



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

MĚŘICKÁ DOKUMENTACE PAMÁTKOVÉHO OBJEKTU V AREÁLU HRADU VEVEŘÍ

METRIC SURVEY DOCUMENTATION OF HISTORIC BUILDING IN THE AREA OF VEVEŘÍ
CASTLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Velecká

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADOVAN MACHOTKA, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Kateřina Velecká
Název	Měřická dokumentace památkového objektu v areálu hradu Veveří
Vedoucí práce	doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Veselý J.: Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči.

Národní památkový ústav, Praha 2014

ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb - Kreslení výkresů stavební části

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Seznamte se s předpisy vztahujícími se k zaměřování památkových objektů a ke kreslení stavebních objektů. Zaměřte přidělenou část památkového objektu na hradě Veveří a zhotovte jeho výkresovou dokumentaci.

Doložte výkresovou dokumentaci a meziprodukty vzniklé při řešení zadání v míře a formě, která umožní posoudit geometrickou a polohovou správnost a kvalitu výsledků práce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se věnuje vyhotovení měřické dokumentace části památkového objektu v areálu hradu Veveří, konkrétně dvou budov nacházejících se na tzv. Příhrádku v podobě půdorysů a řezů v měřítku 1:50 a pohledů v měřítku 1:100. Práce obsahuje teoretickou část popisující metody zaměření památkových objektů, jejich výstupy a použité softwary. A dále praktickou část věnovanou samotnému měření a následnému zpracování vedoucí k vyhotovení grafických výstupů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hrad Veveří, 3D laserové skenování, skener FARO Focus 3D, bodová mračna, měřická dokumentace, Groma, Trimble Real Works, Microstation

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the production of metric survey documentation of part of historic building in the area of Veveří castle, namely two buildings located on the so-called "Příhrádek" in the form of a ground plan and section in the scale of 1:50 and elevations in the scale of 1:100. The thesis contains a theoretical part describing methods of surveying monuments, their outcomes and used software. And a practical part that deals with the measurement itself and the following procession leading to the production of graphical outcomes.

KEYWORDS

Castle Veveří, 3D laser scanning, scanner FARO Focus 3D, point clouds, metric survey documentation, Groma, Trimble Real Works, Microstation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Kateřina Velecká *Měřická dokumentace památkového objektu v areálu hradu Veveří*. Brno, 2021. 63 s., 28 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Měřická dokumentace památkového objektu v areálu hradu Veveří* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 20. 5. 2021

Bc. Kateřina Velecká
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Měřická dokumentace památkového objektu v areálu hradu Veveří* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2021

Bc. Kateřina Velecká
autor práce

Poděkování

Předně bych chtěla poděkovat svému vedoucími práce Ing. Radovanovi Machotkovi, Ph.D. za poskytnuté rady, ochotu a následné konzultace při tvorbě této práce a za zasvěcení do problematiky laserového skenování Ing. Tomášovi Volaříkovi, Ph.D. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi pomohli při měřických pracích a v neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu po celou dobu studia.

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	ZÁJMOVÁ LOKALITA.....	10
2.1	Státní hrad Veveří	10
2.2	Historie hradu Veveří.....	10
2.3	Příhrádek	12
3	TEORETICKÁ ČÁST.....	13
3.1	Metody pro stavební zaměření	13
3.1.1	Klasické geodetické metody	13
3.1.2	Laserové skenování.....	14
3.2	Výstupy	19
4	SOFTWARE.....	21
4.1	Groma.....	21
4.2	Trimble Real Works	22
4.3	MicroStation v8i.....	23
5	PRAKTICKÁ ČÁST	24
5.1	Použitá technologie zaměření	24
5.1.1	Totální stanice Trimble M3 DR2.....	24
5.1.2	Laserový skener Faro Focus 3D S120	26
5.2	Měřické práce.....	27
5.2.1	Přípravné práce	27
5.2.2	Geodetické zaměření.....	28
5.2.3	Laserové skenování.....	29
5.3	Zpracování dat.....	38
5.3.1	Zpracování dat měření	38
5.3.2	Zpracování dat z laserového skenování	39
5.3.3	Tvorba v softwaru MicroStationu v8i.....	53
5.3.4	Posouzení přesnosti.....	56
6	ZÁVĚR.....	57
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	58
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	60
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	61
9.1	Seznam obrázků	61
9.2	Seznam tabulek	62
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

1 ÚVOD

Předmětem této práce bylo zaměření a vyhotovení stavebních výkresů části památkového objektu v areálu hradu Veveří, konkrétně dvou budov nacházejících se na tzv. Příhrádku – zázemí Restaurátorských dílen, kotelny a budovy U Hyklů. Vyhotovené stavební výkresy budou sloužit jako podklad pro projektovou dokumentaci plánované rekonstrukce.

Pro měřické práce v terénu byla zvolena metoda sběru dat 3D laserového skenování s využitím klasického geodetického měření totální stanicí. Touto metodou bylo naskenováno 1. NP zájmových budov včetně fasády. Souřadnice vřícovacích bodů pro následnou transformaci mračna bodů do souřadnicového systému JTSK a výškového systému Bpv byly určeny v rámci klasického geodetického měření. Výsledkem těchto prací jsou kompletní data pro následné zpracování.

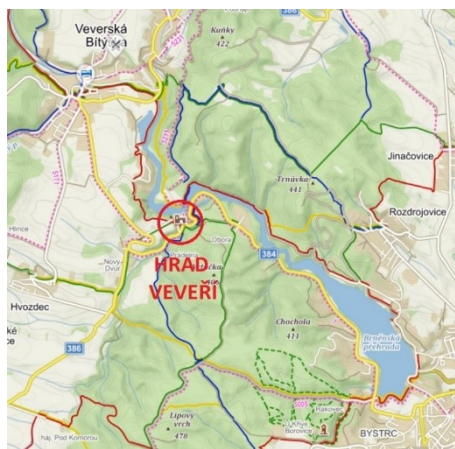
Diplomová práce je rozčleněna na část teoretickou a praktickou. Teoretická část pojednává o základních metodách zaměření památkových objektů, jejich výstupů a použitých softwarech.

Praktická část popisuje vlastní měření a následné zpracování ve vybraných softwarech. Výsledkem těchto prací jsou vyhotovené stavební výkresy dle ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části.

2 ZÁJMOVÁ LOKALITA

2.1 Státní hrad Veveří

Státní hrad Veveří se rozkládá na severozápadě katastrálního území Bystrc ve stejnojmenné části města Brna v Jihomoravském kraji. Hrad se tyčí na skalnatém ostrohu nad Vodní nádrží Brno, která je součástí řeky Svratky. Hrad Veveří je vzdálen přibližně 20 kilometrů severozápadně od centra Brna a 5 kilometrů jihovýchodním směrem od města Veverské Bítýšky. [1]



Obr. 2.1 – Hrad Veveří [2]

2.2 Historie hradu Veveří

Hrad Veveří, každý si asi řekne, od čeho ten název mohl vzniknout. Pravda je taková, že to nikdo neví, ale váží se k tomu dvě pověsti. První vypráví o mladém vévodovi Konrádovi z Brna, který v roce 1059 vyrazil i se svým psem na hon, během kterého zabloudil a pak usnul. Vzbudil ho jeho pes, který ulovil veverka a když se rozhlédl, uviděl další desítky veverek, jak před nimi utíkají na skálu. Šel za nimi a najednou za zatáčkou uviděl poustevníka před chalupou. Přenocovali u něj a ráno se spolu vydali na vysokou horu. Konrádovi se zde tak líbilo, že se rozhodl postavit tu hrad. Konrád se vydal zpátky do Brna za manželkou, ale zanedlouho poslal na kopec zedníky, kteří během 2 let postavili hrad a mladý vévoda jej pojmenoval po veverkách, které potkal. [5]

Druhá pověst se týká ukrytého pokladu na hradě, který sem údajně v roce 1306 měli schovat templáři. Poklad mělo tvořit dvanáct stříbrných soch apoštolů, které chtěl získat kníže Břetislav I. při tažení do Polska. Ale prozatím se je nikomu nepovedlo vypátrat. [5]

Historie hradu Veveří sahá do první poloviny 13. století, kdy měl tento prostor sloužit jako lovecký hrádek. Ale první písemná zmínka se uvádí z roku 1243, kdy zde vládl purkrabí Ctibor. Z té doby však nejsou žádné důkazy o tom, jak sídlo mohlo vypadat. Roku 1247 se vlastníkem stal Přemysl Otakar II., který hrad využíval k věznění a mučení svých odpůrců. V druhé polovině 13. století zde vznikla obvodová kamenná hradba se samostatně stojící věží s břitem, která měla sloužit jako hlavní obranná stavba. Věž dále sloužila jako hladomorna v přízemí. V té době byly postaveny dva úzké dlouhé paláce, které byly později zničeny. Z jednoho z nich se dochoval sklep, do kterého se dá dostat z průjezdu Anglického traktu. [3]

V letech 1335-1349 byl hrad rozšířen o věžovitý palác, který nechal přistavět k jižnímu paláci markrabě Karel. Další výrazné změny proběhly, když se vlastníkem stal jeho mladší bratr Jan Jindřich. Ten nechal postavit obytnou věž s podélným palácem, z kterého dnes můžeme najít pouze obvodové zdi. Nechal vybudovat další hradní palác s kaplí v severní části a purkrabství na přehradí, které se zde uchovalo dodnes. V druhé polovině 14. století bylo vybudováno předsunuté opevnění na nejvyšším místě předhradí a tvoří jej masivní obvodová hradba se čtyřmi věžemi. Tato část se nazývala jako tzv. bolverk (dnes také Příhrádek). Později byl tento prostor propojen obvodovou zděnou hradbou se samotným vlastním hradem a tento rozsah zůstal dodnes. [3]

Až do první poloviny 16. století patřil hrad českým králům, poté však poměrně rychle měnil majitele. V roce 1609 se stali vlastníky hradu Tiefenbachové, kteří nechali vybudovat ovčiny a další hospodářské budovy na předhradí, třípodlažní budovu s černou kuchyní v západní části a propojit jižní palác, břitovou věž a reprezentativní palác Jana Jindřicha. Dále nechali vystavět malý dvoupodlažní palác u hranolové věže na východním nádvoří, v jižním rohu vyrostla hlásná věž zvaná Prachárna. [4]

Od roku 1698 patřil hrad Veveří rodině Sinzendorfů, kteří se věnovali především zvelebování interiéru paláců, aby splňovaly jejich vysoké požadavky na konformní bydlení. V této době byly zbourány dva přemyslovské paláce a na místo nich vznikla terasa s altánem. [4]

V roce 1899 se majitelem hradu stal baron Mořic Arnold de Forest-Bischofsheim. Na jeho pozvání hrad třikrát navštívil Winston Churchill, tehdejší ministr obchodu, a strávil zde s manželkou část svatební cesty po Evropě. Roku 1925 prodal hrad i s celým panstvím Československému státu a hrad byl zpřístupněn veřejnosti. [4]

K veverskému panství patřili i okolní vesnice Bítýška, Žebětín, Bystrc, Rozdrojovice, Kníničky a později i panství Rosice a Prštice, díky čemuž se Veverské

paství řadilo k největším panstvím na Moravě. Během té doby vznikaly mlýny, pily, rybníky a také zde byla těžena ruda. [4]

V letech 1942-1945 bylo Veverčí zabaveno německou armádou. Koncem druhé světové války při osvobození Brna byly poškozeny střechy, fasády a zničena velká část hradního mobiliáře. Ten byl později doplněn ze sbírek státního zámku Konopiště a hradu Křivoklát. Počátkem 50. let zde vzniklo lesnické učiliště s internátem, v 70. letech se majitelem hradu stalo Vysoké učení technické v Brně, které chtělo areál přestavět na mezinárodní studentské a kongresové centrum. Z tohoto plánu byla zrealizována pouze část projektu, a to položení nového vodovodu a kanalizace a provedení statického zajištění pomocí betonových injektáží a nástřiků, díky kterému došlo k velkému poškození hradu. [4]

Hrad Veverčí je od roku 1999 ve správě Národního památkového ústavu v Brně, který se snaží o postupnou rekonstrukci a budování prostor pro budoucí stálé expozice. Hrad byl pro veřejnost otevřen až v létě 2002. [5]

2.3 Příhrádek

Jak jsem již zmínila dříve, Příhrádek neboli bolverk byl vybudován v druhé polovině 14. století jako předsunuté opevnění na nejvyšším místě předhradí. Tvořila jej masivní obvodová hradba s čtyřmi věžemi – válcovou, hranolovou, schodišťovou a věží č.4. Od 16. století zde byly vybudovány ovčiny, stáje, chlévy. Příhrádek sloužil také jako kasárna hradní posádky a hospodářský dvůr. [3], [4]



Obr. 2.2 – Příhrádek

3 TEORETICKÁ ČÁST

Tato kapitola se bude věnovat postupům a metodám vedoucím k vyhotovení měřické dokumentace a dílčích výstupů.

3.1 Metody pro stavební zaměření

První zmínky o dokumentaci vybraných starších staveb sahají až do 17. století. V 18. století můžeme najít např. sbírky plánů panství České koruny. Tyto sbírky jsou detailně zachyceny i se všemi nepravidelnostmi, ačkoliv není známo, jakou technikou byly pořízeny. [6]

Geodetické zaměření se začalo objevovat až těsně před druhou světovou válkou, zejména na půdě Projektového ústavu hlavního města Prahy a poté na Stavební fakultě ČVUT. Během 90. let 20. století se vývoj měřické činnosti výrazně změnil. Pro zaměření se začaly používat totální stanice a začala se rozvíjet digitální fotografická technika. Pro civilní sektor se zpřístupnily satelitní navigační systémy a v neposlední řadě se také začaly používat 3D skenovací systémy. [6]

3.1.1 Klasické geodetické metody

Mezi ně patří metoda oměrných měř, metoda ortogonální, metoda polární a nivelace pro výškové měření.

K prostorovému určení bodů se nejčastěji využívá právě polární metoda, kdy jsou pomocí totální stanice zaměřeny body, které jsou důležité pro tvorbu další dokumentace. Jedná se zejména o rohy budov, místností, oken, dveří, výklenků atd. K doměření dalších detailů jako jsou rozměry výklenků, tloušťky zdí se používá jako doplňková metoda oměrných měř. V tomto případě je nutností vést si kvalitní a čitelný náčrt s body a oměrnými mírami. [6]

Samostatně použitá metoda oměrných měř, kdy se měří vzdálenosti mezi charakteristickými body stavby, se v praxi nepoužívá z důvodu nepřesnosti výsledného tvaru objektu a časové náročnosti. Nepravidelnosti v půdoryse je možné doplnit o měření tzv. křížových měř nebo diagonál. [6]

3.1.2 Laserové skenování

V současné době je jedním z velmi oblíbených způsobů, jak během relativně krátké doby získat velké množství bodů v pravidelném rastru pomocí speciálního přístroje – 3D skeneru.

Princip laserového skenování spočívá v bezkontaktním určování prostorových souřadnic, ty jsou z geodetického hlediska určovány pomocí prostorové polární metody či dříve používané metody prostorového protínání vpřed. U prostorové polární metody se pro určení souřadnic využívá měření vzdálenosti a úhlů (horizontálního a vertikálního) ke každému bodu. Naproti tomu u metody prostorového protínání vpřed, kde se vychází se základny, získáváme souřadnice z měřených úhlů (horizontálních a vertikálních) a známé délky základny. [7]

3.1.2.1 Princip rozmítání svazku

Důležitou rolí u laserového skenování je způsob rozmítání laserového paprsku. Využívá se buď způsob rozmítání laserového paprsku pomocí rotujícího zrcadla, čímž je vytvořen svazek přímek ležících v jedné rovině a spojením dvou zrcadel lze svazek vychylovat ve dvou směrech nebo pomocí rotujícího hranolu. Hranol má tvar pravidelného n-úhelníku a je s ním možné dosáhnout vyšší rychlosti pohybu svazku paprsků. Dalšími možnými způsoby rozmítání svazku jsou využití rotace zdroje záření ve dvou osách, rozmítání svazku pomocí optických vláken a pomocí statického optického elementu. [7]

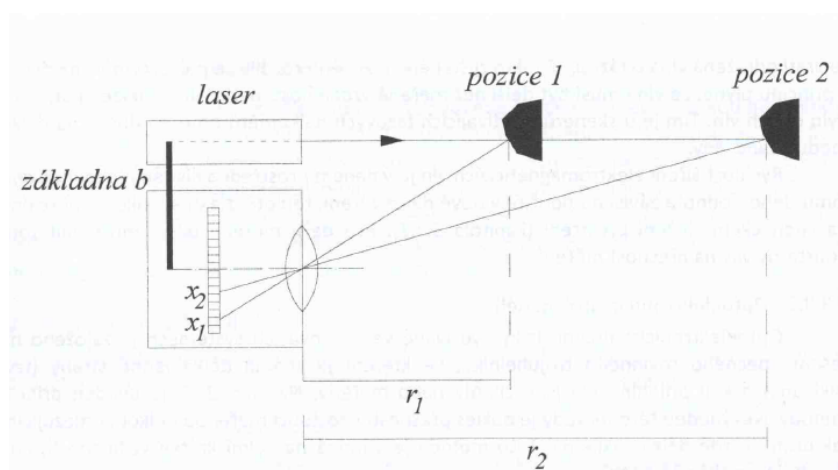
3.1.2.2 Princip určení délek

Princip měření délek může být založen na **elektronickém způsobu měření** nebo na **optoelektronickém** (měření ze známé základny). Elektronické dálkoměry dále dělíme podle principu měření na *impulsní* a *fázové*.

Impulsní dálkoměr funguje na základě měření tranzitního času mezi vysláním a přijetím elektromagnetického impulsu, kdy urazí dvojnásobek měřené délky. U této metody je nutné tranzitní čas měřit s vysokou přesností.

Fázový dálkoměr neměří tranzitní čas, ale je založen na měření fázového rozdílu vysílaného a přijímaného signálu. Z tohoto fázového rozdílu se určí měřená délka.

U optoelektronického určení délky je nutné znát délku jedné základny a znát nebo mít změřené přílehlé úhly k ní. Jeden ze způsobů využití této metody je znázorněn na Obr. 3.1, kde se na jednom konci základny nachází laser a na druhém konci CCD snímač citlivý na odražené laserové záření. Na tento CCD snímač dopadá odražený svazek, který projde optickou soustavou. Hodnota x se mění v závislosti na vzdálenosti měřeného objektu a tato hodnota vyjadřuje polohu obrazu světelného bodu na CCD snímači. Velmi přesně určená musí být i délka základny b . Vzdálenost r je daná délkou základny b a hodnotou x . Jedná se o vhodnou metodu při měření na krátké vzdálenosti, kdy dosahuje vysoké přesnosti. Její nevýhodou je snižující se přesnost s rostoucí měřenou délkou základny. [7]

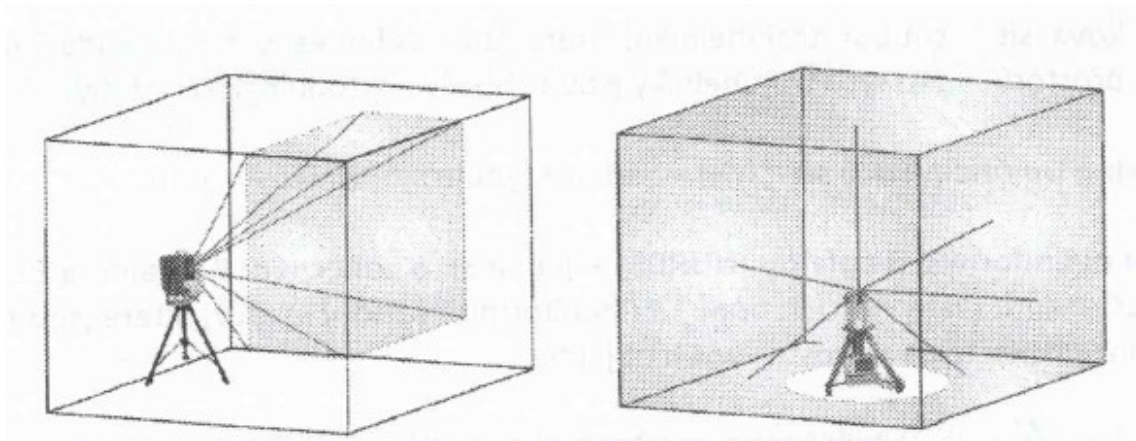


Obr. 3.1 – Princip optoelektronického určení délky [7]

3.1.2.3 Dělení skenovacích systémů

Skenovací systémy je možné dělit z mnoha různých hledisek. Z hlediska umístění skeneru je dělíme na *statické* a *kinematické*. V případě statického systému je skener umístěn pevně na zemi. V druhém uvedeném případě se skener pohybuje na nějakém nosiči (auto, vrtulník, letadlo, ...) Dále bude popsáno pouze dělení pro statické systémy, protože tato metoda byla dále použita pro sběr dat v praktické části této práce. [7]

Dělení statických 3D skenerů podle zorného pole na **kamerové** a **panoramatické**. Při použití prvních dvou způsobů uvedených v odstavci 3.1.2.1 umožňujících rozmítání laserového svazku do relativně malého zorného pole se tyto skenery nazývají kamerové. Oproti tomu při použití panoramatických skenerů se otáčí celou dálkoměrnou součástí a tím je dosaženo výsledku celého okolí. [7]



Obr. 3.2 – Kamerový (vlevo) a panoramatický skener [7]

3D skenery se mohou dělit podle principu měření na **polární skenery**, jejichž dálkoměry pracují na principu měření tranzitního času nebo fázového rozdílu a na **skenery se základnou**, které se dále dělí na *jedno kamerové* a *dvou kamerové*. Základna u jedno kamerového systému je tvořena CCD kamerou a středem rotace zrcátka a snímána je stopa laserového svazku na objektu. U dvou kamerového systému základnu tvoří dvě konvergentně zaměřené CCD kamery a pomocí projektoru je vytvářen světelný řez. [7]

Nebo se mohou dělit podle přesnosti a dosahu. U tohoto platí, že čím kratší vzdálenost skenování, tím vyšší přesnost.

Podle dosahu je dělíme na systémy:

- s velmi krátkým dosahem (0,1 m – 2 m),
- s krátkým dosahem (2 m – 10 m),
- se středním dosahem (10 m – 100 m)
- a na systémy s dlouhým dosahem (100 m – stovky m).

Podle přesnosti:

- s vysokou přesností P1 (0,01 mm – 1 mm),
- s přesností P2 (0,5 mm – 2 mm),

- s přesností P3 (2 mm – 6 mm)
- a s přesností P4 (10 mm – 100 mm). [7]

Posledním dělením je dělení skenerů podle rychlosti skenování:

- systémy s velmi vysokou rychlostí (více jak 50 000 bodů za sekundu),
- systémy s vysokou rychlostí (1 000 – 50 000 bodů za sekundu),
- systémy se střední rychlostí (10 – 1 000 bodů za sekundu)
- a systém s nízkou rychlostí (do 10 bodů za sekundu). [7]

V geodetické praxi se nejčastěji využívají skenery panoramatické založené na principu fázového měření délek.

3.1.2.4 Vlícovací body

Vlícovací body se využívají především pro transformaci mračna bodů do jednotného souřadnicového systému, jelikož každý sken má vlastní souřadnicový systém. Tento proces je označován jako **georeferencování**. **Sken** představuje mračno bodů, které vznikne z jednoho postavení skeneru při jednom měření a při jednom nastavení parametru. Zaměření vlícovacích bodů se provádí ze sítě bodů nezávislých na stanoviscích skenování klasickými geodetickými metodami. Jako vlícovací body se nejčastěji používají umělé referenční objekty, jako jsou koule či šachovnicové terče. Dalším důležitým pojmem z hlediska laserového skenování jsou **body navazovací**. Ty slouží pro spojení více skenů do jednoho celku. Tomuto procesu říkáme **registrace**. Jako body navazovací můžeme použít koule a šachovnicové terče, ale rovněž můžeme použít vhodné přirozeně signalizované body na objektu, jako jsou ostré rohy, stěny, roviny, ... [8]

Požadavky na vlícovací body

Pro spojení dvou skenů je nutné mít alespoň tři odpovídající si identické body. Identické body by měly být jasně a snadno identifikovatelné na skenech. Měly by být použity cíle s nereflexním povrchem. Z hlediska rozmístění cílů je důležité, aby nebylo symetrické, měly by být umístěny v různých výškách, rovinách a vzdálenostech od skeneru a neměly by tvořit přímou linii. Cíle se neumísťují do těsné blízkosti dalšího cíle. Vzdálenost mezi umělými cíli by neměla být menší než 1 m. [8]

3.1.2.5 Výhody a nevýhody

Díky laserovému skenování můžeme získat měřené body s vysokou hustotou a přesností a samotné měření v terénu je relativně rychlé, čímž se minimalizují odstávky z případného provozu. Tím se zvyšuje produktivita práce a snižují finanční náklady. Metoda laserového skenování je bezkontaktní, což umožňuje zaměřit i těžko přístupná místa. Další výhodou je měření při jakýchkoliv světelných podmínkách. Dále má měření vysokou spolehlivost výsledků a eliminují se chybné nebo nepřesné měření vlivem měřiče.

Hlavní nevýhodou laserového skenování je náročnost na hardwarové a softwarové vybavení a také časová náročnost při zpracování velkého množství dat.

3.1.2.6 Příklady využití

Metodu laserového skenování lze využít nejen ve stavebnictví, ale také v dalších oborech jako jsou kriminalistika, doprava a lékařství. Díky laserovému skenování získáme rychle 3D data o objektu, které by bylo těžké získat jinými geodetickými metodami. [7]

Ve stavebnictví a inženýrské geodézii slouží pro vyhotovování digitálních modelů terénu, 3D modelů objektů, k výpočtu kubatur, dokumentaci skutečného stavu budov či přehradních hrází. Pro výpočet kubatur se provádí skenování ve dvou etapách, před a po změně a následně se od sebe mohou odečíst. Dále je možno využít při provádění a monitorování staveb pro měření posunů a přetvoření či měření jeřábových drah. [7]

V průmyslu a strojírenství se tato metoda využívá pro zaměřování složitých technologických celků a konstrukcí, jako jsou např. objekty s potrubními systémy a dalšími zařízeními. Také se využívá k podrobnému zaměřování různých součástek. Mohou sem patřit podniky jako jsou ocelárny, tepelné a jaderné elektrárny či plošiny ropných vrtných věží. [7]

Z hlediska dopravních staveb lze použít při výstavbě a rekonstrukcích silnic, dálnic, tunelů, železnic, mostů, ... Jedná se např. o využití pro vytvoření modelu pro projektovou dokumentaci, pro výkopové práce a výpočet kubatur, při dokumentaci průběžné a výsledné stavby. [7]

Další využití laserových systémů může být v podzemním stavitelství, ať už se jedná např. o využití při ražbě tunelů a její dokumentaci kubatur, pro dokumentaci ostění, z kterých se následně vypočítává skutečná tloušťka ostění či dokumentaci krasových útvarů. [7]

V dnešní době se často využívá pro dokumentaci historických objektů, kdy je to přínosné při archivaci vzhledu složitějších fasád a jejich interiérů či podklad pro případnou rekonstrukci objektu. [7]

3.2 Výstupy

Důležitou součástí měřické dokumentace jsou identifikační údaje stavby, průvodní či technická zpráva, polní náčrty a technické výkresy.

Identifikační údaje by měly obsahovat jméno zadavatele a zpracovatele, název a adresu objektu, kontaktní údaje a také časové údaje měřických prací, vyhotovení a odevzdání výsledné dokumentace.

Průvodní nebo technická zpráva by měla poskytnout dostatek informací o objektu (rozsah a podrobnost zaměření), použitých metodách a technice, podmínkách při provádění měřických prací a o přesnosti výsledné dokumentace.

Měřická dokumentace stavby se obvykle skládá z celkového situačního plánu, půdorysů všech podlaží, svislých řezů, ortogonálních nebo rozvinutých pohledů na všechna průčelí a fasády a dílčích půdorysů, řezů pohledů nebo detailů. [6]

Půdorysy se zobrazují jako pravoúhlé průměty myšlených vodorovných řezů objektem na půdorysnu nebo jako pohledy shora na zobrazovanou konstrukci. Vodorovný řez by měl vést tak, aby mohl zobrazit co nejvíce nosných a nenosných konstrukcí a bylo z něj poznat rozmístění dveřních a okenních otvorů. Tento pomyslný vodorovný řez by měl vést buď v jedné třetině výšky podlaží (nad úroveň parapetu) či pokud má objekt několik úrovní v rámci jednoho podlaží, tak 1 m nad zobrazovanou úrovní. [9]

Svislé řezy se zobrazují jako průměty myšlených svislých řezů objektem na nárysnu. Rovina myšleného řezu se nevede v podélném směru tyčovými prvky (sloupy, trámy, průvlaky). Vede se zpravidla schodištěm, a to tak, aby poskytla možnost co nejúplnějšího zobrazení schodiště. Řezová rovina se podle potřeby může zalamovat, nesmí však vzniknout nelogický a nesouvislý obraz. [9]

Pohledy jsou boční pohledy na fasádu objektu ze všech světových stran, k nimž jsou průčelí obrácena. Pohledy zobrazují všechny viditelné hrany (dveře, okna, komíny, střechy, střešní okna, ...)

Půdorysy, svislé řezy a pohledy se vyhotovují dle normy ČSN 01 3420.

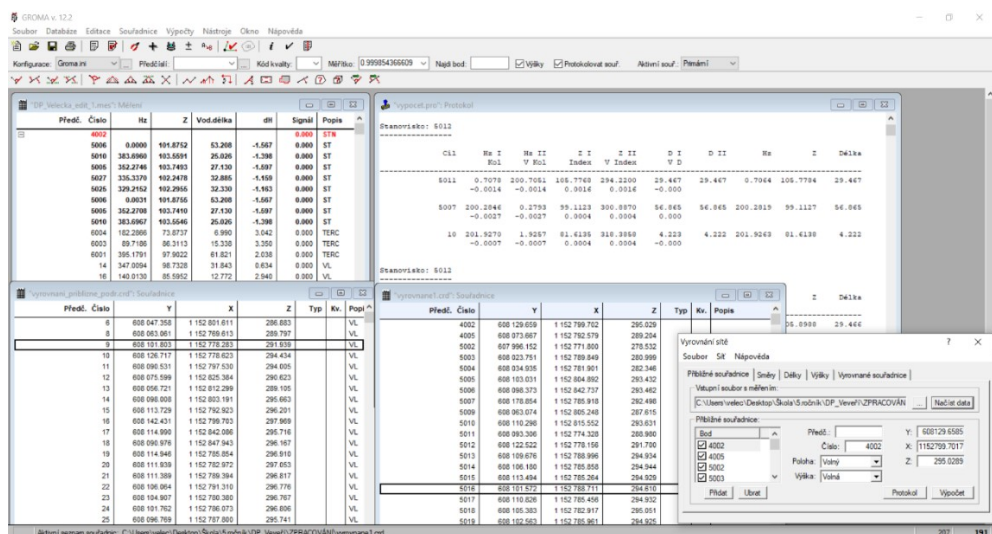
Vyhotovení měřické dokumentace by mělo být provedeno v odpovídajícím měřítku a rozsahu tak, aby dokázalo postihnout veškeré prostorové a konstrukční souvislosti stavby. Zaměření fasád a interiérů se označuje jako architektonická měření a pro vyhotovení těchto výstupů se používá nejčastěji měřítko 1:50 nebo případně 1:100. Pro vyhotovení účelové mapy objektu se volí měřítko 1:200 nebo 1:100, v případě, že se jedná o rozsáhlejší území může být použito i měřítko 1:500. [10]

4 SOFTWARE

V této kapitole budou popsány jednotlivé softwary použité pro další zpracování. Veškeré výpočty byly prováděny v softwaru Groma v.12.2, pro zpracování naskenovaných dat byl použit software Trimble Real Works v. 11.2.2.103 a pro následné vyhotovení technických výkresů jsem zvolila software MicroStation v8i (SELECT series 3).

4.1 Groma

Tento software byl vytvořen českou firmou Gepro spol. s.r.o. a je určen ke komplexnímu zpracování geodetických dat od importu měřených dat, výpočetní protokoly, seznamy souřadnic či kontrolní kresbu. Software dokáže pracovat s více soubory najednou, lze mezi nimi volit, jaký z nich má být aktivní, data se dají přetahovat myší. Software umožňuje provádět hromadné změny, přidávání či mazání. Kapacitně nejsou seznamy souřadnic nijak omezeny, závisí pouze na kapacitě operační paměti. Měření můžeme přímo importovat z formátů všech běžných zápisníků. Veškeré výpočty jsou prováděny v dialogových oknech a lze jich otevřít několik najednou. Je možné také volit dávkové výpočty celého nebo jen označeného měření. Při všech výpočtech je automaticky vytvořen protokol o výpočtu. V softwaru lze nastavit libovolný počet sad tolerancí nebo lze zapnout testování odchylek a geometrických parametrů dle předpisů platných pro práci v katastru nemovitostí. Gromu je dále možné propojit se systémem MicroStation či Powerdraft. [11]

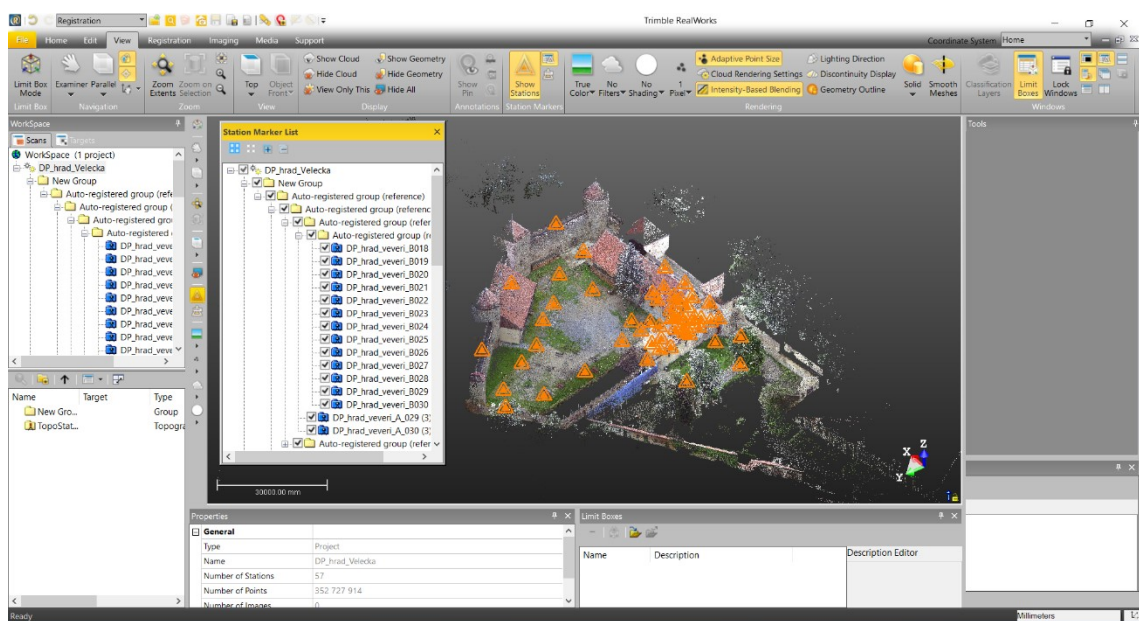


Obr. 4.1 – Ukázka grafického rozhraní Groma

4.2 Trimble Real Works

Software Trimble Real Works poskytuje kompletní řešení pro registraci, analýzu, modelování a vytváření mračen bodů. Poskytuje uživatelům výkonný software s přesnými nástroji pro geodety, stavby, památky a soudní aplikace a další možnosti pro zpracování geoprostorových dat. Importuje a zpracovává rozsáhlá 3D data ze skenerů Trimble TX6, Trimble TX8 a FARO a totální stanice Trimble SX10. Je dostatečně výkonný pro zpracování velmi objemných dat nasbíraných technologií 3D skenování.

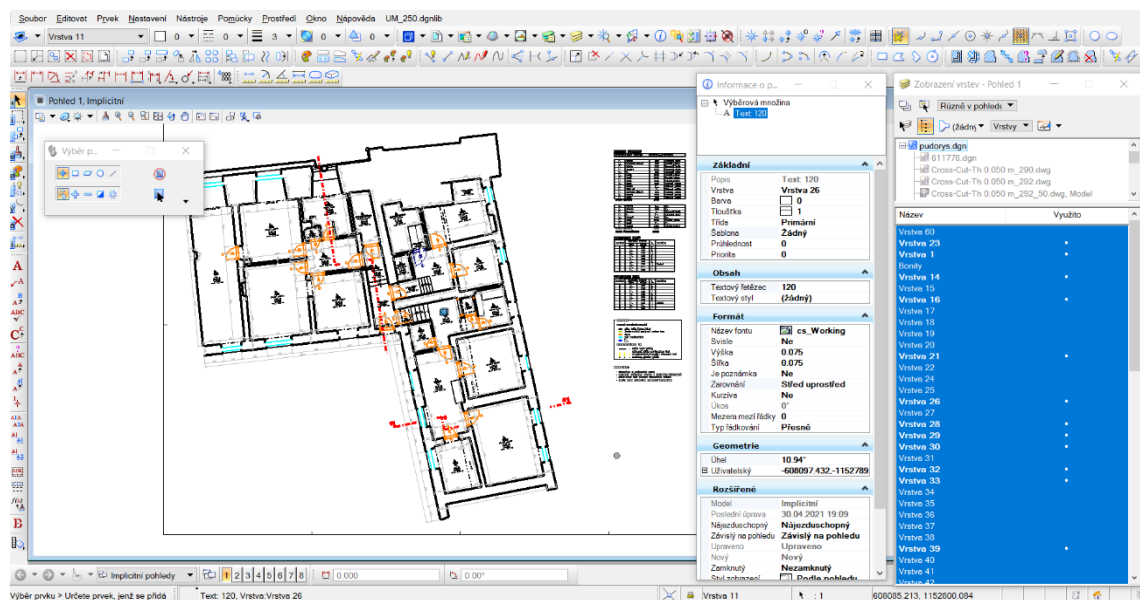
Dalšími možnostmi softwaru jsou tvorba drátěných modelů, vytváření vrstevnic, profilů, výpočty kubatur, porovnání objektu se skutečným stavem, zpracování 2D fasád, export do Google Earth nebo vytváření videoprůletu objektem. Další předností tohoto software je funkce Publish, která umožňuje komukoliv prohlížet všechny skeny, i když nevlastní software Trimble Real Works. [12]



Obr. 4.2 – Ukázka grafického rozhraní Trimble Real Works

4.3 MicroStation v8i

Jedná se o grafický software společnosti Bentley Systems. Program umožňuje uživatelům vytvářet 2D či 3D modely objektů a budov. Mezi základní vlastnosti programu patří práce s výkresy ve formátech *.dgn V7/V8, *.dwg, práce s vektorovými i rastrovými referenčními výkresy, dávkový tisk, historie výkresu nebo digitální podpisy. MicroStation je definován svým vlastním formátem *.dgn, který nemá žádné omezení přesnosti, počtu vrstev, velikosti výkresu nebo buněk. Dále také program umožňuje pracovat i se soubory jiných formátů, jedním z nich je formát *.dwg, který je jedním z nejrozšířenějších CAD formátů. [13]



Obr. 4.3 – Ukázka rozhraní MicroStation v8i

5 PRAKTICKÁ ČÁST

V této kapitole budou popsány záležitosti týkající se praktické části. To zahrnuje popis použité technologie, přípravných a měřických prací a zpracování výsledné dokumentace.

5.1 Použitá technologie zaměření

K měření klasickou geodetickou metodou byla použita totální stanice Trimble M3 DR2, pro skenování fasád budov a jejich interiérů byl použit laserový skener Faro Focus 3D S120 a pro doměření a ověřování délek byl použit laserový dálkoměr Bosch DLE 40 Professional.

5.1.1 Totální stanice Trimble M3 DR2

Jedná se o lehkou, kompaktní a výkonnou totální stanici se softwarem Trimble Access, dotykovým displejem a snadno použitelným uživatelským rozhraním. Každý přístroj disponuje bezdrátovou technologií Bluetooth, díky které mohou uživatelé totální stanici ovládat pomocí Trimble Access běžícím na externí kontrolní jednotce, a která může být použita i pro stahování naměřených dat v případě, že nemáme možnost připojení přes USB či připojení flash disku. [14]

Pro měření byla zapůjčena totální stanice Trimble M3 DR2 (v.č. D036472) a příslušenství, které zahrnovalo stativy, trojpodstavcovou soupravu s odraznými hranoly, hranol s výtyčkou, minihranol s libelou a svinovací metr.



Obr. 5.1 – Totální stanice Trimble M3 DR2 [14]

Přesnost měření délek (směrodatná odchylka dle ISO 17123-4)	
Mód na hranol	$\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$
Bezhranolový mód	$\pm (3 + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$
Měřický dosah při dobrých podmínkách	
Mód na hranol	1,5 m - 3 000 m
Odrasný štítek (5 cm x 5 cm)	1,5 m - 270 m
Bezhranolový mód	350 m - 500 m
Přesnost měření úhlů (dle DIN 18723)	
Vodorovná / zenitová	2" / 0,5 mgon
Doba měření (standartní režim)	
Mód na hranol	1,6 s
Bezhranolový mód	2,1 s
Dalekohled	
Obraz	Vzpřímený
Zvětšení	30 x
Zorné pole	1°20'
Kompenzátor	
Typ	Dvouosý
Metoda	Kapalino-elektronická detekce
Rozsah	$\pm 3,5'$
Napájení	
Typ	Vnitřní Li-ion baterie (2x)
Provoz	26 h - 28 h
Plné nabití	4 hodiny

Tab. 5.1 – Vybrané technické parametry totální stanice Trimble M3 DR2 [14]

5.1.2 Laserový skener Faro Focus 3D S120

Je vysokorychlostní 3D laserový skener pro podrobné měření. Výhodami tohoto skeneru jsou dotyková obrazovka, díky které se snadno ovládá, minimální hmotnost pro lehkou manipulaci a jednoduchý software, ve kterém můžeme snadno nastavovat parametry skenování a prohlížet jednotlivé skeny. [15]

Pro skenování budov v areálu hradu Veverčí byly použity dva laserové skenery Faro Focus 3D S120 s výrobním označením LLS061304311 a LLS061303451 s příslušenstvím. To obsahovalo dva lehké karbonové stativy s teleskopickými nohama a dvě sady skenovacích koulí. Tato technologie byla zapůjčena od výzkumného centra AdMaS.



Obr. 5.2 – Laserový skener Faro Focus 3D (Foto K. Velecká)

Měření délek	
Přesnost	± 2 mm na 10 - 25 m
Dosah	0,6 m - 120 m
Měření úhlů	
Rozsah zorného pole	vertikální 305° / horizontální 360°
Úhlový krok	0,009°
Rychlost měření bodů	
	až 976 000 bodů za sekundu
Kompensátor	
Typ	Dvouosý
Rozsah	$\pm 5^\circ$
Přesnost	0,015°
Napájení	
Externí napájení	19 V
Interní baterie	14,4 V
Provoz	až 50 h

Tab. 5.2 – Vybrané technické parametry laserového skeneru Faro Focus 3D [15]

5.2 Měřické práce

5.2.1 Přípravné práce

Před samotným měřením byla provedena rekognoskace zájmové lokality, stanoven rozsah zaměření a vyhledání stávající měřické sítě.

Rozsah zaměření byl stanoven na dvě budovy nacházející se na tzv. Příhrádku. Vchod do obou budov je společný ze zázemí Restaurátorských dílen. Celkově se jedná o 21 pokojů, které jsou umístěné ve třech výškových úrovních v prvním nadzemním podlaží.

Rekognoskace zájmové lokality zahrnovala zjištění průchodnosti, možnosti využití a doplnění stávající měřické sítě a použité vhodné metody měření. Rozsah zaměření a rekognoskace byla provedena 28.5.2020 společně s vedoucím práce a panem Mgr. M. Lancem.

Při vyhledání stávající měřické sítě byly nalezeny pouze body 4002, 4005 a 4006. Z těchto bodů byly použity pouze souřadnice bodu 4005 a zbylé dva byly přeurčeny z důvodu přemístění či otočení kanalizačních šachet.

Dále bylo provedeno nalepení vlíčovacích bodů, tak aby byly rovnoměrně umístěné po celé lokalitě. Vlíčovací body tvořily šachovnicové terče.



Obr. 5.3 – Vlíčovací bod v podobě šachovnicové terče (Foto K. Velecká)

5.2.2 Geodetické zaměření

Vybudování měřické sítě bylo provedeno spolu s kolegou Bc. Peterem Kučeravým, jehož diplomová práce se týká zaměření a vyhotovení účelové mapy nádvoří hradu Veveří.

Měřické práce byly provedeny společně s ním a proběhly přerušovaně v období 7.6.2020 – 15.6.2020 a zabraly přibližně 60 hodin.

Před zahájením měřických činností bylo nutné určit hodnotu součtové konstanty hranolu a mini hranolu. Ta byla posléze nastavena v přístroji.

Zaměření měřické sítě metodou GNSS a následné vyrovnání provedl právě kolega Bc. Peter Kučeravý. Pro mé účely diplomové práce byly převzaty souřadnice bodů 5004-5007, 5009-5012, 4002 a 4005 umístěných ve vnější části objektu. Měřická síť byla tvořena těmito body a doplněna o body uvnitř interiéru umístěných tak, aby byla přímá viditelnost mezi sousedními body a když to bylo možné, tak i viditelnost na vnější body měřické sítě. Byla proměřena pomocí totální stanice a současně s ní byly zaměřeny vřícovací body umístěných uvnitř obou budov. Přehledná měřická síť s rozmístěním vřícovacích bodů je součástí příloh. Celkem bylo totální stanicí zaměřeno 19 terčů, vždy ve dvou polohách dalekohledu a s orientací nejméně na dva body měřické sítě.



Obr. 5.4 – Měření totální stanicí (Foto K. Velecká)

Při měření orientací totální stanicí byl v interiéru použit mini hranol, který umožňoval cílení na špičku hranolu a v rámci exteriéru byl použit klasický odrazný hranol

umístěný na stativu. Stabilizací měřických bodů v interiéru byl nalepený papírový štítek s vyznačením rysek pro centraci přístroje nad bodem a v exteriéru to byla ocelová trubka, roxor, nastřelovací hřeb či šroub hydrantu. Šachovnicové terče byly zaměřeny polární metodou s využitím bezhranolového měření délek.



Obr. 5.5 – Minihranol (Foto K. Velecká) Obr. 5.6 – Odrazný hranol (Foto K. Velecká)

Po zaměření měřické sítě bylo provedeno zaměření délek pomocí elektronického dálkoměru, které dále sloužily jednak pro upřesnění některých tlouštěk zdí, rozměrů dveří a oken, světlé výšky a výšky parapetů či pro porovnání rozměrů modelu v interiéru.

5.2.3 Laserové skenování

Zaměření vlíčovacích bodů bylo popsáno v kapitole 5.2.2. a bylo provedeno před samotným laserovým skenováním, a to z toho důvodu, aby při skenování nedocházelo k zakrytí výhledu skeneru. Před samotným měřením jsme byli seznámeni s ovládáním a nastavením skeneru.

Po zapnutí skeneru (pokud je baterie nabitá budou LED diody trvale svítit modře, pokud je stav nabití nízký budou LED diody blikat oranžově) se na dotykové obrazovce objeví domovská obrazovka.



Obr. 5.7 – Domovská obrazovka skeneru [8]

Označení	Funkce
1	spuštění skenování
2 parametry	slouží pro výběr jiného profilu skenování a pro úpravu aktuálních parametrů skenování
3 náhled skenů	zobrazí náhled skenů uložených na SD kartě
4 nastavení	správa profilů skenování, projektů a skeneru
5	informace o vybraném projektu a skenovacím profilu

Tab. 5.3 – Hlavní funkce [8]

5.2.3.1 Správa

Při volbě tlačítka 4 se na obrazovce zobrazí další možnosti, které můžeme zvolit.



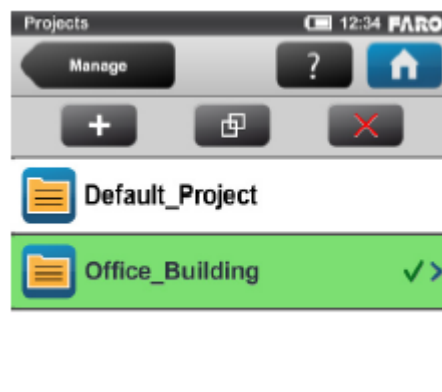
Obr. 5.8 – Nastavení správy [8]

Jedná se o možnosti:

Označení	Funkce
Projekty	slouží pro výběr aktuálního projektu skenování či vytvoření nového nebo upravení již existujícího projektu
Profily	slouží pro výběr aktuálního profilu skenování či vytvoření nového nebo upravení již existujícího profilu
Provozovatelé	slouží pro výběr aktuálního provozovatele či vytvoření nového nebo upravení již existujícího provozovatele
Obecná nastavení	otevře nabídku pro obecné nastavení
Služba	otevře nabídku pro obsluhu skeneru
Senzory	otevře nabídku pro správu senzorů
Vypnutí skeneru	

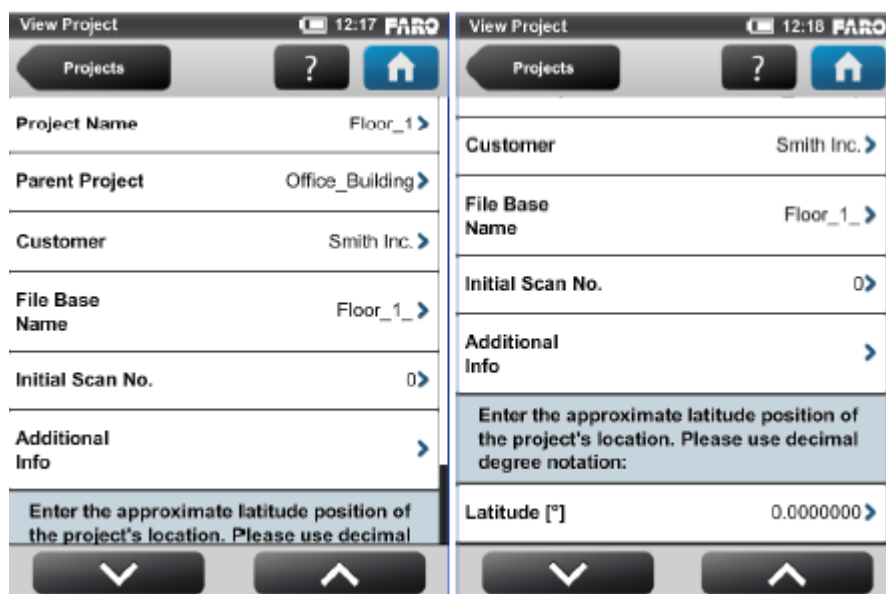
Tab. 5.4 – Funkce správy [8]

Skener má předdefinovaný výchozí projekt, který je standartní, nelze vybrat pro konkrétní skenování a nelze mu měnit název ani ho odstranit, proto je nutné vytvořit nový projekt, a to můžeme provést dvěma způsoby. První pomocí tlačítka plus, kdy zadáme jeho název a musíme nastavit všechny parametry nebo pomocí duplikace již stávajícího projektu a přebráním jeho nastavení a vlastností.



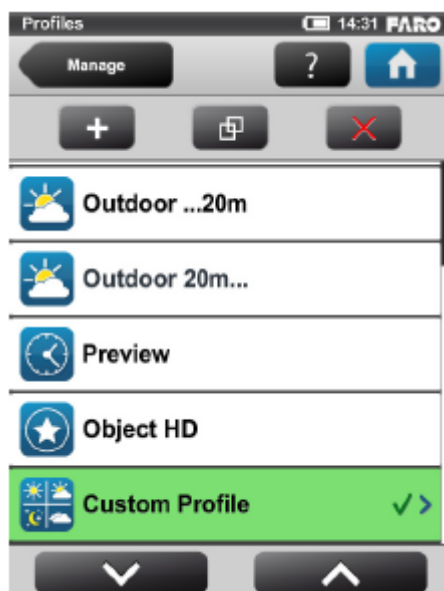
Obr. 5.9 – Založení projektu [8]

V možnostech projektu je možné nastavit název projektu, nadřazenost, jméno zákazníka, název složky pro uložení, počáteční číslo skenování a zeměpisnou šířku. V mém případě byl zvolen stejný název projektu na obou skenerech, ale dané skeny byly odlišeny počátečním písmenem A a B. Z těchto skenů byly následně v kanceláři vybrány pouze skeny týkající se zaměření dané lokality.



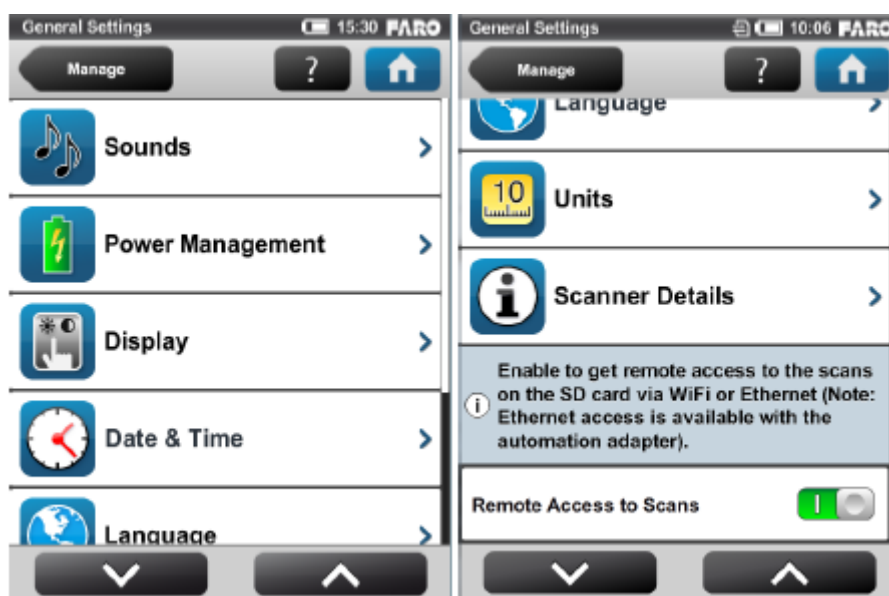
Obr. 5.10 – Nastavení projektu [8]

Vytvoření nového profilu skenování je stejné jako v případě vytvoření nového projektu. Je potřeba zvolit, zdali měříme venku nebo vevnitř a dále se v něm upravují jeho parametry jako jsou rozlišení, kvalita a rozsah měření, které budou popsány dále.



Obr. 5.11 – Výběr profilu [8]

V nabídce obecná nastavení můžeme dále měnit nastavení zvuku, napájení, displeje, datumu a času, jazyka, jednotek, sítě WLAN a podrobností. Z této nabídky je nejdůležitější nastavit správné délkové jednotky pro měření.



Obr. 5.12 – Obecné nastavení [8]

Skener obsahuje 4 senzory (teplotní senzor, dvouosý kompenzátor, kompas a výškoměr), které můžeme využívat při skenování.



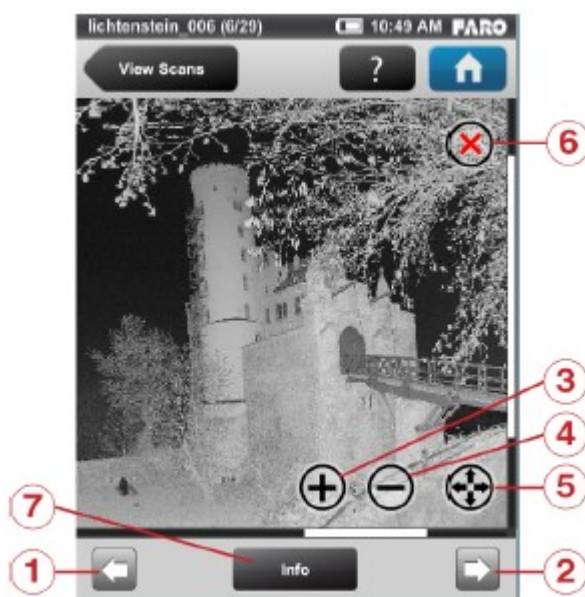
Obr. 5.13 – Senzory [8]

Označení	Funkce
Teplotní senzor	zobrazí aktuální teplotu skeneru a zapne či vypne ventilátor skeneru
Dvouosý kompenzátor	slouží pro urovnání skeneru do svislé polohy
Kompas	zobrazí orientaci skeneru
Výškoměr	zobrazí aktuálně měřenou nadmořskou výšku skeneru a synchronizuje výškoměr s referenční výškou

Tab. 5.5 – Funkce senzorů [8]

5.2.3.2 Prohlížení skenů

Při volbě tlačítka 3 z domovské obrazovky se dostaneme do nabídky prohlížení skenů. Tím se zobrazí seznam všech dostupných skenů spolu s názvem, velikostí souboru a datem vytvoření, ze kterých si zvolíme požadovaný sken. Po zobrazení náhledu s ním můžeme manipulovat pomocí tlačítek uvedených na obrázku.



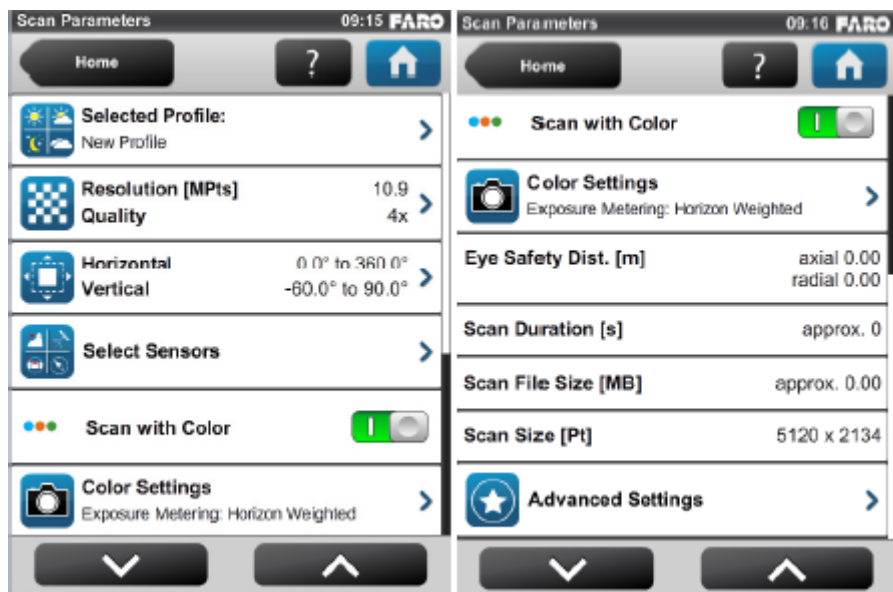
Obr. 5.14 – Náhled skenu [8]

Označení	Funkce
1	zobrazení náhledu předchozího skenu
2	zobrazení náhledu následujícího skenu
3	zvětšení
4	zmenšení
5	zobrazí náhled v původní velikosti
6	odstraní aktuálně zobrazený sken z SD karty
7	otevře další okno o podrobnostech skenování

Tab. 5.6 – Funkce prohlížení skenu [8]

5.2.3.3 Parametry

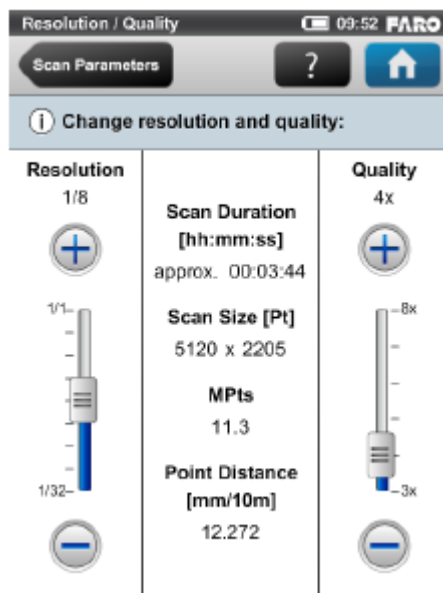
Před zahájením samotného skenování je důležité provést některé nastavení. Do nastavení těchto parametrů se dostaneme z hlavní obrazovky tlačítkem 2, tím se zobrazí následující obrazovka.



Obr. 5.15 – Nastavení parametrů [8]

Z této nabídky nás bude především zajímat možnost výběru profilu. Dále nastavení rozlišení a kvality a nastavení rozsahu skenované lokality.

Nastavení rozlišení a kvality



Obr. 5.16 – Nastavení rozlišení a kvality [8]

Rozlišení – představuje úhlový krok a výsledné rozlišení lze vybrat z variant 1/1, 1/2, 1/4, 1/5, 1/8, 1/10, 1/16, 1/20 a 1/32 a nastavíme je pomocí posuvníku v levé části.

Kvalita – představuje počet měření jedné délky, ovlivňuje kvalitu a dobu skenování, lze vybrat z variant 1x, 2x, 3x, 4x, 6x a 8x a nastavíme je pomocí posuvníku v pravé části. Tento parametr volíme na základě prostředí při měření a zkušeností s odrazivostí různých povrchů. Čím větší je nastavená kvalita, tím je samotná doba skenování delší. [8]

Po vybrání těchto funkcí se uprostřed obrazovky objeví celková doba skenování, počet bodů v milionech a rozestup bodů v milimetrech ve vzdálenosti 10 m.

Nastavení rozsahu skenované lokality



Obr. 5.17 – Nastavení rozsahu skenovaného objektu [8]

Vertikální i horizontální rozsah je udáván ve stupních. Výchozí rozsah skenování je nastaven na hodnoty: vertikální rozsah -60° až 90° , horizontální rozsah 0° až 360° .

V tomto případě musíme myslet na to, že skener nenaskenuje prostor pod sebou a musíme tuto část pokrýt z jiného stanoviska. V obdélníku můžeme vidět danou oblast skenování, pod kterým je buď zobrazena pouze mřížka s dělením po 30° nebo náhled z posledního uloženého skenu. [8]

V nastavení parametrů můžeme také volit, jestli výsledné mračno bude obarvené (v tomto případě musíme povolit sběr fotografií a tím se přibližně zdvojnásobí čas skenování) či nám stačí pouze černobílý záznam. Sběr fotografií následuje ihned po skončení skenování.

Po nastavení projektu a parametrů pro skenování byl proveden samotný sběr dat pomocí tlačítka 1 z domovské obrazovky.



Obr. 5.18 – Sběr dat (Foto. P. Kučeravý)

Laserovým skenování bylo provedeno 58 skenů, které zahrnovali i skenování vnější části Příhrádku (13 skenů), které byly dále použity pouze pro vyhotovení mračna. Celková doba skenování trvala přibližně 8 hodin a byla měřena ve 2 dnech.

5.3 Zpracování dat

5.3.1 Zpracování dat měření

Data naměřená totální stanicí bylo nejdříve nutné exportovat do formátu s příponou *.asc, což je formát zápisníku MAPA2, který můžeme importovat do softwaru Groma. V tomto softwaru byly následně provedeny veškeré výpočetní úlohy pro zpracování dat. Ty zahrnovaly především kontrolu zápisníku a označení orientací, zpracování zápisníku (redukce šikmých délek na vodorovné, zpracování měření ve dvou polohách, redukce směrů, výpočet převýšení, redukce převýšení na spojnici stabilizačních značek, zpracování opakovaných měření a obousměrně měřených délek a převýšení), výpočet přibližných souřadnic a následné vyrovnání měřické sítě.

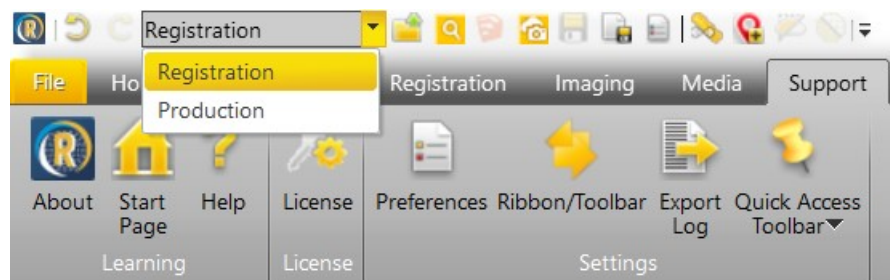
Pro vyrovnání měřické sítě byly použity souřadnice bodů vnější sítě převzatých od kolegy Bc. Petera Kučeravého a byly voleny jako pevné. Byly dosaženo těchto hodnot vyrovnání sítě: průměrná střední chyba vyrovnané délky 1.7 mm, vyrovnaných směrů 30^{cc} a střední souřadnicová chyba je 1.7 mm. Opravy výšek bodů sítě se pohybovaly v rozmezí 1 – 5 mm. Veškeré výpočty byly uloženy do protokolu a jsou součástí příloh této práce.

5.3.2 Zpracování dat z laserového skenování

Veškeré zpracování skenů probíhalo v softwaru Trimble Real Works.

Při laserovém skenování se data ukládaly na SD kartu umístěnou ve skeneru, tu bylo třeba vyjmout a data ve formátu složek s příponou *.fls překopírovat do počítače. To bylo potřeba provést u dat z obou skenerů. Tím, že ve skeneru bylo nastaveno různé počáteční číslování, mohly být data zkopírovány do jedné složky.

Při práci v Trimble Real Works je možno pracovat ve dvou módech – *Registration* a *Production*. Import dat, vytvoření mračna bodů a georeferencování probíhá v módu *Registration* a zbylé práce v módu *Production*. [16]

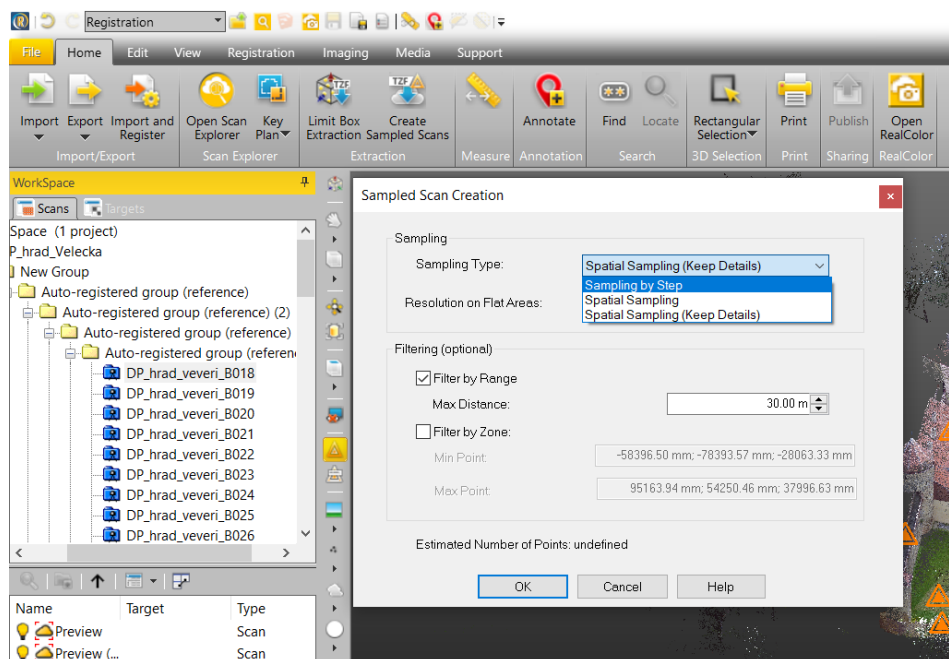


Obr. 5.19 – Výběr módů

5.3.2.1 Import dat

Import dat vybereme přes nabídku *Import – Open FLS files*, toto je pro případ importu dat ze skeneru Faro nebo TX5 a vytvoříme nový projekt. Každé stanovisko software načte jako jednu složku. Tato složka může být buď žlutá, což znamená, že stanovisko nebylo při skenování zhorizontováno a při registraci se sken bude volně pohybovat ve 3D nebo bude modrá, což znamená, že stanovisko bylo zhorizontováno a při registraci se nebude měnit horizontální složka. [16]

Každá složka obsahuje pouze náhled skenu a je potřeba z každého vytvořit mračno bodů. Toho docílíme označením jednotlivých skenů či celého projektu a spuštěním funkce *Create Sampled Scans* na záložce *Home*. [16]



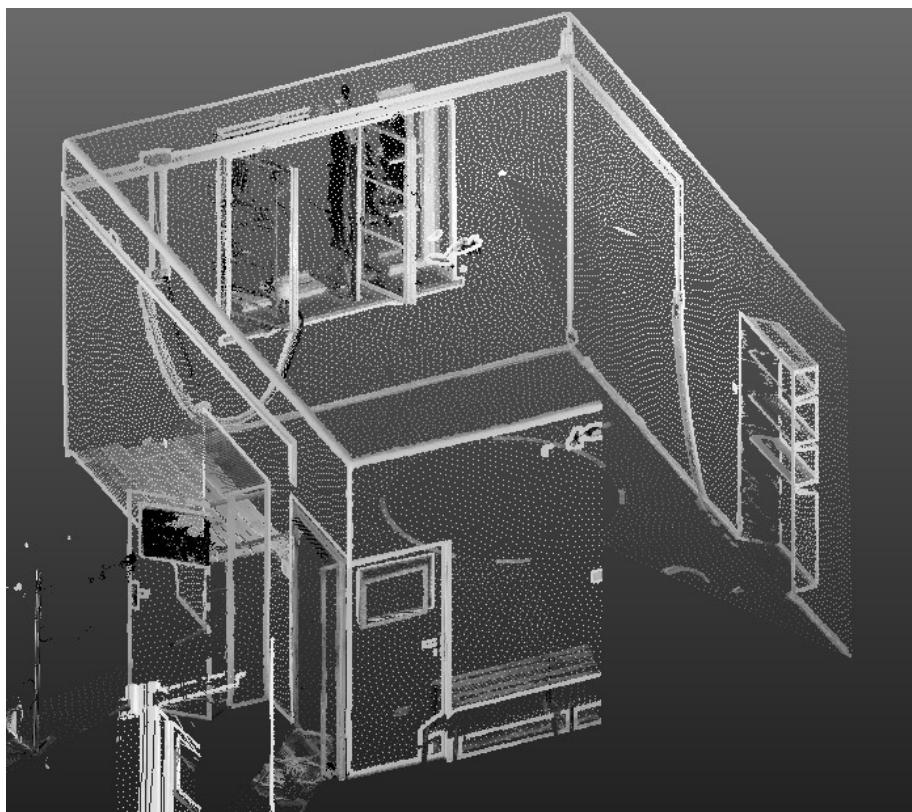
Obr. 5.20 – Funkce *Create Sampled Scans*

V této fázi volíme mezi 3 možnostmi zředění bodů:

Označení	Funkce
Sampling by Step	zvolíme interval mezi pixely
Spatial Sampling	zvolíme vzdálenost mezi body
Spatial Sampling (Keep Details)	určení vzdálenosti mezi body na rovných plochách (tzn., že software vyhodnotí rovné plochy jako jsou stěny, stropy a body na nich zředí na požadovanou)

Tab. 5.7 – Funkce *Sampling Type*

Dále zde můžeme filtrovat body do určité vzdáleností od stanoviska nebo filtrovat body v určité zóně. V mém případě byla zvolena možnost *Spatial Sampling (Keep Details)*. Zředění bodů lze provést i později, v této fázi se volí hlavně pro ušetření paměti a zrychlení práce s mračnem. [16]



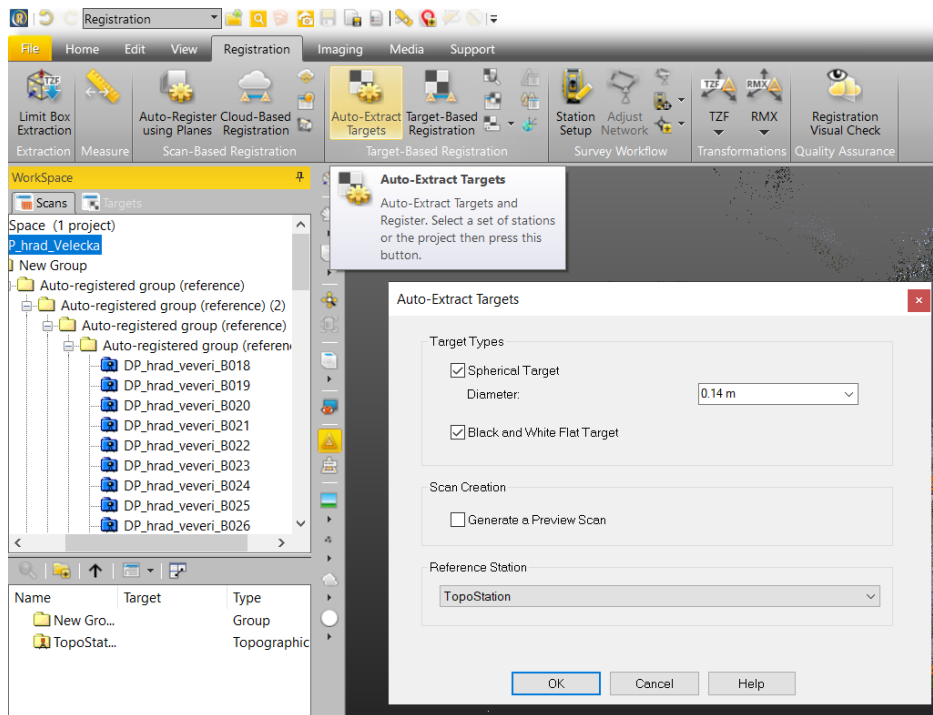
Obr. 5.21 – Ukázka vytvořeného mračna

5.3.2.2 Registrace naskenovaných dat

Dalším krokem je registrace naskenovaných dat a jedná se o nejdůležitější část při zpracování. V softwaru jsou 4 možnosti provedení registrace.

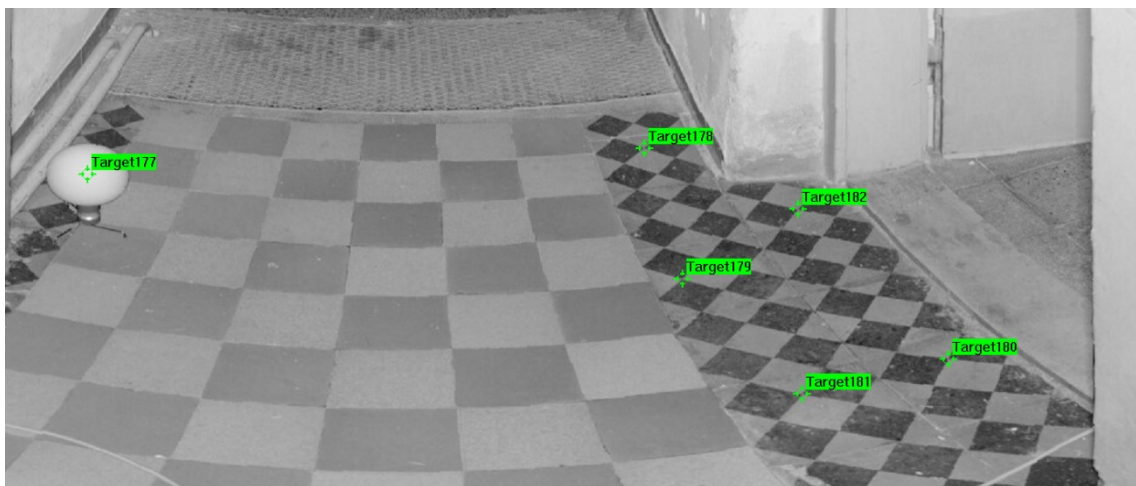
- **Automatická registrace přes vlíčovací body**
(záložka *Registration – Auto-Extract Targets*)

Software sám automaticky vyhledá vlíčovací body, které zvolíme. Buď to mohou být skenovací koule, kde určíme jejich poloměr nebo šachovnicové terče. Zvolíme zde také které stanovisko má být referenční (na něj se budou připojovat ostatní stanoviska). Po dokončení procesu vyskočí tabulka s protokolem o dosažené přesnosti (směrodatná odchylka transformace mezi jednotlivými stanovisky, směrodatná odchylka vlíčování koule do mračna a celková směrodatná odchylka registrace). Tento protokol můžeme pomocí funkce *Export Report* uložit. Pomocí tlačítka *Apply* potvrdíme registraci. [16]



Obr. 5.22 – Funkce Auto-Extract Targets

Nevýhodou této funkce je přiřazování vřícovacích bodů na povrchy podobající se šachovnicovým terčům, např. dlažba na podlaze, obložení na stěnách. Ty musí být ručně odebrány.

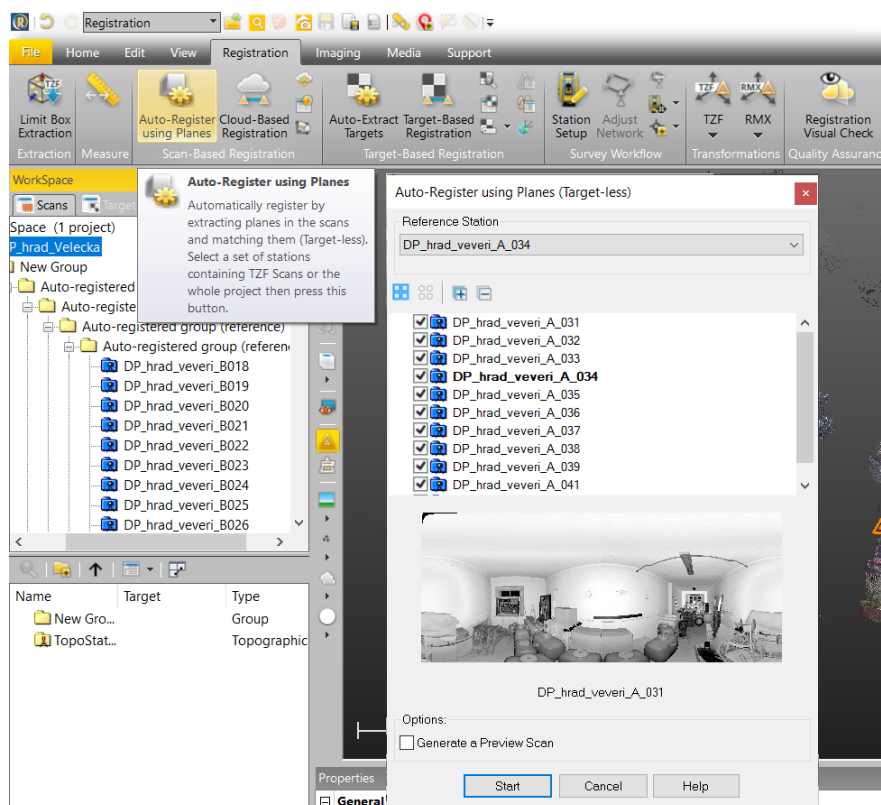


Obr. 5.23 – Ukázka automatického vyhledání vřícovacích bodů

- **Automatická registrace přes společné plochy**
(záložka *Registration* – *Auto-Register using Planes*)

Princip této registrace spočívá ve spojení jednotlivých skenů na základě minimální vzdálenosti povrchů v překrytových oblastech. Pro výpočet se nejčastěji používá tzv. ICP algoritmus, který pro každý bod z jednoho skenu najde nejbližší bod z jiného skenu. Následně vypočítá transformační klíč bodů na nejbližší určené body a tyto body se přetransformují na nově určenou pozici. Tento postup se opakuje do doby, kdy je dosaženo požadovaných vlastností.

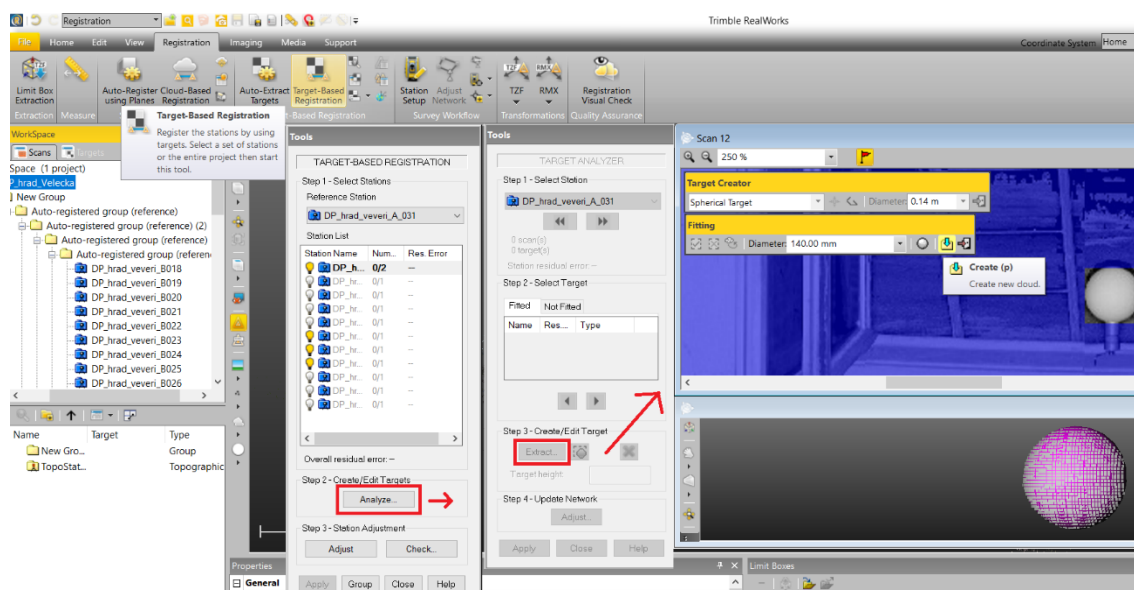
Při volbě této registrace zvolíme pouze referenční stanoviště a stanoviště, která se mají registrovat. Po spuštění a dokončení registrace vyskočí tabulka s protokolem o dosažené přesnosti (směrodatná odchylka transformace stanovisek, procenta společných bodů na jednotlivých stanoviskách, spolehlivost výsledku a celková směrodatná odchylka). Protokol o dosažených odchylkách uložíme pomocí funkce *Save as RTF*. [16]



Obr. 5.24 – Funkce *Auto-Register using Planes*

- **Manuální registrace přes vlčovací body**
(záložka *Registration – Target-Based Registration*)

V tomto případě volíme ručně vlčovací body na jednotlivých stanoviskách. Zvolíme možnost *Analyze* pro určení vlčovacích bodů, v horním grafickém okně najdeme vlčovací bod, zvětšíme si jej a klikneme na *Extract*. Tím nám vyskočí další nabídka, ve které určíme typ vlčovacího bodu (koule, šachovnicový terč, identický bod nebo identický bod (roh)), dále je potřeba zvolit v případě použití koule její poloměr. V grafickém okně určíme polohu vlčovacího bodu a ve spodním okně jej můžeme zkontrolovat, kliknutím na tlačítko *Create* vytvoříme vlčovací bod. Takto určíme všechny vlčovací body a funkci ukončíme tlačítkem *Close*. Toto provedeme na všech stanoviskách a jakmile máme určené všechny identické body, klikneme na *Adjust* (je potřeba potvrdit, že nově vytvořené body chceme zahrnout do výpočtu) a následně vyskočí tabulka s protokolem o dosažené přesnosti stejně jako u automatické registrace přes vlčovací body. [16]

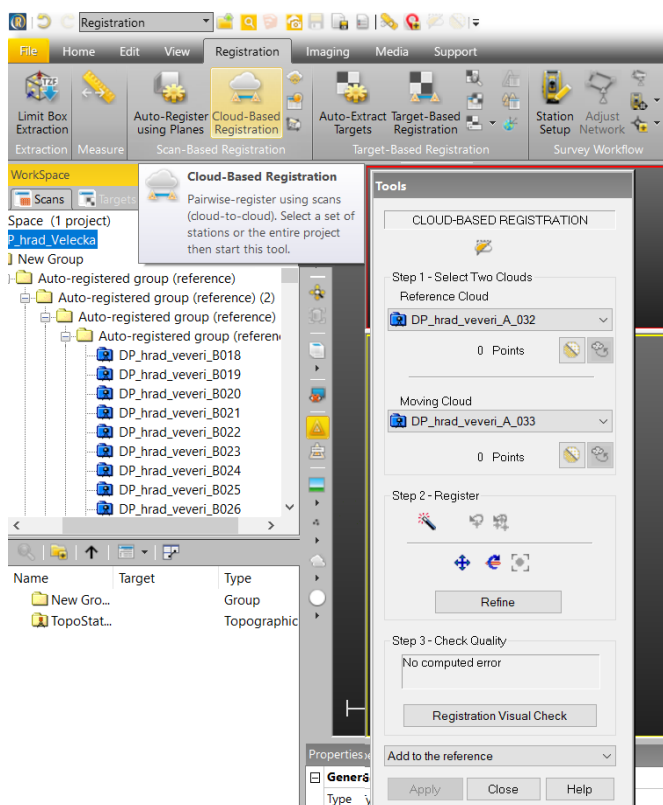


Obr. 5.25 – Funkce Target-Based Registration

- **Manuální registrace mračno na mračno**
(záložka *Registration – Cloud-Based Registration*)

Zde je potřeba zvolit referenční mračno a mračno, se kterým budeme pohybovat. Jsou dvě možnosti, můžeme využít funkci automatického propojení mračna bodů, pokud

je mezi stanovisky dostatečný překryt a pokud není, je třeba umístit mračno pomocí 3 bodů. Proveďte se označení 3 bodů na obou stanoviskách, poté se zobrazí odchylka transformace, tu můžeme buď vylepšit pomocí tlačítka *Refine* nebo transformaci potvrdíme tlačítkem *Apply*. [16]



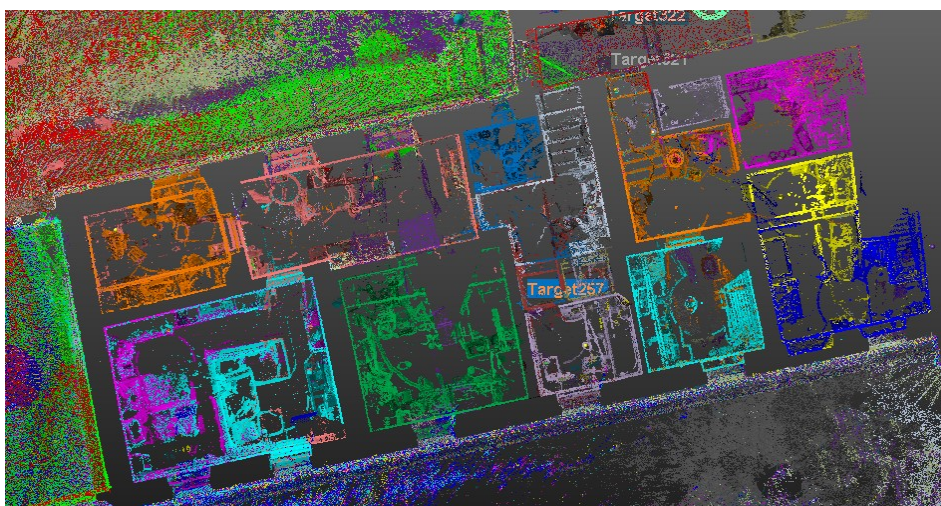
Obr. 5.26 – Funkce Cloud-Based Registration

V mém případě byla použita částečně metoda Automatické registrace přes vlíčovací body a částečně metoda Automatické registrace přes společné plochy. Při použití první metody byly jednotlivá mračna rozdělena na několik částí. První skupinu tvořily místnosti v obytné části Restaurátorských dílen, druhou skupinu v budově u Hyklů a další dvě představovali nádvoří a fasády objektů. Při této metodě bylo v budovách dosaženo celkové směrodatné odchylky registrace 2 mm a největší směrodatná odchylka transformace mezi jednotlivými stanovisky byla 11 mm. Následně byly tyto skupiny spojeny přes společné plochy. Při tomto postupu bylo dosaženo celkové směrodatné odchylky registrace 3,4 mm. Tyto protokoly byly exportovány a jsou součástí příloh této práce.

Následující obrázky ukazují výstup z registrace dat.



Obr. 5.27 – Registrace zájmových objektů



Obr. 5.28 – Registrace budovy U Hyklů a kotelny

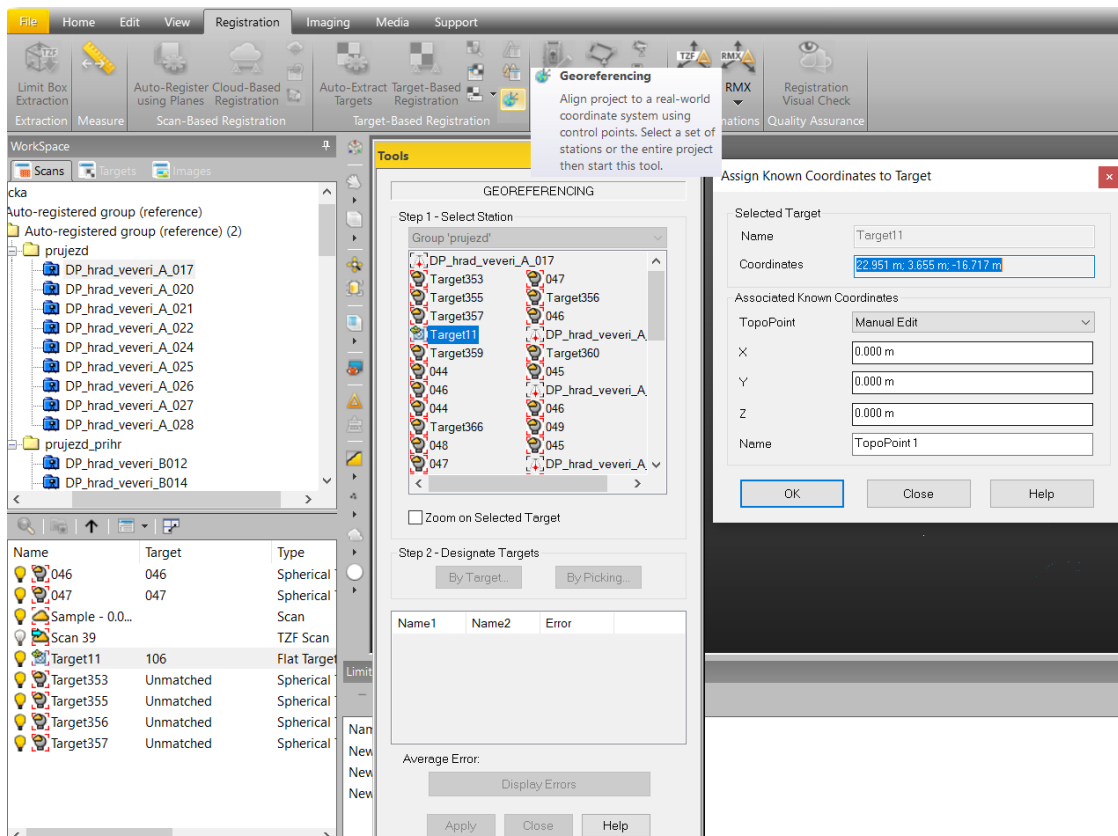
5.3.2.3 Georeferencování

Pokud máme celé mračno spojené, můžeme jej umístit do požadovaného souřadnicového systému. S mračnem lze dále pracovat i v místním systému, ale v mém případě bylo umístěno mračno bodů do systému JTSK. K tomu sloužily vřícovací body v podobě šachovnicových terčů, jejichž souřadnice byly určeny geodetickou metodou.

V záložce *Home* vybereme možnost *Import – Open* a vybereme seznam souřadnic vřícovacích bodů. Tento seznam musí být upraven následovně (číslo bodu, -Y, -X, Z, kód). Číslo bodu musí odpovídat číslu označeného vřícovacího bodu, pokud toto neodpovídá, je možné jej ručně spojit s daným bodem (klikneme pravým tlačítkem na

daný bod, vybereme možnost *Match with* a zvolíme číslo bodu). V softwaru zvolíme odpovídající formát souboru (typ souřadnic X, Y, Z) a jednotky souřadnic. V dolním okně zkontrolujeme správné oddělení souřadnic a potvrdíme tlačítkem *OK*.

Následuje označení celého projektu či stanoviska, které potřebujeme umístit do souřadnicového systému a zvolení funkce *Georeferencing* na záložce *Registration*. Možnosti georeferencování jsou dvě, buď pomocí šachovnicových terčů nebo pomocí jakéhokoliv zaměřeného bodu. V případě použití šachovnicových terčů, vybereme v seznamu název terče, klikneme na tlačítko *By Target* a souřadnice buď ručně vepíšeme nebo je vybereme z již načteného seznamu souřadnic. Nebo v případě použití zaměřeného bodu klikneme na tlačítko *By Picking*, v grafickém okně označíme požadovaný bod a přiřadíme mu souřadnice. Postupně navolíme všechny vřícovací body (minimální počet bodů pro georeferencování jsou 3) a v tabulce se zobrazí odchylky pro každý bod. Ten můžeme v případě neodpovídající přesnosti z výpočtu odstranit odškrtnutím check boxu. Poté provedeme transformaci pomocí tlačítka *Apply*. [16]



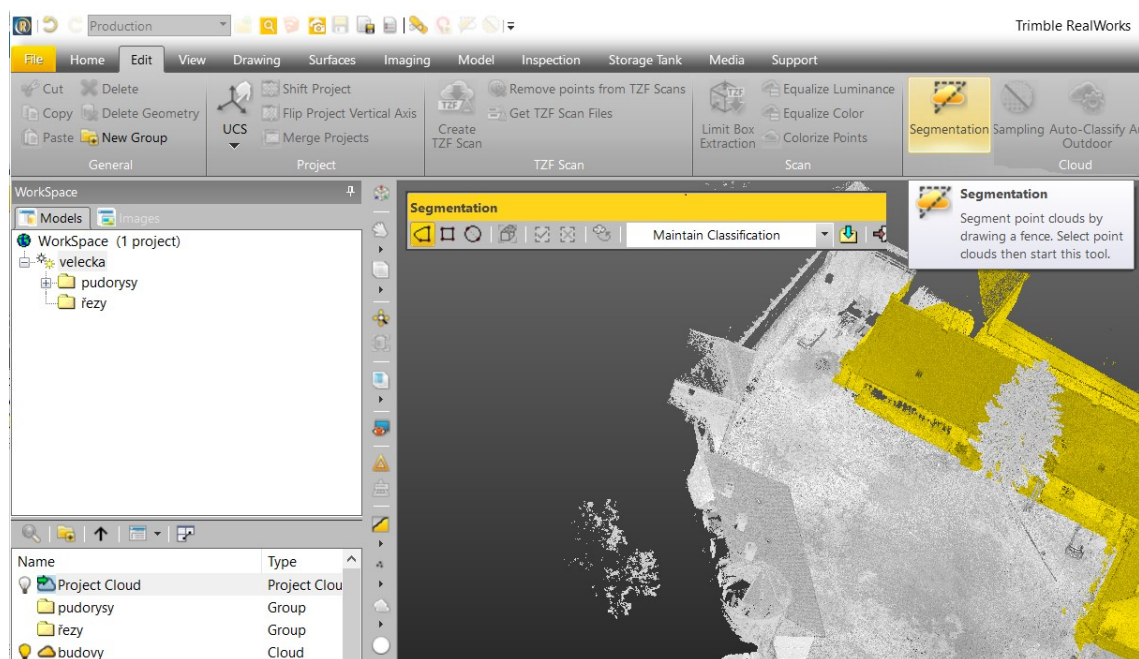
Obr. 5.29 – Funkce Georeferencing

Pro umístění mračna do systému S-JTSK bylo použito 17 vlčovacích bodů a výsledná přesnost georeferencování byla 5,7 mm.

5.3.2.4 Očištění mračna bodů

Tento proces byl proveden již v módu *Production*. Očištění mračna bodů se provádí, aby se zmenšil objem dat a s mračnem se lépe pracovalo a nebyly na něm další nežádoucí objekty.

V záložce *Edit* vybereme funkci *Segmentation*. Vyskočí nabídka, kde zvolíme způsob označení oblasti k zachování (polygonální výběr, výběr obdélníkem či kruhový výběr). Vybereme část mračna bodů a zvolíme, zda chceme zachovat oblast uvnitř či vně. Tímto způsobem očistíme celé mračno a objekt uložíme pomocí tlačítka *Create*. Vzniknout nám tak dvě mračna, jedno s daným objektem a druhé s nežádoucími body. Tuto funkci ukončíme tlačítkem *Close*. [16]



Obr. 5.30 – Funkce Segmentation

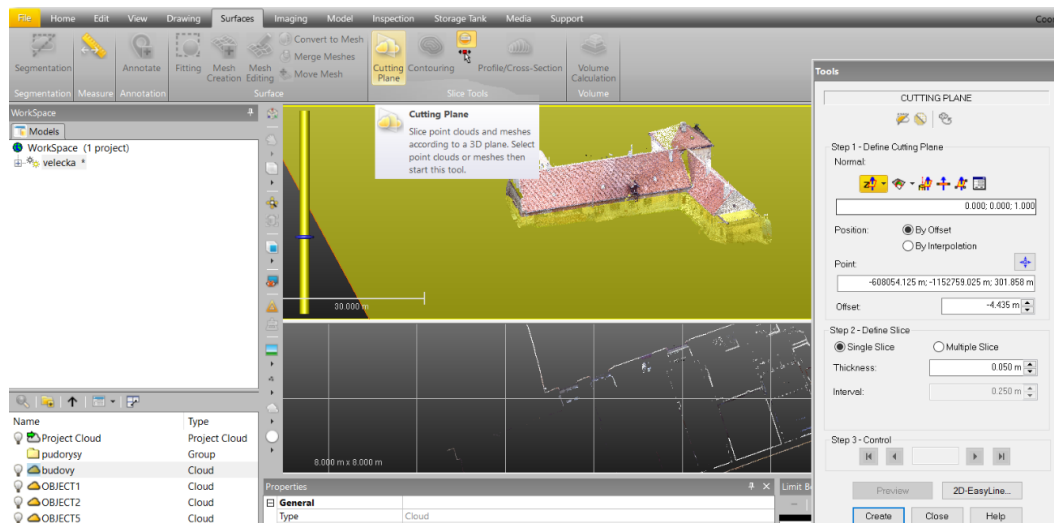
Pokud je mračno i po použití této volby objemné, je vhodné použít funkci *Sampling* pro zředění mračna bodů v záložce *Edit*. Poté se zobrazí tabulka, kde máme na výběr několik metod pro filtraci mračna. [16]

Označení	Funkce
Random Sampling	jedná se o náhodný výběr bodů (volíme procento bodů, které chceme zachovat)
Spatial Sampling	jedná se o výběr bodů na základě minimálního rozestupu bodů (volíme minimální vzdálenost mezi body)
Scan-Based Sampling	jedná se o výběr bodů ze stanoviska (volíme stanovisko, ze kterého chceme vytvořit mračno)
Intensity-Based Sampling	jedná se o výběr bodů na základě odrazivosti materiálu (volíme interval odrazivosti, který chceme použít)
Discontinuity-Based Sampling	jedná se o výběr bodů představující hrany či plochy
Ground Extraction	jedná se o výběr bodů představující podlahu

Tab. 5.9 – Funkce Sampling

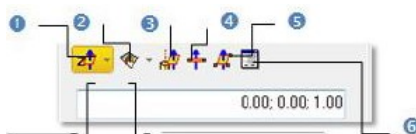
5.3.2.5 Tvorba řezů

Pro vyhotovení 2D výkresů byla použita funkce umožňující vytvoření řezů z mračna a jejich následný export. Tuto funkci s názvem *Cutting Plane* najdeme v módu *Production* na kartě *Surfaces*. Po spuštění této funkce se v grafickém okně objeví 2 okna (první představuje klasické 3D zobrazení a druhé 2D pohled konkrétního řezu). [16]



Obr. 5.31 – Rozhraní Cutting Plane

Dalším krokem je určení orientace řezu, kde máme na výběr z několika možností:

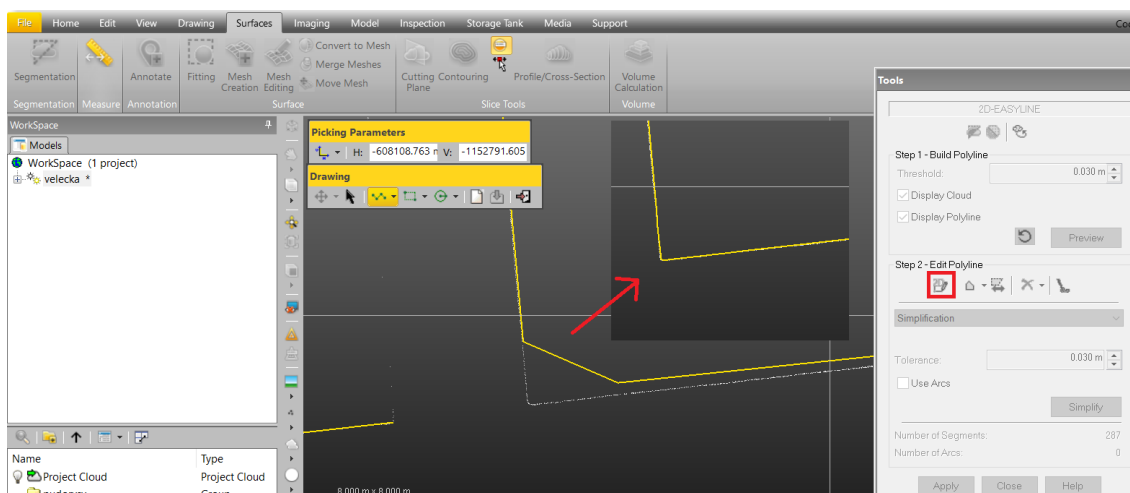


Obr. 5.32 – Určení orientace řezu

Označení	Funkce
1	roviny kolmo na osy X, Y, Z
2	Fit - zde můžeme vybrat mezi rovinou určenou z mračna bodů nebo rovinou kolmou k rovině z mračna bodů
3	osa z jiného objektu v projektu
4	rovina kolmá k aktuálnímu úhlu zobrazení (určená 2 body)
5	rovina určená 3 body
6	rovina zadaná parametry - buď normála + bod nebo bod k bodu

Tab. 5.10 – Funkce určení orientace řezu

Následuje určení pozice roviny, a to buď posuvníkem, vybráním bodem z mračna bodů, zadáním souřadnicemi bodu či zadáním pomocí odsazení, dále zadáme tloušťku řezu (*Thickness*) a zvolíme, zda chceme vytvořit pouze jeden řez (*Single Slice*) nebo více řezů (*Multiple Slice*). V případě volby více řezů musíme ještě určit rozestup řezů (*Interval*), mezi kterými můžeme přepínat pomocí tlačítka *Preview* a tím je zkontrolovat. Dále zde můžeme nechat vygenerovat polylinie či je dále upravovat. Tuto funkci potvrdíme tlačítkem *Apply*.



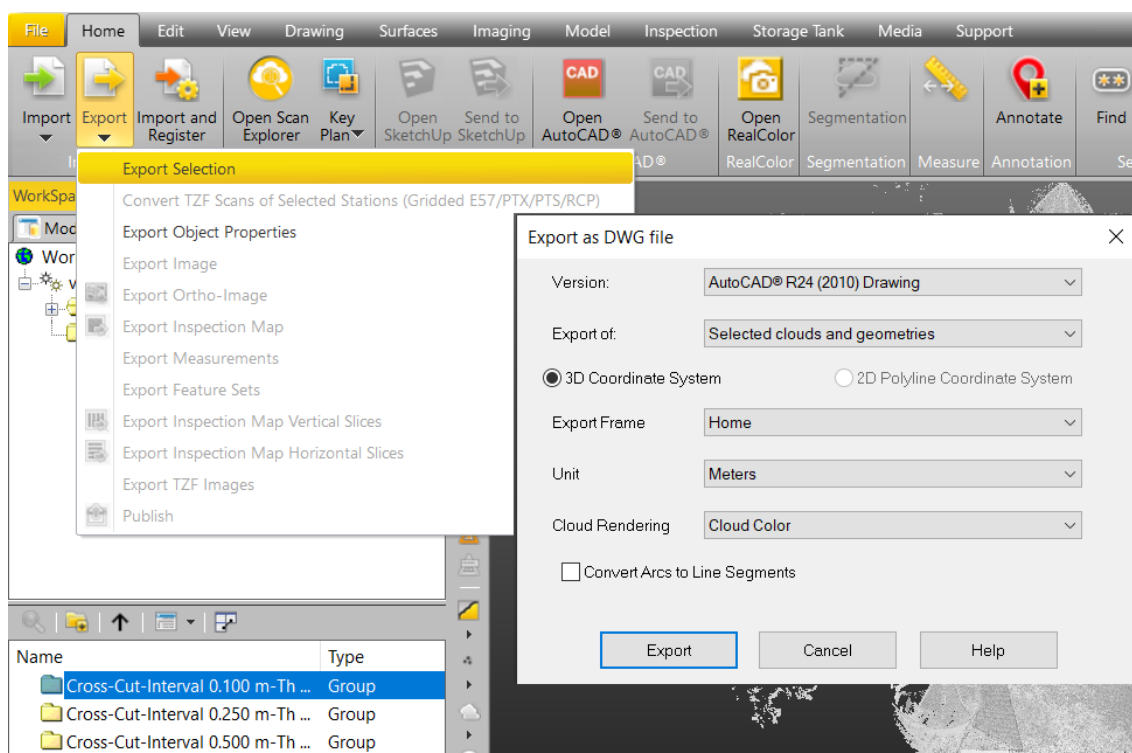
Obr. 5.33 – Funkce 2D-EasyLine

Po nastavení všech parametrů dokončíme tvorbu řezů tlačítkem *Create*, tím se vytvoří nový objekt nebo celá složka s řezy. [16]

Pro tvorbu půdorysů byla zvolena rovina kolmá k ose Z a pro tvorbu svislých řezů byla zvolena rovina kolmá k úhlu zobrazení určená dvěma body.

5.3.2.6 Export řezů a nastavení souřadnicového systému

Posledním krokem při tvorbě řezů byl export do námi zvoleného formátu. Po označení objektu s řezem nebo složky s řezy spustíme funkci *Export / Export selection* v záložce *Home*. Zadáme název souboru a vhodný formát (řezy je vhodné exportovat ve formátu *.dxf či *.dwg) a zvolíme, co chceme exportovat (pouze mračna – *clouds* nebo i polylinie – *geometry*), souřadnicový systém (v tomto případě *Home* – data zůstanou v původním souřadnicovém systému) a potvrdíme tlačítkem *Export*. [16]

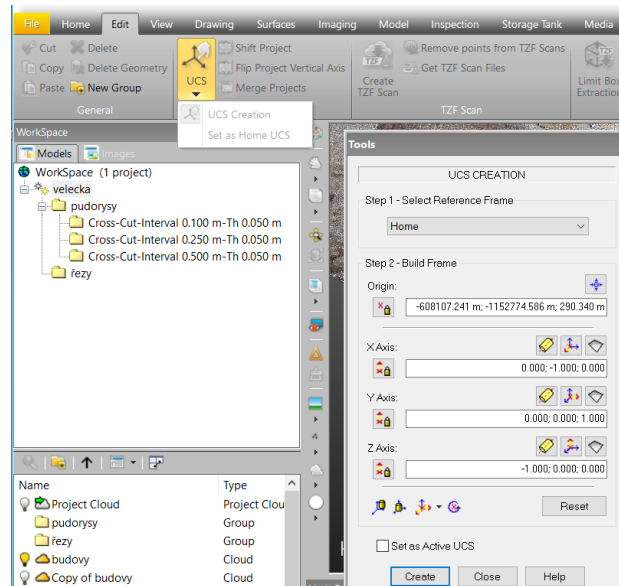


Obr. 5.34 – Export řezů

V případě exportu půdorysných řezů do některého ze softwaru (CAD nebo MicroStation) se tyto řezy zobrazí v rovině XY. U svislých řezů, které mají otočenou orientaci roviny, se tyto řezy zobrazí v 3D a pokud s nimi chceme dále pracovat, je nutné pootočit souřadnicový systém.

Na záložce *Edit* spustíme funkci *UCS Creation* a pokud je mračno umístěné v systému S-JTSK, tak se zobrazí dotaz, zda chceme posunout počátek blíže, protože je příliš daleko od mračna bodů. V tomto případě klikneme na tlačítko *No*, neboť pouze chceme určit nový systém pro řezy, nikoliv mračno přemístit. Počátek systému můžeme určit přímo kliknutím do mračna nebo zadat souřadnice počátku, dále je třeba určit směr

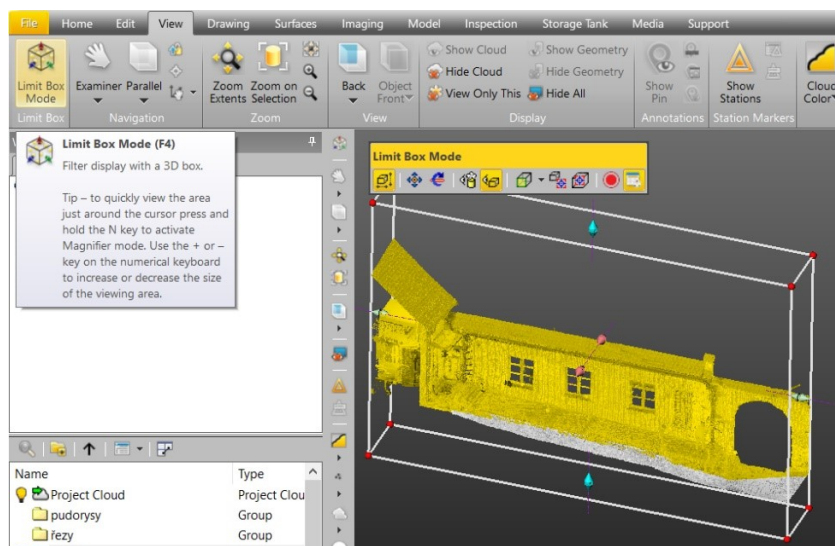
os, buď klínutím směru os v mračně nebo vložením vektoru normály. Pro vytvoření nového systému klikneme na tlačítko *Create*. Pro každý řez si tak můžeme vytvořit vlastní systém. Při exportu svislých řezů si námi vytvořený systém vybereme v políčku *Export Frame* místo systému *Home*.



Obr. 5.35 – Nastavení souřadnicového systému

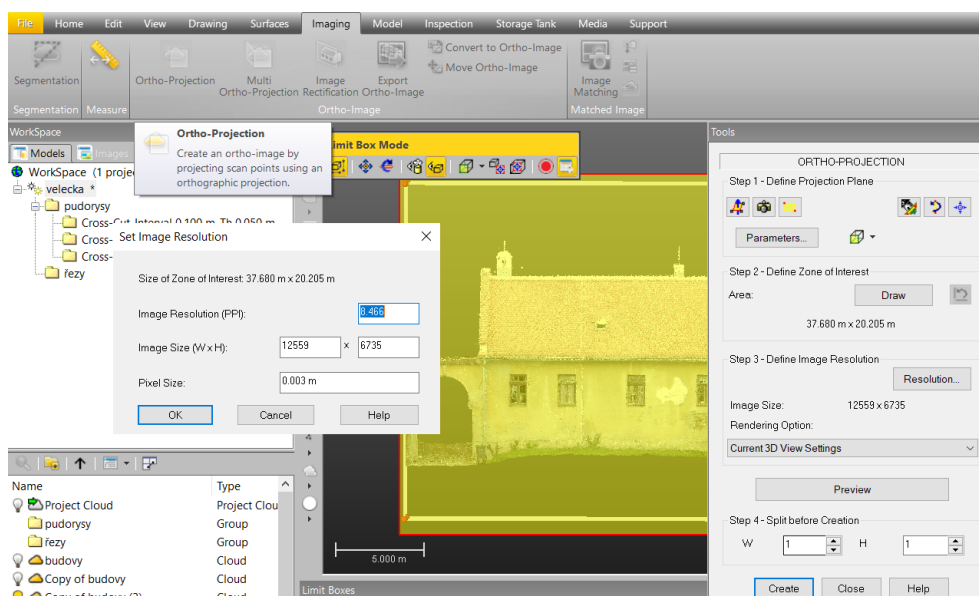
5.3.2.7 Tvorba ortofoto

V Trimble Real Worksu byly dále vytvořeny ortofota jednotlivých stran objektu pro snadnější kresbu pohledů. Nejprve byly vytvořeny pro každý pohled tzv. limit boxy, ve kterých byla vybrána požadovaná strana objektu. Tuto funkci spustíme na záložce *View* – *Limit Box Mode* a pomocí ní vytvoříme dané výřezy.



Obr. 5.36 – Funkce Limit Box Mode

Dále byla spuštěna funkce *Ortho-projection* v záložce *Imaging*, ve které bylo nutné nastavit rovinu před daný výřez a zvolit velikost pixelu na volbě *Resolution*. Poté byla vytvořena ortofota, která byly exportována do formátu *.dwg.



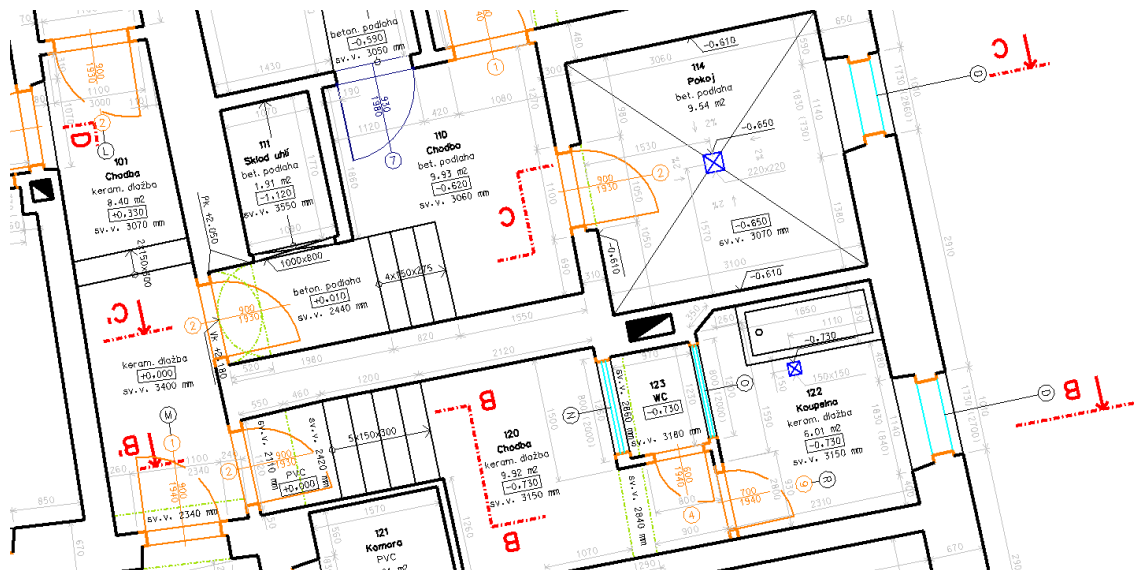
Obr. 5.37 – Funkce Ortho-Projection

5.3.3 Tvorba v softwaru MicroStationu v8i

Další zpracování výkresové dokumentace bylo provedeno v softwaru Microstation. Byly vytvořeny jednotlivé výkresy – půdorysy, řezy a technické pohledy a do těchto výkresů byly referenčně připojeny příslušné exportované řezy. Do výkresů byly

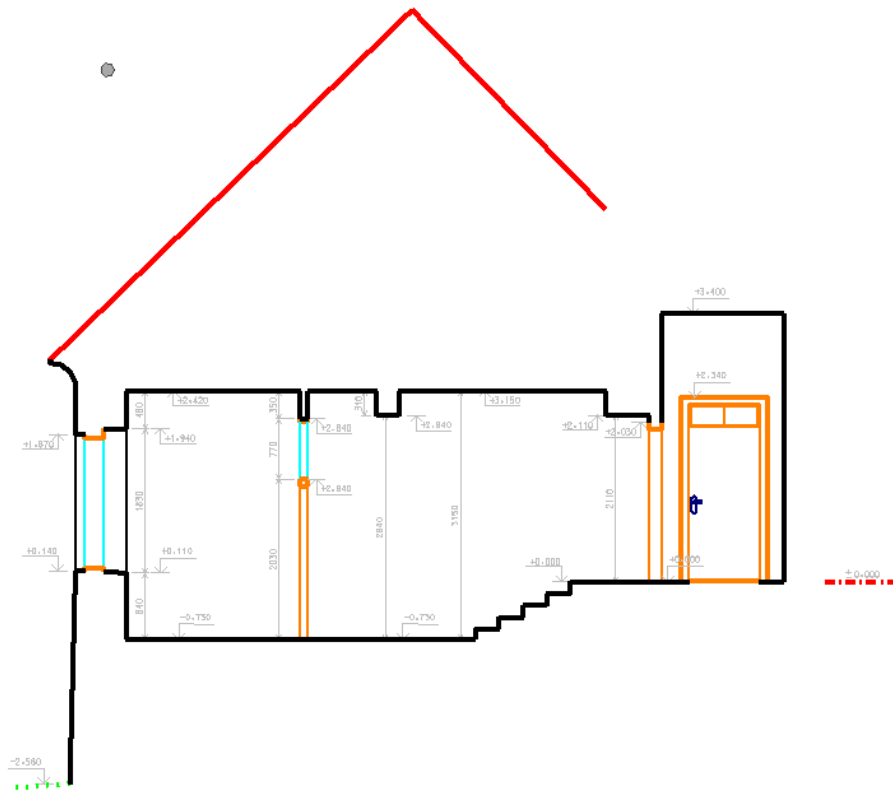
nastaveny vrstvy dle zadaných atributů a následně vyhotovena vlastní kresba. Bodová mračna byla v podstatě obkreslována liniemi a tím vznikl skutečný tvar objektu. Při tvorbě půdorysu, řezů a pohledů byly kontrolovány rozměry místnosti ve všech uvedených výkresech, aby tato hodnota byla stejná. Po vyhotovení kresby byly výkresy doplněny o vodorovné a výškové kóty, kóty rozměrů otvorů a vloženy popisy podlahy. Výkresová dokumentace byla doplněna tabulkami se specifikacemi místností, oken a dveří, legendou a hlavičkou.

Výslednou výkresovou dokumentací tvoří 4 výkresy. Půdorysy a řezy jsou vyhotoveny v měřítku 1:50, technické pohledy v měřítku 1:100 dle ČSN 01 03420 a jsou součástí příloh této práce.



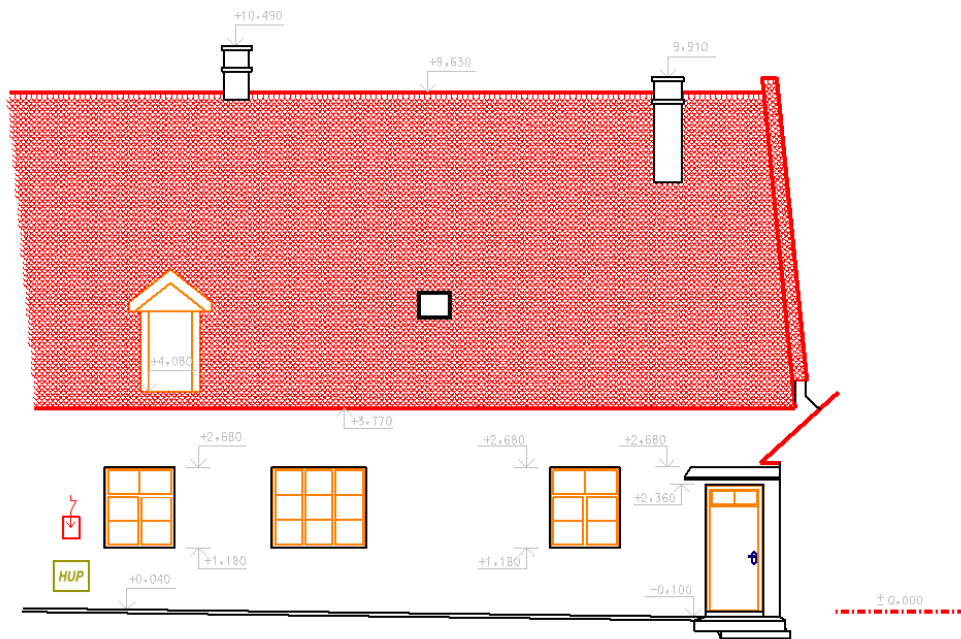
Obr. 5.38 – Ukázka z tvorby půdorysu

ŘEZ B-B'



Obr. 5.39 – Ukázka z tvorby řezů

JIŽNÍ POHLED NA ZÁZEMÍ RESTAURÁTORSKÝCH DÍLEN



Obr. 5.40 – Ukázka z tvorby technických pohledů

5.3.4 Posouzení přesnosti

Přesnost výsledného mračna bodů můžeme rozdělit na absolutní a relativní. Absolutní přesnost dále ovlivňuje přesnost výchozích bodů, přesnost zaměření vlíčovacích bodů, přesnost metody laserového skenování a přesnost identifikace identických bodů při zpracování mračna. Relativní přesnost zahrnuje přesnost metody laserového skenování a přesnost spojení několika mračen.

U absolutní přesnosti se jedná o přesnost umístění mračna do referenčního systému, zatímco u relativní přesnosti posuzujeme geometrickou přesnost mračna, kterou udávají výsledné hodnoty při registraci skenů v softwaru Trimble Real Works.

Pro posouzení přesnosti bylo použito přímé porovnání délek naměřených laserovým dálkoměrem a určených z mračna bodů. Tím dostaneme odchylky od hodnoty, kterou považujeme za skutečnou. K testování bylo použito 31 délek a 12 výšek a maximální rozdíly byly 2 cm a 1 cm. 80 % testovaných délek nepřekročilo hodnotu 1 cm a 100 % testovaných výšek nepřesáhlo hodnotu 1 cm. Kompletní tabulka je součástí příloh této práce. Nutno podotknout, že některé délky nebyly měřeny přímo, ale jako součet několika délek, a to z důvodu zaplněnosti místností. Vzhledem k použité metodě sběru dat byla výkresová dokumentace vyhotovena v dostatečné přesnosti.

6 ZÁVĚR

Výsledkem diplomové práce je vyhotovení stavebních výkresů skutečného stavu části hradu Veverčí. Ty budou dále sloužit pro tvorbu projektové dokumentace budoucí rekonstrukce.

Pro zaměření skutečného stavu byla využita metoda 3D laserového skenování. Tato metoda zaručila dosáhnutí rychlých a spolehlivých výsledků, které bylo možné kontrolovat na displeji skeneru ihned po skončení skenování. Pro zaměření vřícovacích bodů byla využita polární metoda pomocí měření totální stanice, jejichž souřadnice sloužily pro umístění mračna bodů do souřadnicového systému JTSK. Pomocí elektronického dálkoměru byly zaměřeny jednotlivé rozměry místností či různých výklenků.

Veškeré výpočetní práce byly provedeny v softwaru Groma včetně protokolu o měření, registrace, georeferencování a tvorba řezů probíhala v softwaru Trimble Real Works a požadovaná výkresová dokumentace byla vytvořena v softwaru MicroStation dle ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb – Kontrola výkresů stavební části.

Výhodou zaměření a zpracování dat z laserového skenování bylo automatické generování stavebních výkresů a jejich export do různých formátů, které mohly být dále upravovány.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Hrad Veveří – *Dějiny hradu Veveří* [online]. [cit. 28.3.2021].
Dostupné z: <https://www.hrad-veveri.cz/cs/o-hradu/historie>
- [2] Mapy.cz [online]. [cit. 28.3.2021].
Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=16.4772621&y=49.2594184&z=13>
- [3] TESHIM, Theodor, 2008. *Hrad Veveří*, Treking.cz [online]. [cit. 30.3.2021].
Dostupné z: <https://www.treking.cz/regiony/hrad-veveri.htm>
- [4] TESHIM, Theodor, 2008. *Veveří*, Treking.cz [online]. [cit. 30.3.2021].
Dostupné z: <https://www.treking.cz/regiony/veveri2.htm>
- [5] ADAMOVÁ, Karolína, *Hrad Veveří*. Průvodcebrnem.cz [online]. 2014-2020 [cit. 30.3.2021]. Dostupné z: <http://www.pruvodcebrnem.cz/hrad-veveri>
- [6] 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 ředitelství, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). ISBN 978-80-86516-79-0
- [7] ŠTRONER, Martin a Jiří Pospíšil, *Terestriské skenovací systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008, ISBN 978-80-01-04141-3
- [8] FARO Laser Scanner Focus3D *Manual* [online]. 2013. USA: Faro Technologies, 2013 [cit. 2.4.2021]. Dostupné z: https://knowledge.faro.com/Hardware/3D_Scanners/Focus/User_Manual_for_the_Focus3D_20-120_and_S_20-120
- [9] ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části*. Praha: Vydavatelství norem. 2004
- [10] BEZDĚK, Ladislav, *Metodika pro elektronický pasport zpřístupněné památky*. Praha: Národní památkový ústav, ústřední pracoviště, 2011. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). ISBN 978-80-87104-87-3
- [11] Groma [online]. Praha: Geoline, spol. s.r.o., 2017 [cit. 1.4.2021].
Dostupné z: <http://www.groma.cz/cz/>

- [12] GEOTRONICS PRAHA, *Trimble Real Works Software*. Geotronics Praha: Váš geoshop [online]. Praha: Trimble Software, 2016 [cit. 1.4.2021].
Dostupné z: <https://geotronics.cz/geodezie/software/trimble-realworks/>
- [13] Microstation [online]. Opava: GISOFT, 1995 [cit. 1.4.2021].
Dostupné z: <http://www.gissoft.cz/MicroStation/MicroStation>
- [14] TRIMBLE INC. a GEOTRONICS PRAHA, s.r.o. *Technický popis: Totální stanice Trimble M3*. [online]. 2005-2014 [cit. 1.4.2021].
Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf
- [15] FARO Focus3D: Features, Benefits & Technical Specifications. In: GB- geodézie, spol. s r.o.: geodézie, geod [online]. Brno: FARO, 2013 [cit. 2.4.2021].
Dostupné z: http://www.gb-geodezie.cz/wp-content/uploads/2016/01/FARO_-_Focus_3D.pdf
- [16] Trimble Geospatial, *Trimble Real Works student guide*.. Trimble Geospatial, Transforming the Way the World Works [online] 2021 [cit. 3.4.2021].
Dostupné z: <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-realworks>

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Bpv – Výškový systém baltský po vyrovnání

CAD – Computer aided design

CCD – Charged couple device

ČSN – Česká státní norma

GNSS – Global Navigation Satellite System

ICP – Iterative Closest Point

LED – Light-Emitting Diode

NP – nadzemní podlaží

S–JTSK – Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

9.1 Seznam obrázků

Obr. 2.1 – Hrad Veveří [2].....	10
Obr. 2.2 – Příhrádek.....	12
Obr. 3.1 – Princip optoelektronického určení délky [7]	15
Obr. 3.2 – Kamerový (vlevo) a panoramatický skener [7]	16
Obr. 4.1 – Ukázka grafického rozhraní Groma	21
Obr. 4.2 – Ukázka grafického rozhraní Trimble Real Works.....	22
Obr. 4.3 – Ukázka rozhraní MicroStation v8i	23
Obr. 5.1 – Totální stanice Trimble M3 DR2 [14].....	25
Obr. 5.2 – Laserový skener Faro Focus 3D (Foto K. Velecká)	26
Obr. 5.3 – Vlíčovací bod v podobě šachovnicové terče (Foto K. Velecká)	27
Obr. 5.4 – Měření totální stanicí (Foto K. Velecká).....	28
Obr. 5.5 – Minihranol (Foto K. Velecká)	28
Obr. 5.6 – Odrazný hranol (Foto K. Velecká)	29
Obr. 5.7 – Domovská obrazovka skeneru [8]	30
Obr. 5.8 – Nastavení správy [8].....	31
Obr. 5.9 – Založení projektu [8]	32
Obr. 5.10 – Nastavení projektu [8]	32
Obr. 5.11 – Výběr profilu [8].....	33
Obr. 5.12 – Obecné nastavení [8]	33
Obr. 5.13 – Senzory [8]	34
Obr. 5.14 – Náhled skenu [8].....	35
Obr. 5.15 – Nastavení parametrů [8]	36
Obr. 5.16 – Nastavení rozlišení a kvality [8].....	36
Obr. 5.17 – Nastavení rozsahu skenovaného objektu [8]	37
Obr. 5.18 – Sběr dat (Foto P. Kučeravý)	38
Obr. 5.19 – Výběr módů	39
Obr. 5.20 – Funkce Create Sampled Scans.....	40
Obr. 5.21 – Ukázka vytvořeného mračna	41
Obr. 5.22 – Funkce Auto-Extract Targets.....	42
Obr. 5.23 – Ukázka automatického vyhledání vlíčovacích bodů	42
Obr. 5.24 – Funkce Auto-Register using Planes.....	43
Obr. 5.25 – Funkce Target-Based Registration	44
Obr. 5.26 – Funkce Cloud-Based Registration	45

Obr. 5.27 – Registrace zájmových objektů.....	46
Obr. 5.28 – Registrace budovy U Hyklů a kotelny.....	46
Obr. 5.29 – Funkce Georeferencing.....	47
Obr. 5.30 – Funkce Segmentation	48
Obr. 5.31 – Rozhraní Cutting Plane.....	49
Obr. 5.32 – Určení orientace řezu.....	49
Obr. 5.33 – Funkce 2D-EasyLine	50
Obr. 5.34 – Export řezů	51
Obr. 5.35 – Nastavení souřadnicového systému.....	52
Obr. 5.36 – Funkce Limit Box Mode.....	53
Obr. 5.37 – Funkce Ortho-Projection	53
Obr. 5.38 – Ukázka z tvorby půdorysu	54
Obr. 5.39 – Ukázka z tvorby řezů.....	55
Obr. 5.40 – Ukázka z tvorby technických pohledů.....	55

9.2 Seznam tabulek

Tab. 5.1 – Vybrané technické parametry totální stanice Trimble M3 DR2 [14].....	25
Tab. 5.2 – Vybrané technické parametry laserového skeneru Faro Focus 3D [15].....	26
Tab. 5.3 – Hlavní funkce [8].....	30
Tab. 5.4 – Funkce správy [8].....	31
Tab. 5.5 – Funkce senzorů [8]	34
Tab. 5.6 – Funkce prohlížení skenu [8]	35
Tab. 5.7 – Funkce Sampling Type.....	40
Tab. 5.9 – Funkce Sampling	49
Tab. 5.10 – Funkce určení orientace řezu.....	50

10 SEZNAM PŘÍLOH

- 1) Technická zpráva
- 2) Půdorysné a svislé řezy 1:50, technické pohledy 1:100
- 3) CD
 - 📁 01_Zápisníky *
 - 📁 02_Protokoly *
 - 📁 03_Ověření rozměrů modelu
 - 📁 04_Seznamy souřadnic
 - 📄 VB.txt (vlíčovací body)
 - 📄 SS PMS.txt (body pomocné měřické sítě)
 - 📁 05_Výkresová dokumentace
 - 📄 Půdorys 1NP (*.dgn, *.dwg)
 - 📄 Řezy (*.dgn, *.dwg)
 - 📄 Technické pohledy (*.dgn, *.dwg)
 - 📄 Technická zpráva.pdf
 - 📄 Půdorys 1NP.pdf
 - 📄 Řezy.pdf
 - 📄 Technické pohledy.pdf
 - 📄 PMS BP.pdf

Poznámka: * označuje přílohy, které jsou odevzdány pouze elektronicky (tzn. v příloženém CD a v elektronické formě práce)