	0.00	
53	82.4674	81.3153	9.08	2.74	0.00	
54	82.8320	82.6347	9.06	2.54	0.00	
55	90.6685	82.3188	8.81	2.51	0.00	
56	90.9381	80.7933	8.80	2.74	0.00	
57	91.2126	79.9328	8.44	2.75	0.00	
58	107.9168	79.7971	8.35	2.74	0.00	
59	113.0274	78.7246	8.43	2.93	0.00	
60	118.4673	80.1917	8.58	2.76	0.00	
61	108.7877	84.8368	8.71	2.11	0.00	
62	116.8835	85.0414	8.87	2.12	0.00	
63	124.4870	85.0028	8.84	2.12	0.00	
64	126.9184	83.8214	7.99	2.08	0.00	
65	132.0731	84.2563	6.68	1.69	0.00	
66	144.3123	66.1093	4.86	2.86	0.00	

Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Popis
67	156.0833	61.3028	3.96	2.76	0.00	
68	148.9896	62.8630	4.44	2.93	0.00	
69	148.0058	68.1136	5.11	2.80	0.00	
70	152.6306	64.9710	4.70	2.88	0.00	
71	186.4003	53.1523	3.04	2.75	0.00	
72	218.0213	52.6676	3.01	2.77	0.00	
73	234.2307	67.3321	3.33	1.88	0.00	
74	104.6816	41.0637	2.43	3.23	0.00	
75	397.8484	96.2082	3.04	0.18	0.00	
76	75.1604	98.8159	7.26	0.14	0.00	
77	81.1438	98.9887	8.70	0.14	0.00	
78	123.9306	98.8648	8.74	0.16	0.00	
4003					0.00	
4001	0.0000	99.9881	5.09	-0.00	0.00	
4004	0.2466	100.9636	11.52	-0.18	0.00	
28	35.2979	49.2506	2.52	2.58	0.00	
79	24.9754	59.1131	3.54	2.65	0.00	
80	20.3360	62.6133	3.47	2.31	0.00	
81	5.5351	60.8410	3.36	2.37	0.00	
82	393.7073	62.2980	3.41	2.29	0.00	
83	395.7713	66.0095	3.86	2.28	0.00	
84	18.1686	66.3206	3.93	2.30	0.00	
85	363.0813	67.4875	4.17	2.34	0.00	
86	361.0349	66.7601	4.02	2.31	0.00	
87	340.5576	83.3778	5.73	1.53	0.00	
88	331.4776	86.9255	7.89	1.64	0.00	
89	330.3504	84.3695	9.22	2.31	0.00	
90	327.5307	83.8074	9.11	2.37	0.00	
91	329.3914	81.7548	8.47	2.50	0.00	
92	326.7012	87.5980	9.39	1.85	0.00	
93	323.8745	82.7306	9.24	2.57	0.00	
94	314.2305	81.9619	8.88	2.59	0.00	
95	297.6701	82.0190	8.75	2.54	0.00	
96	287.4485	82.4446	8.96	2.53	0.00	
97	281.7111	86.5455	9.19	1.97	0.00	
98	279.1887	80.9681	8.29	2.56	0.00	
99	274.6921	80.8445	7.10	2.20	0.00	
100	263.6428	70.5034	5.29	2.64	0.00	
101	252.8762	65.7187	4.34	2.59	0.00	
102	223.9371	57.4688	3.27	2.58	0.00	
103	139.6451	33.5186	1.48	2.55	0.00	
104	160.4464	52.3767	2.74	2.54	0.00	
105	149.7329	44.9719	2.28	2.67	0.00	
106	43.4404	51.1077	2.65	2.56	0.00	
107	54.0791	43.3866	2.20	2.71	0.00	
4006	311.2296	100.1135	7.46	-0.01	0.00	
108	311.2241	14.3261	0.67	2.94	0.00	
4005					0.00	
4001	0.0000	99.6292	4.33	0.02	0.00	
109	3.5770	44.4509	1.09	1.30	0.00	
110	91.0988	41.8735	1.02	1.32	0.00	
111	113.5145	17.4485	0.74	2.64	0.00	
112	135.3115	15.0589	0.65	2.68	0.00	
113	162.4680	15.1531	0.64	2.64	0.00	
114	191.0466	20.6557	0.78	2.32	0.00	
115	281.4521	16.3967	0.54	2.03	0.00	
17	218.7256	50.1814	1.89	1.88	0.00	
116	227.0499	37.9632	1.78	2.62	0.00	
117	232.4390	43.4462	2.28	2.81	0.00	
118	246.5407	41.4686	2.21	2.90	0.00	
119	260.7381	43.2603	2.24	2.78	0.00	
120	265.4318	46.7780	1.54	1.71	0.00	
121	275.1211	48.0355	1.61	1.71	0.00	
122	237.1307	3.2391	0.15	2.91	0.00	
123	214.7358	26.7777	0.77	1.72	0.00	
124	275.9397	24.9826	0.71	1.71	0.00	
125	329.1641	40.3455	1.48	2.01	0.00	
126	335.2427	50.5012	2.05	2.02	0.00	
127	330.1588	57.5423	2.15	1.70	0.00	
128	346.2699	44.6123	2.23	2.64	0.00	
129	354.2604	44.0174	2.24	2.70	0.00	
130	361.5142	45.3105	2.27	2.63	0.00	
131	336.3584	45.3918	2.28	2.63	0.00	
132	372.2594	57.8184	2.35	1.84	0.00	
133	373.8537	47.9019	2.25	2.40	0.00	
134	389.5256	52.1107	2.51	2.35	0.00	

Číslo	Hz	Z	Vod.délka	dH	Signál	Popis
135	1.5152	43.5348	2.03	2.49	0.00	
136	384.1627	35.6732	1.61	2.56	0.00	
137	347.2296	48.5168	2.51	2.63	0.00	
138	354.4205	47.8263	2.52	2.69	0.00	
139	359.7693	48.8197	2.54	2.64	0.00	
140	123.7278	22.6505	0.98	2.63	0.00	
141	157.7313	21.0342	0.90	2.63	0.00	
142	242.4590	94.0078	1.25	0.12	0.00	
143	329.2419	98.3119	2.05	0.05	0.00	
4002					0.00	
4001	0.0000	99.7147	7.53	0.03	0.00	
4006	95.6469	99.6615	3.94	0.02	0.00	
98	101.3079	79.8648	7.91	2.59	0.00	
144	65.9055	28.8228	1.00	2.06	0.00	
145	136.4493	29.8196	0.99	1.96	0.00	
6	155.9238	31.9961	1.30	2.36	0.00	
146	211.1410	23.1699	0.99	2.59	0.00	
147	244.3158	27.0231	1.26	2.79	0.00	
148	266.0127	39.5402	1.87	2.61	0.00	
149	278.3281	51.6767	2.78	2.64	0.00	
150	286.9210	57.1907	2.67	2.12	0.00	
151	313.7631	56.8954	2.63	2.12	0.00	
152	335.3373	43.9192	1.57	1.90	0.00	
153	343.5496	37.7439	1.30	1.93	0.00	
154	253.2185	77.0179	2.04	0.77	0.00	
8	214.0180	68.5618	1.42	0.76	0.00	
9	215.3394	65.6498	1.64	0.98	0.00	
155	247.3912	72.3665	2.13	0.99	0.00	

Příloha 5

Ukázka: Prokol o výpočtu – klasická geodetická metoda

(Celý protokol o výpočtu na přiloženém CD)

REDUKCE ŠIKMÝCH DÉLEK NA VODOROVNĚ

 Stanovisko Bod Z dH Šikmá D Vod. D

VÝPOČET OPRAVENÝCH SMĚRŮ Z MĚŘENÍ V I. A II. POLOZE

?: Podezřelé měření:
 oprava kolimační chyby > 0.0100g,
 oprava indexové chyby > 0.0200g,
 oprava délky > 0.100m

x: Chybné měření:
 oprava kolimační chyby > 0.0500g,
 oprava indexové chyby > 0.0500g,
 oprava délky > 0.200m

Stanovisko: 4001

Cíl	Hz I Kol	Hz II V Kol	Z I Index	Z II V Index	D I V D	D II	Hz	Z	Délka
4002	0.0000 -0.0084	199.9833 -0.0084	111.9782 0.0006	288.0205 -0.0110	7.525 0.000	7.526	399.9917	111.9788	7.525
4004	99.0971 -0.0050	299.0871 -0.0050	115.3386 0.0008	284.6598 -0.0108	6.426 -0.000	6.426	99.0921	115.3394	6.426
4005	151.1080 -0.0031	351.1019 -0.0031	120.2667 -0.0006	279.7346 -0.0122	4.327 0.000	4.327	151.1050	120.2661	4.327
4003	298.7014 -0.0016	98.6983 -0.0016	117.1172 -0.0023	282.8874 -0.0139	5.092 0.001	5.093	298.6999	117.1149	5.093

Stanovisko: 4004

Cíl	Hz I Kol	Hz II V Kol	Z I Index	Z II V Index	D I V D	D II	Hz	Z	Délka
4001	299.1038 0.0034	99.1106 0.0034	111.8745 -0.0011	288.1278 -0.0127	6.424 0.001	6.426	299.1072	111.8733	6.425
4003	298.9321 0.0001	98.9323 0.0001	106.6723 0.0009	293.3258 -0.0107	11.519 -0.000	11.518	298.9322	106.6733	11.518

Stanovisko: 4003

Cíl	Hz I Kol	Hz II V Kol	Z I Index	Z II V Index	D I V D	D II	Hz	Z	Délka
4001	98.6866 0.0052	298.6970 0.0052	116.9055 -0.0005	283.0954 -0.0121	5.090 -0.000	5.089	98.6918	116.9051	5.089
4004	98.9375 0.0009	298.9392 0.0009	108.5717 -0.0044	291.4372 -0.0160	11.517 -0.000	11.517	98.9383	108.5673	11.517
4006	9.9148 0.0067	209.9281 0.0067	111.8047 -0.0015	288.1983 -0.0131	7.455 0.000	7.456	9.9214	111.8032	7.455

Stanovisko: 4005

Cíl	Hz I Kol	Hz II V Kol	Z I Index	Z II V Index	D I V D	D II	Hz	Z	Délka
4001	351.1186 -0.0005	151.1176 -0.0005	119.5167 0.0015	280.4802 -0.0101	4.328 -0.001	4.326	351.1181	119.5183	4.327

Stanovisko: 4002

Cíl	Hz I Kol	Hz II V Kol	Z I Index	Z II V Index	D I V D	D II	Hz	Z	Délka
4001	200.0252 0.0036	0.0323 0.0036	110.8568 0.0000	289.1432 -0.0116	7.527 0.000	7.528	200.0288	110.8568	7.527
4006	295.6673 0.0084	95.6840 0.0084	120.3990 0.0018	279.5975 -0.0098	3.944 0.000	3.944	295.6757	120.4008	3.944

STATISTIKA:

Vodorovné směry:

Počet vyhovujících směrů : 12
 Počet podezřelých směrů : 0
 Počet chybných směrů : 0
 Odhad kolimační chyby : 0.0008g
 Nastavená kolimační chyba : 0.0000g
 Oprava kolimační chyby : 0.0008g

Zenitové úhly:

Počet vyhovujících zenitových úhlů : 12
 Počet podezřelých zenitových úhlů : 0
 Počet chybných zenitových úhlů : 0
 Odhad indexové chyby : -0.0004g
 Nastavená indexová chyba : 0.0116g
 Oprava indexové chyby : -0.0120g

Délky:

Počet opravených délek : 12

Počet podezřelých délek : 0
 Počet chybných délek : 0

REDUKCE VODOROVNÝCH SMĚRŮ

Stanovisko : 4001

Počáteční směr: 399.9917g

	Cíl	Hz měř.	Hz red.
4002	399.9917		0.0000
4004	99.0921		99.1005
4005	151.1050		151.1133
4003	298.6999		298.7082
1	231.7613		231.7697
2	235.6315		235.6399
3	243.6936		243.7020
4	250.2393		250.2477
5	310.9002		310.9086
6	393.8469		393.8553
7	1.2828		1.2912
8	2.1928		2.2012
9	2.7163		2.7247
10	36.4838		36.4922
11	46.8871		46.8955
12	93.6276		93.6360
13	122.9045		122.9129
14	135.3747		135.3831
15	137.4688		137.4772
16	158.1117		158.1201
17	156.7878		156.7962
18	154.9547		154.9631
19	199.2950		199.3034
20	200.5750		200.5834
21	202.0739		202.0823
22	152.1194		152.1278
23	108.4028		108.4112
24	199.0947		199.1031
25	221.5831		221.5915
26	280.6462		280.6546
27	275.4324		275.4408
28	271.6894		271.6978
29	276.0769		276.0853
30	288.7929		288.8013
31	290.3143		290.3227
32	297.8073		297.8157
33	298.3916		298.4000

Stanovisko : 4004

Počáteční směr: 299.1072g

	Cíl	Hz měř.	Hz red.
4001	299.1072		0.0000
4003	298.9322		399.8250
4	290.0088		390.9016
31	294.1609		395.0537
34	273.7705		374.6633
35	279.0025		379.8953
36	291.9646		392.8574
37	306.2362		7.1290
38	304.1346		5.0274
39	283.0374		383.9302
40	293.8646		394.7574
41	314.4736		15.3664
42	315.7995		16.6923
43	350.9836		51.8764
44	357.1899		58.0827
45	359.8751		60.7679
46	371.5807		72.4735
47	373.1295		74.0223
48	375.8522		76.7450
49	376.6622		77.5550
50	380.1153		81.0081
51	385.0311		85.9239
52	385.5048		86.3976
53	381.5746		82.4674
54	381.9392		82.8320
55	389.7757		90.6685
56	390.0453		90.9381
57	390.3198		91.2126
58	7.0240		107.9168
59	12.1346		113.0274
60	17.5745		118.4673
61	7.8949		108.7877
62	15.9907		116.8835
63	23.5942		124.4870
64	26.0256		126.9184
65	31.1803		132.0731
66	43.4195		144.3123
67	55.1905		156.0833
68	48.0968		148.9896
69	47.1130		148.0058
70	51.7378		152.6306
71	85.5075		186.4003
72	117.1285		218.0213
73	133.3379		234.2307
74	3.7888		104.6816
75	296.9556		397.8484
76	374.2676		75.1604
77	380.2510		81.1438
78	23.0378		123.9306

Stanovisko : 4003

Počáteční směr: 98.6918g

	Cíl	Hz měř.	Hz red.
4001	98.6918		0.0000
4004	98.9383		0.2466
28	133.9897		35.2979
79	123.6672		24.9754
80	119.0278		20.3360
81	104.2269		5.5351
82	92.3991		393.7073
83	94.4631		395.7713
84	116.8604		18.1686

85	61.7731	363.0813
86	59.7267	361.0349
87	39.2494	340.5576
88	30.1694	331.4776
89	29.0422	330.3504
90	26.2225	327.5307
91	28.0832	329.3914
92	25.3930	326.7012
93	22.5663	323.8745
94	12.9223	314.2305
95	396.3619	297.6701
96	386.1403	287.4485
97	380.4029	281.7111
98	377.8805	279.1887
99	373.3839	274.6921
100	362.3346	263.6428
101	351.5680	252.8762
102	322.6289	223.9371
103	238.3369	139.6451
104	259.1382	160.4464
105	248.4247	149.7329
106	142.1322	43.4404
107	152.7709	54.0791
4006	9.9214	311.2296
108	9.9159	311.2241

Stanovisko : 4005

Počáteční směr: 351.1181g

Cíl	Hz měř.	Hz red.
4001	351.1181	0.0000
109	354.6951	3.5770
110	42.2169	91.0988
111	64.6326	113.5145
112	86.4296	135.3115
113	113.5861	162.4680
114	142.1647	191.0466
115	232.5702	281.4521
17	169.8437	218.7256
116	178.1680	227.0499
117	183.5571	232.4390
118	197.6588	246.5407
119	211.8562	260.7381
120	216.5499	265.4318
121	226.2392	275.1211
122	188.2488	237.1307
123	165.8539	214.7358
124	227.0578	275.9397
125	280.2822	329.1641
126	286.3608	335.2427
127	281.2769	330.1588
128	297.3880	346.2699
129	305.3785	354.2604
130	312.6323	361.5142
131	287.4765	336.3584
132	323.3775	372.2594
133	324.9718	373.8537
134	340.6437	389.5256
135	352.6333	1.5152
136	335.2808	384.1627
137	298.3477	347.2296
138	305.5386	354.4205
139	310.8874	359.7693
140	74.8459	123.7278
141	108.8494	157.7313
142	193.5771	242.4590
143	280.3600	329.2419

Stanovisko : 4002

Počáteční směr: 200.0288g

Cíl	Hz měř.	Hz red.
4001	200.0288	0.0000
4006	295.6757	95.6469
98	301.3367	101.3079
144	265.9343	65.9055
145	336.4781	136.4493
6	355.9526	155.9238
146	11.1698	211.1410
147	44.3446	244.3158
148	66.0415	266.0127
149	78.3569	278.3281
150	86.9498	286.9210
151	113.7919	313.7631
152	135.3661	335.3373
153	143.5784	343.5496
154	53.2473	253.2185
8	14.0468	214.0180
9	15.3682	215.3394
155	47.4200	247.3912

OPRAVA INDEXOVÉ CHYBY

Opravený soubor : U:\606 2018\TS S3\606_2018_190418.mes

Nastavený teodolit: Neznámý teodolit

Indexová chyba : 0.0116g

VÝPOČET PŘEVÝŠENÍ

Vypočteno položek: 175

Vynecháno položek: 0

ZPRACOVÁNÍ OPAKOVANÝCH MĚŘENÍ

?: Podezřelé měření:

oprava vodorovného směru > 0.0100g,
oprava indexového úhlu > 0.0200g,
oprava délky a převýšení > 0.100m

x: Chybné měření:

oprava vodorovného směru > 0.0500g,
oprava indexového úhlu > 0.0500g,
oprava délky a převýšení > 0.200m

STATISTIKA:

=====

Vodorovné směry:

 Počet vyhovujících směrů : 0
 Počet podezřelých směrů : 0
 Počet chybných směrů : 0

Zenitové úhly:

 Počet vyhovujících zenitových úhlů : 0
 Počet podezřelých zenitových úhlů : 0
 Počet chybných zenitových úhlů : 0

Délky:

 Počet opravených délek : 0
 Počet podezřelých délek : 0
 Počet chybných délek : 0

ZPRACOVÁNÍ OBOUSMĚRNĚ MĚŘENÝCH DÉLEK

=====

Bod A	Bod B	D Tam	D Zpět	Rozdíl	D	dH Tam	dH Zpět	Rozdíl	dH
4001	4002	7.525	7.527	-0.002	7.526	-0.022	0.034	-0.012	-0.028
4001	4004	6.426	6.425	0.000	6.426	-0.168	0.178	-0.010	-0.173
4001	4005	4.327	4.327	0.000	4.327	-0.015	0.025	-0.010	-0.020
4001	4003	5.093	5.089	0.003	5.091	0.008	0.001	-0.009	0.004
4004	4003	11.518	11.517	0.001	11.518	0.178	-0.174	-0.004	0.176

[1] POLÁRNÍ METODA DÁVKOU

=====

Orientace osnovy na bodě 4001:

Bod	Y	X	Z
4001	1000.000	5000.000	100.000

Orientace:

Bod	Y	X	Z
4002	1007.526	5000.000	99.972

Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0 Red.
4002	0.0000	100.0000	0.0000	7.526	-0.000	-0.000	

Orientační posun : 100.0000g

Test polární metody:

Mezní odchylky stanovené pro práci v katastru nemovitostí byly dodrženy.

Podrobné body

Polární metoda

Bod	Hz	Z	dH	V cíle	Délka	Y	X	Z	Popis
4004	99.1005	101.6641	-0.173	0.000	6.426	1000.091	4993.575	99.827	
4005	151.1133	100.2218	-0.020	0.000	4.327	996.887	4996.994	99.980	
4003	298.7082	99.9005	0.004	0.000	5.091	999.897	5005.090	100.004	

Orientace osnovy na bodě 4004:

Bod	Y	X	Z
4004	1000.091	4993.575	99.827

Orientace:

Bod	Y	X	Z
4001	1000.000	5000.000	100.000
4003	999.897	5005.090	100.004

Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0 Red.
4001	0.0000	399.0984	0.0038	6.426	-0.000	0.000	0.0102
4003	399.8250	398.9276	0.0079	11.518	-0.001	0.001	0.0084

Orientační posun : 399.0946g

m0 = SQRT([vv]/(n-1)) : 0.0087g

SQRT([vv]/(n*(n-1))) : 0.0043g

Test polární metody:

Oprava orientace [g]: Skutečná hodnota: 0.0122, Mezní hodnota: 0.0800
 Mezní odchylky stanovené pro práci v katastru nemovitostí byly dodrženy.

Orientace osnovy na bodě 4003:

Bod	Y	X	Z
4003	999.897	5005.090	100.004

Orientace:

Bod	Y	X	Z
4001	1000.000	5000.000	100.000
4004	1000.091	4993.575	99.827

Bod	Hz	Směrník	V or.	Délka	V délky	V přev.	m0 Red.
4001	0.0000	198.7119	0.0157	5.091	0.000	-0.000	0.0105 *
4004	0.2466	198.9276	-0.0153	11.518	-0.001	-0.001	0.0114

Orientační posun : 198.6962g

m0 = SQRT([vv]/(n-1)) : 0.0155g

SQRT([vv]/(n*(n-1))) : 0.0089g