ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DOKUMENTACE SKUTEČNÉHO STAVU ČÁSTI ZÁMKU VE SVĚTLÉ NAD SÁZAVOU

Vedoucí diplomové práce: Ing. Lenka Línková, Ph.D.

Katedra speciální geodézie

květen 2021

Bc. Eliška PAPEŽOVÁ

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Dokumentace skutečného stavu části zámku ve Světlé nad Sázavou* zpracovala samostatně pod vedením Ing. Lenky Línkové, Ph.D. Veškeré podklady, které jsem k práci použila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Ve Světlé nad Sázavou dne . . . .

Bc. Eliška Papežová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Lence Línkové, Ph.D. za poskytnuté materiály, cenné rady a vstřícnost při zpracování této práce a Ing. Tomášovi Křemenovi, Ph.D. za rady a konzultace při zpracování dat v programu Leica Cyclone. Dále bych chtěla poděkovat firmě Geoperfect s.r.o. za poskytnutá naměřená data pro zpracování této práce.

Mé poděkování také patři i mé rodině a přátelům za jejich podporu během celého studia.

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je vytvoření dílčí dokumentace skutečného stavu části zámku ve Světlé nad Sázavou, v okrese Havlíčkův Brod. Podkladem pro vyhotovení výkresu situace bylo měření provedené prostorovou polární metodou s použitím totální stanice. Pro zpracování byl použit program Groma a AutoCAD. Pro sběr podrobných bodů na venkovních fasádách objektu byla využita metoda laserového skenování. Vzniklá mračna bodů byla využita k tvorbě pohledů v programech Leica Cyclone a AutoCAD 2020. Výsledkem práce je výkres situace blízkého okolí zámku v měřítku 1:500 a pět pohledů venkovních fasád objektu v měřítku 1:50.

KLÍČOVÁ SLOVA

Laserové skenování, prostorová polární metoda, Groma, Leica Cyclone, AutoCAD, měřická dokumentace

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis is the creation of partial documentation of the actual state of a part of the chateau in Světlá nad Sázavou, in the district of Havlíčkův Brod. The basis for making a drawing of the situation was a measurement performed by the spatial polar method using a total station. Groma and AutoCAD were used for processing. The laser scanning method was used to collect detailed points on the exterior facades of the building. The resulting point clouds were used to create views in Leica Cyclone and AutoCAD 2020. The result is a drawing of the situation near the castle at a scale of 1: 500 and five views of the exterior facades of the building at a scale of 1:50.

KEYWORDS

Laser scanning, spatial polar method, Groma, Leica Cyclone, AutoCAD, measurement documentation

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

GNSS	Globální navigační družicový systém
RTK	Real Time Kinematic
CZEPOS	Síť referenčních stanic Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Výškový systém Baltský po vyrovnání
ČVUT	České vysoké učení technické
ČSN	Česká státní norma
API	Application Programming Interface
CAD	Computer Aided Design
DWG	formát, v němž jsou ukládány 2D či 3D výkresy
DXF	formát pro ukládání návrhů vytvořených v CAD systémech

OBSAH

1 ÚVOD 9

2 ZÁMEK SVĚTLÁ NAD SÁZAVOU 11

2.1 Světlá nad Sázavou 11

2.2 Historie 12

2.3 Dnes 14

2.4 Popis objektu 15

2.5 Zámecký park 16

3 MĚŘICKÁ DOKUMENTACE HISTORICKÝCH OBJEKTŮ 18

3.1 Památková péče 18

3.2 Zaměřování historických objektů 19

3.2.1 Geodetické metody 19

3.2.2 Fotogrammetrické metody 20

3.2.3 3D skenování 21

3.3 Výstupy 21

4 LASEROVÉ SKENOVÁNÍ 23

4.1 Dělení laserových skenovacích systémů 23

4.2 Obecný postup při měření a zpracování dat 24

5 ZAMĚŘENÍ 26

5.1 Zaměření situace 26

5.2 Zaměření fasád objektu 28

5.3 Přístrojové vybavení 30

5.3.1 Ashtech ProMark 200 30

5.3.2 Trimble R8 31

5.3.3 Sokkia SET3X 32

5.3.4 Leica 1103 32

6 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT 34

6.1 Groma 34

6.2 Situace 35

6.2.1 Výpočet bodů určených metodou GNSS 35
6.2.2 Data z totální stanice 35
6.3 Přesnost měřených dat 38
6.3.1 Data pro zpracování situace 38
6.3.1 Data pro zpracování pohledů 39

7 VYHOTOVENÍ DÍLČÍ DOKUMENTACE 40
7.1 Použité programy 40
7.1.1 AutoCAD 40
7.1.2 Leica Cyclone 41
7.2 Zpracování situace 42
7.3 Zpracování pohledů venkovních fasád objektu 46
7.3.1 Import dat do programu Leica Cyclone 46
7.3.2 Vektorizace v programu Leica Cyclone 47
7.3.3 Export z programu Leica Cyclone 51
6.3.1 Vektorizace v programu AutoCAD 52

8 ZÁVĚR 58

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ 59

SEZNAM OBRÁZKŮ 62

SEZNAM TABULEK 64

SEZNAM PŘÍLOH 65

1 ÚVOD

Tvorba a návrhy staveb jako takových jsou stejně staré jako lidstvo samo. Staly se tak nedílnou součástí našich životů, a to ať už se jedná o stavby obytné, občanské, průmyslové či jiné. Stavební objekty pocházející ze století minulých neboli jsou pro nás navíc cenné tím, že jsou bohatým zdrojem informací o naší minulosti, o tvůrčích schopnostech lidí pocházejících z dob výstavby nebo se mohou vztahovat k historickým událostem. Historické objekty nejsou jen velké stavby jako hrady a zámky, ale i drobné stavby, městské či vesnické domy nebo různé sochy či kvalitně uměleckořemeslně zpracované předměty denního života. Všechny tyto objekty jsou hmotné odkazy našich předků, a proto jsou důležité jak pro společnost dnes, tak i pro další generace. Životnost staveb ale ovlivňuje spousta okolností jako jsou třeba přírodní vlivy či funkční využívání a intenzita. Proto je v určité fázi každé stavby nutnost provádět její údržbu, opravu, ochranu či dodatečné stavební práce. U historických objektů je tato péče však mnohem složitější a náročnější.

Zaměřování historických objektů se tak stalo nedílnou součástí při provádění kvalitní péče o ně. Prováděné zaměření slouží k doplnění již existující dokumentace nebo mnohem častěji k novému vyhotovení měřičské dokumentace. Díky vyhotovené měřičské dokumentaci je tak možné se důkladně připravit na rekonstrukci, a hlavně předejít mnohým problémům, které by během oprav mohly nastat. Zaměřování a vyhotovení takové dokumentace se vždy odvíjí od charakteru objektu a požadavků osob, pro které má být vyhotovena, a proto existuje několik druhů podrobností vytvářených dokumentací a používaných metod pro zaměření. Proto není vždy nutné, aby toto zaměření bylo provedeno profesionálními geodety s nákladným vybavením, ale mnohdy u jednoduchých objektů postačí tradiční měřické metody využívající jednoduchých pomůcek. Často však tento proces bývá dost časově i finančně náročný, ale není dobré ho podceňovat. Naopak jeho zjednodušení mnohdy vede k dalšímu měření, a tím i zvýšení finančních nákladů. [1]

Hlavním cílem této diplomové práce je vytvoření dokumentace skutečného provedení části zámku ve Světlé nad Sázavou. Situace byla vytvořena na podkladě měření totální stanicí prostorovou polární metodou a výsledný výkres byl vyhotoven v měřítku

1:500. Dále byly vyhotoveny pohledy venkovních fasád objektu za pomoci mračna bodů získaného metodou laserové skenování. Výkresy pohledů byly provedeny v měřítku 1:50.

Celou práci je možné rozdělit do tří částí. První část práce obsahuje základní informace a popis dokumentovaného objektu a okolí. Druhá část je teoretického rázu, kde je obecně popsána měřická dokumentace historických objektů a metoda laserového skenování. A ve třetí části je popsáno zaměření zájmové oblasti, zpracování naměřených dat a poměrně rosáhlý popis práce tvorby výkresu situace a výkresů pohledů fasád objektu.

2 ZÁMEK SVĚTLÁ NAD SÁZAVOU

Takřka uprostřed malebné krajiny Českomoravské vrchoviny, na levém břehu Sázavy, pár metru od centra města Světlá nad Sázavou (obr. 1), se nachází stejnojmenný zámek, jehož historie sahá až do středověku, kdy byla postavena původní gotická tvrz. Od té doby se na zámku vystřídalo spousty majitelů a objekt prošel mnohými přestavbami a dostavbami až do dnešní podoby. Zámek je společně s přilehlým parkem od roku 1963 chráněn jako kulturní památka. [2]

Obr. 1: Podoba města Světlá nad Sázavou v roce 1813 [3]

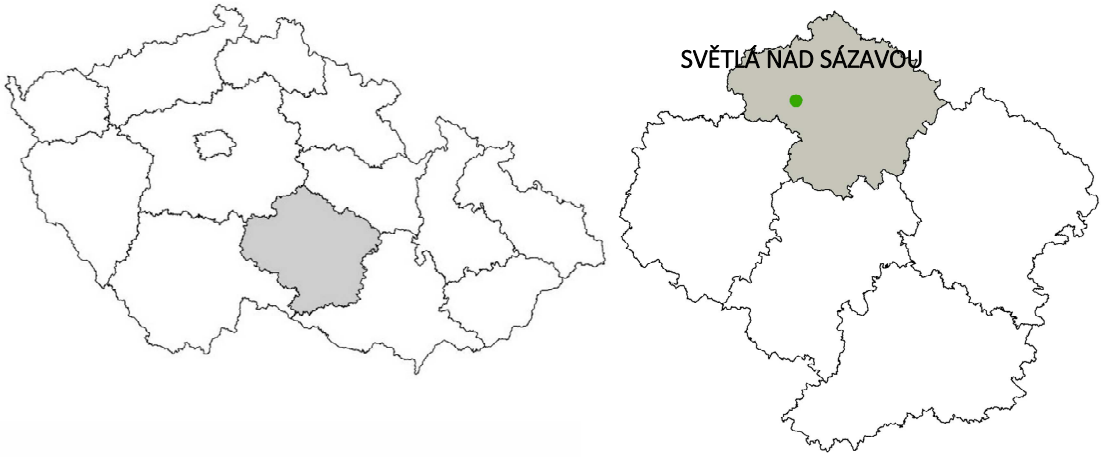
2.1 Světlá nad Sázavou

Světlá nad Sázavou je město ležící v kraji Vysočina, v okrese Havlíčkův Brod (obr. 2), asi 17 km severozápadně od města Havlíčkův Brod. Město se rozprostírá na březích řeky Sázavy. V současné době má přibližně 6 500 obyvatel. Vznik města sahá do doby tzv. vnitřní kolonizace probíhající od 2. poloviny 12. století. Obdobím rozkvětu se pro Světlou stala doba po husitských válkách, kdy město získali Trčkové z Lípy. Tento rod vládl celému střednímu Posázaví až do roku 1634, kdy mu bylo panství zkonfiskováno.

Symbolem zdejší průmyslové výroby je sklo a kámen. První zmínky o sklářské výrobě v oblasti Světelska se datují již ke konci 16. století, kdy zde začalo vznikat velké množství drobných skláren. V roce 1967 se začalo s budováním nové velké sklárny Crystal

Bohemia a.s., která funguje dodnes s automatickou výrobou nápojového skla. Dalším významným odvětvím je těžba žuly a její zpracování. Největším lomem v této oblasti je Horka, z jejíž žuly jsou mj. obklady fasád některých významných staveb v Praze i jinde.

Mezi dominanty města patří světelský zámek a děkanský kostel sv. Václava pocházející z druhé poloviny 16. století. Dále se zde nachází středověké podzemí či dům bývalého městského špitálu, kde se v roce 1801 narodil hudební skladatel Alois Jelen. [4], [5]



Obr. 2: Lokalita města Světlá nad Sázavou

2.2 Historie

Základ k dnešnímu světelskému zámku položil Štěpán ze Šternberka, který nechal roku 1993 postavit gotickou tvrz chráněnou příkopy s vodou. Když roku 1429 připadlo světelské panství rodu Trčků z Lípy, začal s budováním vlastního zámku v roce 1567 Burian Trčka z Lípy, který prý stávající tvrz renesančně upravil a zároveň k ní přistavěl jednopatrovou část, která byla vybudována ve stylu loveckého zámečku taktéž v renesančním stylu. Trčkové tu sídlili až do roku 1636, kdy byl jejich majetek zkonfiskován a připadl královské komoře.

Po třicetileté válce se na zámku vystřídalo několik majitelů. Do další přístavby se pustil Jan Bartoloměj z Vernieru, a to východního křídla v místech, kde kdysi údajně býval pivovar. Pro finanční problémy však stavbu nedokončil, proto přístavbu dovršil teprve v roce 1737 hrabě František Antonín Černín, který pokračoval v úpravách zámku v duchu baroka. Východní křídlo bylo za jeho dob obohaceno o sochařskou výzdobu,

arkády v prvním patře a rodové erby. Další přestavba nastala mezi léty 1774 a 1775, kdy na zámku působil rod Kolovratů Krakovských.

V roce 1809 nastala změna původního účelu zámku, a na nějaký čas se proměnil ve vojenskou nemocnici. Dalším z mnohých majitelů zámku se stal v roce 1817 hrabě František Josef Zichy, který uzavřel zámecké obdélníkové nádvoří a provedl stavební úpravy v empírovém stylu. Rytířský sál a ostatní místnosti v prvním patře se dočkaly štukové výzdoby. Poslední větší úpravy, které daly zámku dnešní podobu, uskutečnil v letech 1868-1873 hrabě František Josef ze Salm-Reifferschedtu (obr. 3). Architekt Svatoš z Vídně, kterého si k přestavbě přizvali, se podle jeho přání snažil zrenovovat jednotlivé části zámku tak, aby nenarušil původní stavební sloh. Proto je dnes celá stavba architektonicky tak různorodá. Jediné stavební úpravy byly provedeny na hlavním západním křídle, kde nechal přistavět věžičku a balkón nad vjezdem do nádvoří v novorenesančním stylu a na nádvoří provedl uzavření arkád řadou oken.

Začátkem 20. století se na zámku usídlila Pozemková banka. Brzy na to se zámek stal majitelem továrník Richard Morawetz, ale ten ještě před válkou musel opustit Čechy, a tak zámek využila ke svým účelům německá posádka. Od roku 1949 se na zámku usídlila střední zemědělská škola, a to do roku 2011. [6], [7]

Obr. 3: Historická fotografie – pohled na východní fasádu zámku [8]

2.3 Dnes

V roce 2013 rada města Světlá nad Sázavou prodala zámek rodině Degerme, a od té doby je zámek v soukromých rukách. Hlavním cílem této rodiny byla záchrana kulturní památky, proto od téhož roku započala postupná rekonstrukce celého zámku. Od roku 2014 je zámek přístupný široké veřejnosti.

Jako první byly započaty rekonstrukce vnitřních prostor, které vzhledem velké rozloze zámku trvají dodnes. Vnitřní prostory nejvíce utrpěly v době, kdy na zámku sídlila zemědělská škola a ze zámeckých prostor se staly učebny. V těchto letech bylo na zámku prováděno spoustu úprav, které této historické budově spíše ubraly nikoliv přidaly. Bylo tak nutné provést odstranění vybudovaných příček, nízkých stropů, umyvadel instalovaných v každé místnosti v době působení na zámku zemědělské školy nebo plastových lustrů. V roce 2017 proběhla velmi náročná záchrana stropu Rytířského sálu, největší místnosti na zámku, který byl v havarijním stavu.

V roce 2016 byla započata rekonstrukce exteriéru zámku, a to západní empirové fasády, kde byla také nově nainstalována autentická replika ztraceného erbu rodu Salm-Reifferscheidtů. Následující rok byly provedeny opravy východní barokní fasády, a to i uvnitř na zámeckém nádvoří. Roku 2018 došlo k nejvíce úpravám, byly dokončeny tři zbylé strany objektu na zámeckém nádvoří. Každá z těchto vnitřních fasád vznikla v různých letech, a tak se jedná o stěny ve stylu raného baroka, renesance a empiru. Téhož roku byla zrekonstruována i severní venkovní fasáda, při níž bylo po odstranění betonových nátěrů nalezeno pět původních oken v žulovém obložení z barokního období na severní stěně skleníku, který v půlce 19. století vybudoval hrabě Salm-Reifferscheidt. Následovala oprava poslední jižní fasády zámku, kde se nachází původní část renesančního loveckého zámečku dokončené v roce 2019. Poslední rekonstrukce na exteriéru objektu byla provedena na podzim roku 2020, a to obnova zámecké oranžerie, kde bylo nutné provést renovaci kovových konstrukcí a výměnu skleněných tabulek. [9]

2.4 Popis objektu

Svou nynější podobu získal zámek tehdejší úpravou architekta Svatoše z Vídně. Vznikla tak jednopatrová historizující budova o čtyřech křídlech (obr. 4), která uzavírá obdélníkové nádvoří s kašnou. Stavba se tak skládá z různorodých křídel postavených v několika stavebních slohách. Nejstarší část zámku, původní renesanční lovecký zámek, je součástí jižního křídla, které se celé nese v duchu renesance. Severní a východní fasáda se byly vybudovány jako barokní a západní fasáda je v empirovém stylu. Uprostřed západního křídla se nachází jeden z vchodů do zámku, v průčelí fasády jsou umístěny dva klasicistní kamenné sloupy. Z nádvoří se druhým klenutým vchodem ve východním křídle vstupuje do rozlehlého anglického zámeckého parku s rybníky.

Obr. 4: Zámek Světlá nad Sázavou [10]

V části severního křídla zámku se nachází již zrekonstruovaná oranžérie s umělou jeskyní grotta s kašnou, do které vede hlavní vstup ze zámeckého nádvoří. Oranžerie je přes schodiště průchozí z empírového do barokního křídla. Skleník byl vybudován v 19. století, vybouráním části barokní křídla. Do kašny teče voda samospádem z parkového jezírka.

V renesančním severním křídle zámku ve zrenovovaných prostorách byla vybudována kavárna Ladurée a ubytování v podobě apartmánů, které jsou vybaveny v klasickém zámeckém stylu.

Z místností v západním empirovém křídle slouží ke kulturním potřebám Rytířský sál, a to při různých slavnostních příležitostech, jako jsou svatby či koncerty. Rytířský sál je se svými 165 metry čtverečními největší místností na zámku. Nově zrestaurovaná štukovaný strop se vypíná ve výšce osmi metrů.

Při pohledu na střechy zámku je k vidění celkem 24 komínů, avšak veškeré zámecké krby a kachlová kamna již v zámku k nalezení nejsou, byly zničeny během působení zemědělské školy. Z toho, co se však v interiérech povedlo dochovat je soubor 13ti kusů renesančních intarzovaných dveří z dob Trčků z Lípy, které byly nově zrenovovány. [9]

2.5 Zámecký park

V těsné blízkosti zámku se rozkládá park o rozloze 18 ha (obr.5). Určité úpravy probíhaly již v letech 1821 a 1843. Další velkou úpravou prošel park společně se zámkem v letech 1869-1873, kdy ho tehdejší majitel František Josef hrabě Salm-Reifferscheidt nechal přestavět v anglickém stylu. Park byl v této době i obohacen drobnými zahradními stavbami, z nichž jsou dodnes patrné především altánky, lavičky, kamenné mostky či ocelový klenutý Čertův most nad kamennou strží pod přelivem rybníků. Park je natolik zalesněný, že některá místa již připomínají svými porosty les.

V době vlády totalitního režimu však přestal být park pravidelně udržován, a to i přestože byl v 60. letech 20. století spolu se zámkem zapsán do seznamu památek. Dobové prvky z období romantismu tak začaly chátrat a byly ničeny, park zarůstal a pustl. Po roce 1989 nebyly restituční nároky potomků posledních majitelů uznány a park do roku 1998 neměl vlastníka. Tehdy jej získalo město a o rok později začala revitalizace parku včetně odvodňovacích sítí, cest a rozsáhlých rekonstrukcí rybníků.

Mimo drobných mobiliářů a pozůstalých altánků se na okraji parku nachází i kamenný pomník zakladatele českého skautingu A.B. Svojsíka a básníka a skauta Jiřího Wolkera. Kaskáda rybníků na okraji parku je využívána jako koupaliště i jako místo pro rybaření. [11]

Obr. 5: Schéma zámeckého parku [11]

3 MĚŘICKÁ DOKUMENTACE HISTORICKÝCH OBJEKTŮ

V této kapitole bylo čerpáno z [1], pokud není uvedeno jinak.

Historické objekty jsou významnou součástí kulturního dědictví. V běžném životě vnímáme především jejich vzhled, urbanistické uspořádání či zasazení do krajiny, ale tyto stavby významně ovlivňují kvalitu našeho životního prostředí v nejširším významu tohoto pojmu. Historické stavby jsou také bohatým a mnohotvárným zdrojem informací o naší minulosti. Velký význam má proto jejich poznávání, výzkum a dokumentace, a to jak z hlediska kvalitní péče o ně, tak ve vztahu k širokým potřebám kulturní společnosti.[12] Počátky zaměřování památných staveb sahají do období raného novověku, kdy se s příchodem humanismu a vzrůstu zájmu o hmotný odkaz antiky začali umělci a architekti věnovat zaměřováním ruin a jejich zkoumání.

Měřická dokumentace staveb patří v současné době mezi nepostradatelné složky památkové péče a vědeckého průzkumu historické architektury. Pro práci památkových architektů, stavebních historiků provádějící stavebně-historický průzkum a projektantů připravujících obnovu, rekonstrukci či přestavbu je měřická dokumentace nezbytným podkladem pro jejich práci. U historických objektů dost často nejsou zachovány vůbec žádné dokumentace nebo naprosté minimu (obr. 6), proto je nutné provést kompletně novou měřickou dokumentaci.

Pro zaměřování památkových objektů bylo vydáno několik směrnic a metodické pokyny. Problémem však je, že ty nejkvalitnější a nejobsáhlejší vznikly již během druhé poloviny 20. století a vzhledem k vývoji technologie a zvýšení nároku na podrobnost a přesnost jsou v dnešní době zastaralé a nelze je použít.

3.1 Památková péče

Jinými slovy také ochrana památek je cílená snaha společnosti o zachování veškerého světové dědictví, tedy kulturních i přírodních památek. V České republice má péči o kulturní památky na starosti Památková inspekce a odbor památkové péče Ministerstva kultury a jím zřízená odborná organizace památkové péče - Národní památkový ústav. Do ochrany památek se také aktivně zapojují nezávislé spolky a sdružení.

Hlavním cílem památkové péče je především uchování památky, prodloužení jejího života a snaha o její další zapojení do současného života. Památku můžeme konzervovat, restaurovat, restituovat (navrátit původní prvky na původní místo), rekonstruovat či asanovat (očistit). [13]

3.2 Zaměřování historických objektů

Před samotným zaměřováním je důležitá rozvaha o hodnotě, potenciálu památkového objektu a účel k němuž bude dokumentace sloužit, a na základě toho zvolit podrobnost měření. Celkem rozlišujeme čtyři základní kategorie podrobnosti: orientační, základní, podrobná a tvarově věrná. Jednotlivé kategorie se od sebe liší nejen přesností, ale i finančními a časovými prostředky. Avšak u moderních technologií, jako je 3D skenování, se rozdíl v časové náročnosti mezi jednoduchou a nejpodrobnější terénní dokumentací o tolik lišit nemusí, a tak je možné provést terénní práci v nejvyšší kvalitě a nižší stupeň podrobnosti aplikovat pouze při zpracování, které se tím zjednoduší a zlevní.

3.2.1 Geodetické metody

Jedním ze způsobu zaměřování je použití geodetických metod. Jednotlivé měřické metody budou popsány zvlášť ačkoliv v praxi se při zaměření nejčastěji setkáme s kombinováním více metod.

- Oměrná metoda

Jedná se o přímé měření vzdáleností mezi charakteristickými body stavby. Pro měření může být použito svinovací kovové pásmo či laserový dálkoměr. Aby při vynášení naměřených hodnot nedocházelo k nepravidelnosti v půdoryse je dobré provádět i měření diagonál. Oměrná metoda je vhodná pro zaměřování menších a spíše pravidelných objektů. Při podrobnějším zaměření slouží pouze jako doplňková metoda pro doměrky a kontrolní míry.

- Kolmicová metoda

Kolmicová metoda je stará a jednoduchá geodetická metoda jejíž základem jsou měřické přímky, vytyčené různými způsoby. Poloha bodů se určí spuštěním kolmice z daného bodu na měřickou přímku a měří se poloha paty kolmice vůči počátku měřické přímky a délka kolmice. Pro určení pat kolmic je možné využít pentagonální hranol nebo do 2 metrů délky kolmici vytyčit od oka. Tato metoda se hodí pro méně náročné zaměření nepravidelných objektů.

- Polární metoda

Od nástupu elektronických dálkoměru se stala prostorová polární metoda základem všech geodetických měření. Základním principem je měření šikmé délky od stanoviska, vodorovného úhlu a zenitového úhlu na určovaných charakteristický bod. Tato metoda je vhodná pro všechny druhy úloh s bodovým měřením a také bývá dost často základem pro fotogrammetrické nebo 3D skenovací měřické práce. Jedná se o přesnou metodu, jejíž přesnost závisí na použitém vybavení a také pečlivosti měřiče při centraci a horizontaci přístroje na stanovisku.

3.2.2 Fotogrammetrické metody

Jedná se o metody, u kterých se informace o objektech nezískávají přímým měřením, ale měřením jejich fotografických obrazů pomocí digitálních kamer. Měření v terénu bývá oproti geodetickým metodám daleko rychlejší a při stejné časové náročnosti i daleko podrobnější. Fotogrammetrii je proto vhodné použít při dokumentaci složitějších objektů s rozsáhlejší kresbou. Podle způsobu snímkování se fotogrammetrie dělí na pozemní a leteckou.

Dle počtu snímku můžeme rozlišovat fotogrammetrii jednosnímkovou a vícesnímkovou. Jednosnímková fotogrammetrie slouží pro dokumentaci rovinných nebo rovině se blížících objektů, a je možné ji tedy použít pro dokumentaci fasád objektů. Nejpřesnější z fotogrammetrických metod je stereofotogrammetrie, tím je ale i nákladnější. U této metody se provádí vyhodnocení z dvojice snímků na základě umělého stereoskopického vjemu. Dalšími metodami jsou průseková a metoda obrazové korelace, díky kterým je možné získat 3D souřadnice charakteristických bodů

zaměřovaného objektu. Průseková metoda je zpravidla časově nejnáročnější, kde zhruba 40 % času zabírá vytvoření výstupu v CAD prostředí. Metoda obrazové korelace je levnější metodou 3D skenování.

3.2.3 3D skenování

Jedná se o bezkontaktní, nevýběrové automatické zaměřování polohy velkého množství bodů v pravidelném rastru. Skenery můžeme rozdělit z hlediska pozice na statické, mobilní a ruční z nichž se pro stavební dokumentaci nejčastěji využívá statických. Metody laserového skenování se v posledních letech dostali mezi často používané, avšak se jedná o metodu náročnou jak na odbornost, tak i vybavení pro měření a následné zpracování.

Jsou vhodné především pro dokumentaci rozlehlých území, rozsáhlých objektů s členitým povrchem a pro špatně přístupné objekty. Jak statické, tak i ruční skenery jsou dobře využitelné pří dokumentaci složitých struktur architektury, jako například síťové klenby, zdobné fasády a další detaily.

3.3 Výstupy

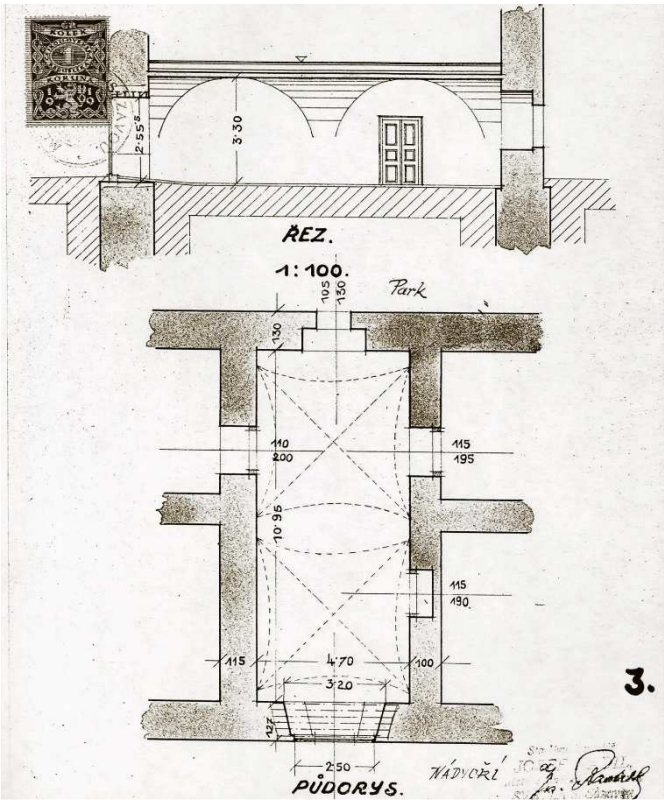
Měřickou dokumentaci v památkové péči dělíme do dvou skupin, a to celkovou a dílčí. U dokumentace dílčí můžeme stanovit pouze minimální rozsah, tedy povinné součásti, a celková dokumentace má navíc základní a doplňkové části. Mezi povinné součásti patří: identifikační údaje, průvodní či technická zpráva, polní náčrty a výsledné výkresy, ať už v digitální či analogové podobě. Hlavním požadavkem u měřických dokumentací je přehlednost a dostatečně podrobné zobrazení dokumentovaného objektu, dle předem domluvených kritérií.

U klasické 2D dokumentace stavby je ustálená skladba, u níž se mění pouze počet některých výkresů (svislé řezy, pohledy na průčelí, dílčí řezy a detaily) podle požadované podrobnosti. Vyhotovuje se širší situace v měřítku 1:2880–1:500 a u rozsáhlých areálů i celkový situační plán, případně s vrstevnicemi v měřítku 1:200. Ke každé budově dále půdorysy všech podlaží, včetně krovu a pohledu na střešní plášť, svislé řezy, ortogonální nebo rozvinuté pohledy na všechna průčelí a fasády a dílčí půdorysy, řezy, pohledy

nebo detaily. Výsledná skladba výkresů je však závislá na konkrétním měřeném objektu a zadavateli.

Půdorysy, řezy, pohledy a jiné výkresy zaměřovaného objektu bývají vyhotovovány v měřítku 1:200, 1:100 a nejčastěji 1:50. Detaily jednotlivých částí bývají zobrazovány v měřítkách 1:20 až 1:1. Zobrazování a kreslení stavebních výkresů vychází z *ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb – kreslení výkresů stavební části a dalších.* [14] Tato norma je, ale uzpůsobena pro zobrazování spíše moderních konstrukcí, a proto není prakticky možné se jí striktně řídit u dokumentace historických objektů, které často vyžadují širší škálu typů a tlouštěk čar.

Výstupy z 3D dokumentace skenováním, nebo obrazovou korelací bývají více různorodé. Může se jednat o prosté mračno bodů nebo prostorový model v různé formě. Výsledný formát závisí na použitém vybavení a na dalším záměru s daty. Minimálně může být odevzdán soubor s originálními daty, základní výstupy a odvozené výstupy. Data bývají ve formátech pro popis trojrozměrných dat, jako např. X3D, VRM, OBJ, PLY a další.

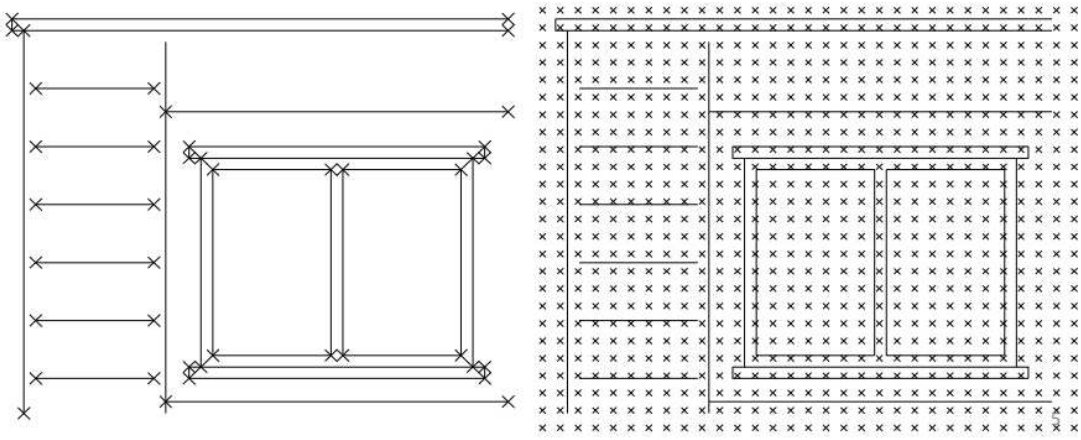


Obr. 6: Jeden z dochovaných výkresů ze zámku Světlá nad Sázavou [9]

4 LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

V této kapitole bylo čerpáno z [15], [16] a [17].

Laserové skenování je metoda bezkontaktního a neselektivního sběru dat (obr. 8), která se začala objevovat ke konci 90. let 20. století. Výsledkem skenování je soubor obsahující velké množství bodů v prostoru, tzv. mračno bodů. Výhodou této metody je rychlost při pořizování dat, vysoká přesnost a komplexnost měření.

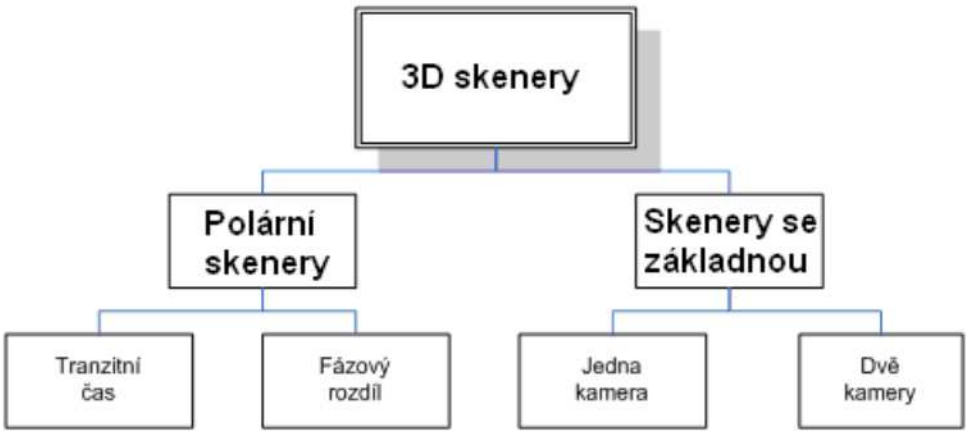


Obr. 7: Selektivní (vlevo) a neselektivní (vpravo) zaměřování bodů [16]

4.1 Dělení laserových skenovacích systémů

3D laserové skenery obecně fungují tak, že zdroj záření vydává parsek, a ten je naváděn na body rastru ve sloupcích a řádcích, přičemž je určován vertikální, horizontální úhel a vzdálenost. Je-li použito soustavy zrcadel nebo hranolů se vzájemně kolmými osami otáčení je možné rozmítat laserový paprsek do relativně malého zorného pole. Takto fungující skenery se nazývají kamerové. Dalším typem skenerů je panoramatický, kde je pomocí servomotorů otáčeno celým skenerem a tím umožněno zachytit téměř celé okolí. Panoramatické skenery je proto vhodné využít pro skenování blízkých objektů či interiérů a kamerové pro skenování vzdálených objektů.

Další možnost dělení těchto systémů je dle umístění, a to na statické a kinematické. Statické jsou ty, které jsou vůči Zemi v neměnné poloze a kinematické jsou naopak v pohybu, umístěny na nosiči letadla, auta aj. Dále je můžeme rozdělit podle principu měření (obr. 9), přesnosti, rychlosti či dosahu.



Obr. 8: Rozdělení 3D skenovacích systémů podle principu měření [16]

4.2 Obecný postup při měření a zpracování dat

Laserové skenovací systémy používané v inženýrské geodézii jsou především pozemní a statické, a polohu bodů určují prostorovou polární metodou. Pro měření délek využívají nejčastěji pulsní laserovou technologii. V této kapitole bude tedy uveden obecný postup při měření a zpracování dat ze statických laserových skenerů.

Prvním krokem před samotným měřením je provedení rekognoskace měřeného terénu či objektu. Zároveň je nutné naplánovat vhodné rozvržení stanovisek, aby byla pokryta měřením celá zájmová oblast či objekt. Vzhledem k tomu, že měření většinou probíhá z více stanovisek je nutné zvolit metodu napojení jednotlivých mračen bodů do jednoho. Toto spojení může být provedeno přes překrytová území nebo identické body. Jako identické body mohou být voleny vhodné části zaměřovaného objektu, kulové či černobílé terče. Aby mohl být naskenovaný objekt převeden do požadovaného souřadnicového systému je nutné tyto body také zaměřit jinou metodou, nejčastěji měřeno totální stanicí.

Poté je možné provést měření laserovým skenerem, který se postaví na stanovisko a nechá se temperovat. V přístroji se založí zakázka a provede se vhodné nastavení parametrů pro skenované území či objekt, jako je hustota a kvalita skenování, rozsah zorného pole aj. Měření pak probíhá automatizovaně. Výsledkem měření jsou mračna bodů z jednotlivých stanovisek.

Zpracování dat bývá zpravidla časově náročnější než samotné měření, a také náročné na hardwarové a softwarové vybavení. Při zpracování v kanceláři je provedena prvotní úprava dat, spojení jednotlivých skenů do jednoho, očištění mračna bodů o nežádoucí objekty a redukce počtu bodů. Upravené mračno bodů je možné využít jako podklad pro tvorbu výkresové dokumentace, tvorbu prostorového modelu či digitálního modelu povrchu a terénu.

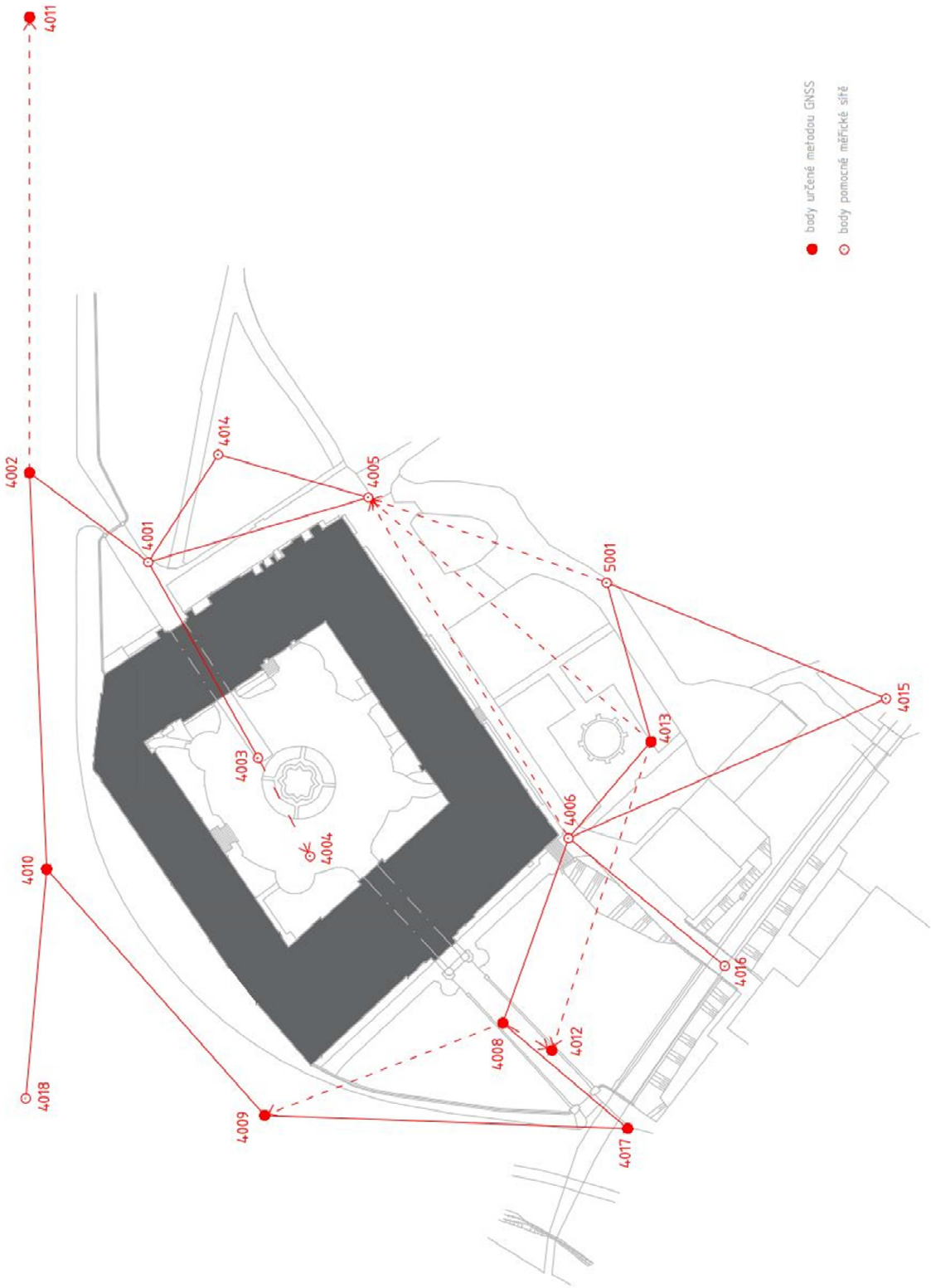
5 ZAMĚŘENÍ

Zaměření situace a fasád budovy bylo provedeno firmou Control Systems International, a.s. a Geoperfect s.r.o. Toto měření jsem od nich převzala, a proto v této kapitole bude popsáno zaměření pouze stručně dle osob, jež zaměření provedli. Měřické práce se skládají ze dvou částí. Nejprve bylo provedeno zaměření situace v okolí světelského zámku za pomoci totální stanice a GNSS přijímače. Dalším měřením byla vytvořena mračna bodů fasád objektu laserovým skenováním. Touto metodou byl zaměřen celý objekt, jak venkovní fasády, tak i fasády vnitřní na zámeckém nádvoří. Dále bylo součástí zadané zakázky zaměření interiéru zámku, což bylo provedeno laserovým dálkoměrem, které však převzato nebylo a není tak obsahem této práce.

5.1 Zaměření situace

Pro zaměření situace v blízkém okolí zámku byla vytvořena pomocná měřická síť. Stabilizováno bylo celkem 18 bodů, které byly rozmístěny tak, aby bylo možné zaměřit vše dle požadavků. Rozmístění bodů v okolí zámku je zobrazeno na obrázku č. 9. Stabilizace bodů byla provedena měřickými hřeby a dřevěnými kolíky. Pro připojení do systému S-JTSK a Bpv byly pomocí technologie GNSS, v síti referenčních stanic Trimble VRS Now Czech, metodou RTK určeny souřadnice 8 bodů pomocné měřické sítě. Body byly určeny dvakrát s minimálním časovým rozestupem jedné hodiny, aby bylo zaručeno jiné postavení družic, a měření tak byla nezávislá.

Měření podrobných bodů bylo provedeno totální stanicí Sokkia SET3X prostorovou polární metodou. Celkem bylo zaměřeno 1,69 ha polohopisu. Obsah zaměření mapového podkladu byl stanoven dle požadavků objednavatele. Měřeny byly budovy a další stavební objekty, krajnice komunikací a chodníků, ploty, výškové body, terénní hrany, veřejné osvětlení atd. Dalším požadavkem bylo zaměření stávajících kanalizačních šachet a vpustí (výška povrchu, výška dna a naznačení stávajícího potrubí). Pro vykreslení situace byly použity pouze body pro umístění těchto šachet a vpustí, výška dna a naznačení stávajícího potrubí použita nebyla.



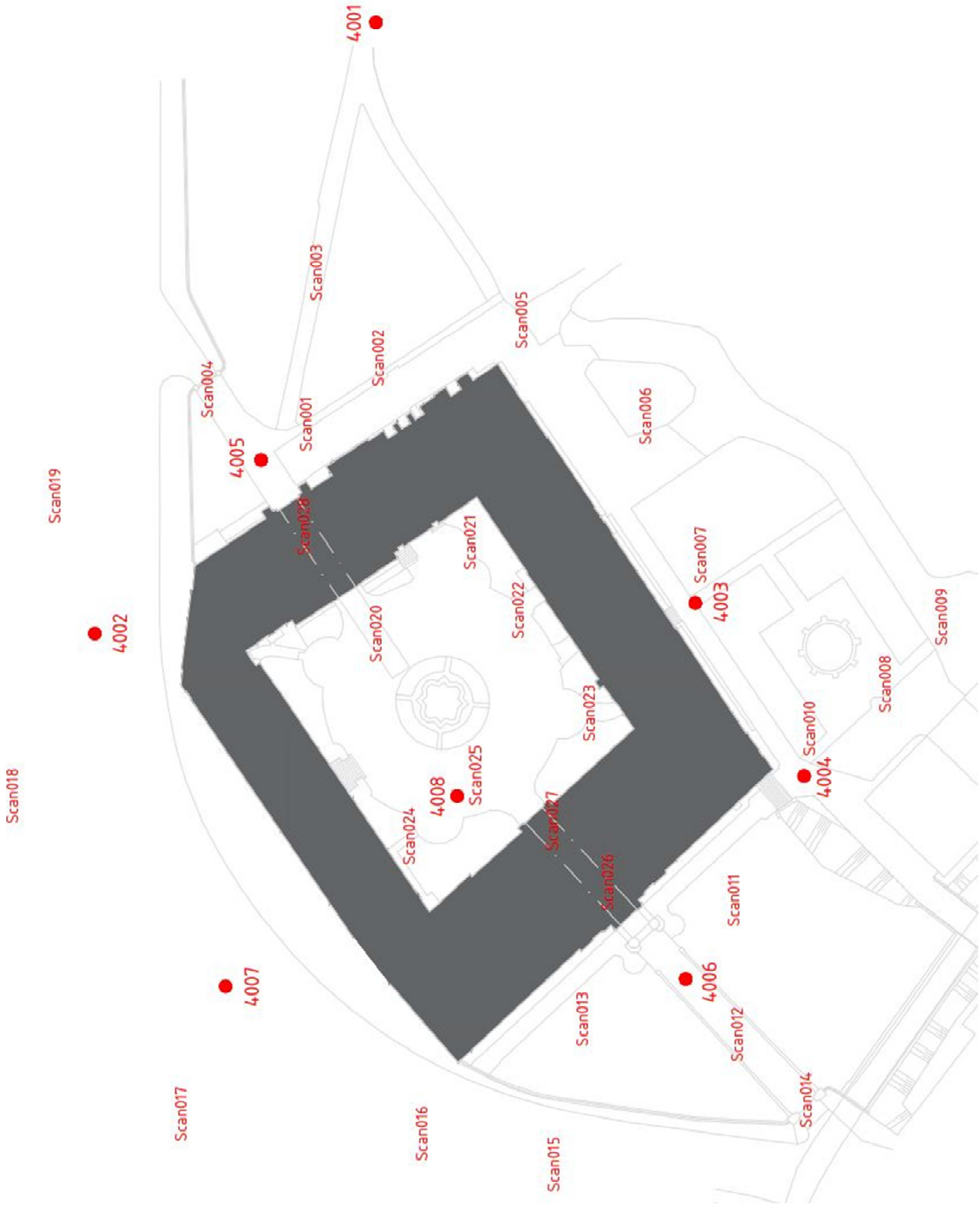
Obr. 9: Schéma bodů pomocné měřické sítě

5.2 Zaměření fasád objektu

Pro získání 3D mračna bodů fasád objektu byla v okolí zámku vytvořena síť 8 geodetických bodů (tab. 1), které byly stabilizovány geodetickými hřeby. Základní polohové a výškové připojení do souřadného systému S-JTSK a výškového systému Bpv bylo provedeno pomocí metody GNSS v režimu RTK s vázáním na pseudoreferenční stanici PRS-0 sítě CZEPOS. Měření bylo provedeno přístrojem Trimble R8. Následně byla celá síť zaměřena pomocí totální stanice Leica 1103, aby bylo možné provést připojení do systému S-JTSK a Bpv. Pro sběr podrobných bodů byla použita metoda laserového skenování. K měření byl použit laserový skener Riegl VZ-400. Skenováno bylo celkem z 28 stanovisek, a tím bylo naměřeno cca 242 000 000 bodů. Hlavním výstupem tohoto měření byly soubory mračen bodů, které slouží jako podklad pro tvorbu pohledů objektu. Na obrázku č. 10 je zobrazeno rozmístění stanovisek pro skenování a body sítě pro připojení do souřadnicového systému.

Tab. 1: Souřadnice bodů sítě pro zaměření fasád objektu

ČB	Y [m]	X [m]	Z [m]
4001	678487.862	1098530.814	392.565
4002	678578.650	1098489.066	392.107
4003	678574.132	1098578.207	391.706
4004	678599.809	1098594.381	391.394
4005	678552.844	1098513.753	392.338
4006	678629.935	1098576.807	390.343
4007	678631.050	1098508.487	391.525
4008	678602.809	1098542.875	391.440



Obr. 10: Schéma bodů pro metodu laserové skenování

5.3 Přístrojové vybavení

Pro zaměření polohopisu, které provedla firma Geoperfect s.r.o., byla použita totální stanice Sokkia SET3X a GNSS přijímač Ashtech ProMark 200. Na zaměření fasád objektu byla použita totální stanice Leica 1103, GNSS přijímač Trimble R8 a laserový skener Riegl VZ-400 (sériové číslo: S9997705), toto zaměření zajistila firma Control Systems International, a.s. Veškeré přístroje, které byly použity pro měřické práce jsou specifikovány níže.

5.3.1 Ashtech ProMark 200

GNSS přijímač byl použit pro zjištění polohy bodů pomocné měřické sítě, při zaměření polohopisu v blízkém okolí Světelského zámku, v režimu RTK.

Promark 200 (obr. 11) je dvou frekvenční síťové RTK řešení vyráběné firmou Ashtech. RTK rover zahrnuje rozšířené bezdrátové síťové řešení (Bluetooth, Wi-Fi), a operační systém Windows Mobile 6.5. Obsahuje měřičský software FastSurvey, který poskytuje možnost spolupráce s jinými geodetickými přístroji pro provádění kompletních úloh, včetně kalibrace staveniště, vytyčování a jiných projektů, kde se používají totální stanice. Přesnost měření při RTK je typicky 10 mm + 1ppm, u statického post-processing bývá 5 mm + 1 ppm a u kinematické post-processing je přesnost 12 mm + 2 ppm. Doba inicializace bývá do 1 minuty a dosah do 40 kilometrů. Provozní teplota je od -20 °C do +60 °C. [18]

Obr. 11: GNSS přijímač ProMark 200 [18]

5.3.2 Trimble R8

GNSS přijímač byl použit pro zjištění polohy bodů pomocné měřické sítě v režimu RTK (Real Time Kinematic) s vázáním na pseudoreferenční stanici PRS-0 sítě CZEPOS. Měření bylo provedeno přístrojem Trimble R8.

Trimble R8 (obr. 12) je multikanálový a multifrekvenční GNSS přijímač, anténa a radiomodem integrovaný do jediné kompaktní jednotky. Technologie Trimble R-Track podporuje jak modernizované GPS signály L2C a L5 tak signály GLONASS L1/L2. Kontrolery jsou vybaveny standardním operačním systémem Microsoft Windows, který umožňuje spuštění polních softwarů Trimble a dalších běžných aplikací. Trimble R8 GNSS rover má v sobě zabudován vnitřní GSM/GPRS modem pro bezdrátové připojení k internetu pomocí NTRIP protokolu. To umožňuje rychlý a snadný přístup k RTK korekcím ze sítě referenčních stanic pomocí internetu. Přesnost statické a rychlé statické metody v horizontální směru je 5 mm + 0,5 ppm a ve vertikálním 5 mm + 1 ppm U kinematické metody je uváděná přesnost v horizontálním směru 10 mm + 1 ppm a ve vertikálním 20 mm + 1 ppm. Doba inicializace je typicky méně jak 10 sekund. [19]

Obr. 12: GNSS přijímač Trimble R8 [19]

5.3.3 Sokkia SET3X

Pro zaměření podrobných bodů polohopisu v okolí zámku byla použita totální stanice Sokkia SET3X (obr. 13).

Jedná se o totální stanici, jejíž přesnost úhlu jsou 3″. Tento typ přístroje SET X je ale také k dispozici v modelech 1 “, 2”, a 5”, podle přesnosti úhlu. V přístroji je palubní program SDR, což je software pro sběr dat na bázi Windows CE. Na hranol dokáže měřit od 1,3 metrů a maximálně do vzdálenosti 5 000 metrů, a při bezhranolovém měření až do vzdálenosti 500 metrů. Přesnost měření délek na hranol je 2 mm + 2 ppm a zvětšení dalekohledu 30x. [20]

Obr. 13: Totální stanice Sokkia SET3X [20]

5.3.4 Leica 1103

Totální stanice Leica 1103 (obr. 14) byla použita pro zaměření vytvořené sítě obsahující 8 geodetických bodů Síť byla stabilizována pro následné zaměření fasád objektu laserovým skenováním.

Úhlová přesnost je 3 "(1,0 mgon). Tento přístroj je schopný měřit na hranol s přesností 2 mm + 2 ppm, do maximální vzdálenosti 3000 metrů. Bez použití hranolu dokáže měřit s přesností 3 mm + 2 ppm. Nejkratší měřitelná vzdálenost je 0,2 metru. Standardní teplotní rozsah pro práci s přístrojem je –20°C až + 50°C. [21]

Obr. 14: Totální stanice Leica TCRA 1103 [22]

5.3.5 Riegl VZ-400

Pro sběr podrobných bodů na fasádách objektu byla použita metoda laserového skenování. K tomuto měření byl použit přístroj Riegl VZ-400 (obr. 15). Jedná se o 3D pozemní laserový skener, který poskytuje vysokorychlostní bezkontaktní sběr dat pomocí úzkého infračerveného laserového paprsku a rychlého skenovacího mechanismu. Sběr dat skenováním u tohoto přístroje je s přesností 5 mm, s opakováním jsou to 3 mm. Maximální dosah měření je 600 metrů, a naopak minimální je 1,5 metru. Skener je schopen naskenovat až 122 000 bodů za sekundu. Zorné pole skenovaní ve vertikálním směru má rozsah 100 stupňů a ve vertikálním směru 360 stupňů. Riegl VZ-400 využívá neviditelný laserový paprsek pro bezpečný provoz očí v laserové třídě 1. Skener má k dispozici dva měřící módy, z nichž jeden je pro dlouhé vzdálenosti a vysílá laserové pulzy na frekvenci 100 kHz. Počet bodů se pak sníží na 42 000 za sekundu. Druhý měřící mód, zaměřen naopak na rychlost, vysílá laserové pulzy na frekvenci 300 kHz a jeho dosah je pak snížen na 350 m. Přístroj obsahuje interní flash paměť o kapacitě 32 GB, a také podporuje připojení externích paměťových zařízení (USB flash disky nebo externí pevné disky) přes rozhraní USB 2.0. [23]

Obr. 15: Riegl VZ-400 [23]

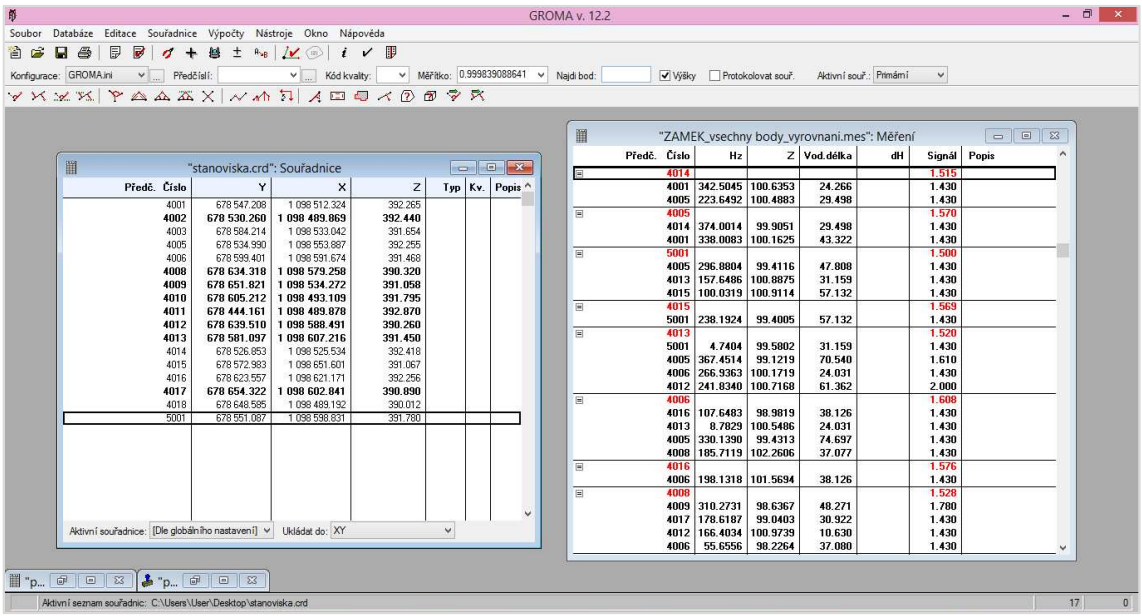
6 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Tato kapitola je zaměřena na zpracování dat získaných metodou GNSS, a měřických zápisníků z totální stanice, jejichž zpracování jsem provedla v programu Groma. Dále jsem zde uvedla přesnost všech získaných dat, které budou dále použity pro tvorbu výkresu situace a pohledů. Veškeré výpočty byly protokolovány a jsou obsaženy ve výpočetních protokolech v přílohách (Příloha č. 4).

6.1 Groma

Program Groma je určen ke geodetickým výpočtům pracující v prostředí Microsoft Windows. Lze v něm řešit veškeré základní geodetické úlohy při jejichž zpracování se vytváří protokoly o výpočtu. Obsahuje také jednoduchou grafiku, pro zobrazení kontrolní kresby, a možnost digitalizace rastrových dat. Program umí zpracovávat data ve formátech všech běžných záznamníků, dávkově i jednotlivými výpočty.

Pro zpracování dat z měření a výpočet výsledných souřadnic pomocných a podrobných bodů polohopisu pro tvorbu výkresu situace byla použita Groma verze 12.2 (obr.16). [24]



Obr. 16: Prostředí programu Groma v.12.2

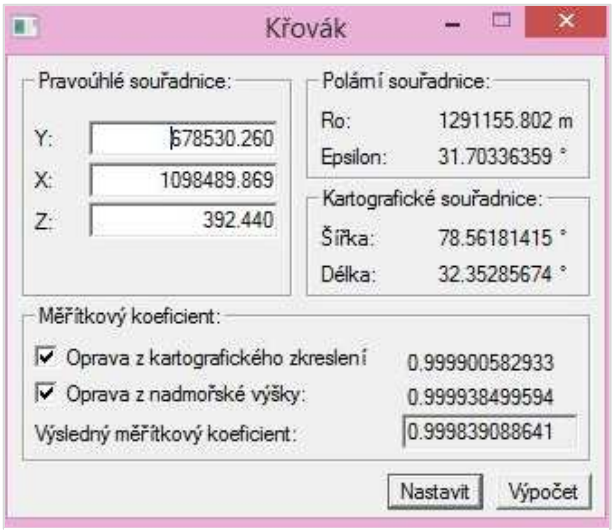
6.2 Situace

6.2.1 Výpočet bodů určených metodou GNSS

Pomocí technologie GNSS byly metodou RTK určeny souřadnice celkem 8 bodů pomocné měřické sítě. Jednalo se o body 4002, 4008, 4009, 4010, 4011, 4012, 4013 a 4017. Měření bodů bylo provedeno během dvou dnů, ale dvojím měřením s minimálním hodinovým rozestupem v jeden den. Bod 4009 byl zaměřen v obou dnech, celkem tedy čtyřikrát. Maximální rozdíl souřadnic ze všech bodů z dvojího měření byl 15 mm. Výsledné souřadnice tedy byly získány jako průměr ze dvou měření, u bodu 4009 ze čtyř. V programu Groma byl vytvořen nový seznam souřadnic, do kterého byly tyto body nahrány, aby mohly být dopočteny zbylé body pomocné měřické sítě a podrobné body z měření.

6.2.2 Data z totální stanice

Data z totální stanice byla zpracována v programu Groma v. 12.2. Nejprve byl proveden vypočet měřítkového koeficientu *q* zadáním zprůměrovaných souřadnic z dat GNSS. Vypočtený měřítkový koeficient má hodnotu 0,999839088641 (obr. 17).



Obr. 17: Výpočet měřítkového koeficientu

Data přenesená z totální stanice byla celkem v 5ti souborech ve formátu *.sdr*. Po nahrání zápisníků do Gromy z nich byl vytvořen jeden ucelený soubor, který byl následně přečíslován, aby nedošlo k duplicitě bodů či mezerám v pořadí. Dále byla pomocí funkce *Zpracování zápisníku* provedena redukce šikmých délek na vodorovné, oprava směrů z měření v I. a II. poloze na jednotlivé orientace a zpracování obousměrně měřených délek.

Zbylé body pomocné měřické sítě, které nebyly změřeny metodou GNSS byly dopočteny v programu Groma, aby mohly být následně vyrovnány jako celá síť. Bod 4006 byl určen pomocí oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu pomocí bodů 4008, 4009, 4012 a 4006. Body 4001, 4014 a 4005 polygonovým pořadem volným pomocí bodu 4002 s orientací na bod 4011. Volným polygonovým pořadem byly také určeny body 4015 a 5001 přes bod 4013 s orientaci na bod 4012. Zbylé body (4003, 4016, 4018) byly určeny rajóny. Bod 4004 vypočten nebyl, protože byl zaměřen pouze jako orientace z bodu 4003, ale žádné měření na něm nebylo provedeno. Následně byla tato síť pomocných měřických bodů vyrovnána pomocí modul *Vyrovnání sítě* taktéž v programu Groma. Do funkce *Vyrovnání sítě* byl přímo načten upravený zápisník a vloženy souřadnice bodů, které byly označeny jako volné. Provedeno bylo pouze polohové vyrovnání bodů, které je dostačující pro následnou tvorbu výkresu situace. Střední souřadnicová chyba vyrovnání sítě je 3,84 mm. Výsledné souřadnice pomocných bodů měřické sítě jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Dále byl proveden výpočet souřadnic podrobných bodů, a to pomocí funkce *Polární metoda dávkou*. Pro výpočet byly použity všechny určené body pomocné měřické sítě. Při výpočtu je důležité kontrolovat opravy měření délek a úhlů u orientací a rozhodnout, které využít a naopak. Celkem bylo mapováním zaměřeno 1982 podrobných bodů.

Tab. 2: Přehled souřadnic vyrovnaných bodů

ČB	Y [m]	X [m]
4001	678547.198	1098512.307
4002	678530.251	1098489.852
4003	678584.204	1098533.026
4005	678534.975	1098553.869
4006	678599.405	1098591.692
4008	678634.335	1098579.254
4009	678651.827	1098534.264
4010	678605.217	1098493.080
4011	678444.146	1098489.856
4012	678639.532	1098588.526
4013	678581.095	1098607.254
4014	678526.841	1098525.516
4015	678572.986	1098651.642
4016	678623.575	1098621.178
4017	678654.311	1098602.838
4018	678648.591	1098489.165
5001	678551.088	1098598.873

Veškeré vypočtené body bylo nutné vyexportovat ve formátu *.dxf*, pro tvorbu výkresu situace. Před samotných exportem je nutné v *Nastavení parametrů* v záložce *DXF* zkontrolovat správné nastavení (obr. 18). Vzhledem k tomu, že program AutoCAD využívá osy matematické nikoliv S-JTSK je nutné mít správně nastaveny koeficienty osy X a Y. Pro export je nutné body nejprve zobrazit graficky a až poté je umožněno uložení do formátu *.dxf*.

Obr. 18: Nastavení parametrů formátu DXF pro export do programu AutoCAD

6.3 Přesnost měřených dat

6.3.1 Data pro zpracování situace

V obdobných úlohách se často přesnost určuje z dvojího měření některých podrobných bodů. Při nahrání bodů do grafického souboru jsem však žádné dvojí měření nenalezla. Proto lze přesnost těchto dat usuzovat pouze na základě použitých přístrojů. Přesnost totální stanice využité k zaměření objektu byla pro měření úhlů 3” a pro měření délek 2 mm + 2 ppm. Při zaměřování byla maximální naměřenou délkou cca 86 metrů. Z toho lze usuzovat, že přesnost samotného měření totální stanicí (bez vlivu podkladu) byla řádově několik milimetrů. Pro podrobné měření byla využita pomocná měřická síť, ve které byly některé body měřeny metodou GNSS, a některé pomocí totální stanice. Tato síť byla následně vyrovnána. Nejvyšší odchylka na bodu vyrovnané sítě dosahovala 6,5 mm, na bodě 4011. Střední souřadnicová chyba vyrovnání je 3,8 mm. Z uvedeného vyplývá, že zaměření situace splňuje požadavky pro 3. třídu přesnosti dle normy ČSN 01 3411. [25]

6.3.1 Data pro zpracování pohledů

Informace o přesnosti dat sloužící pro zpracování pohledů jsem čerpala z technické zprávy, vytvořenou osobou, která provedla zaměření a prvotní zpracování mračen bodů. (příloha č. 7) Pro měření metodou laserového skenovaní byla vytvořena síť osmi geodetických bodů pro připojení do souřadnicového systému, které bylo provedeno pomocí metody GNSS v režimu RTK a následně síť zaměřena totální stanicí. Přesnost použitých přístrojů je uvedena v kapitole 5.3 *Přístrojové vybavení*. Průměrná střední chyba vyrovnaných měření je 3 mm. Uvedená směrodatná odchylka vzdálenosti je 5 mm a výsledná střední chyba vyrovnání mračen bodů spočtená z 35 721 elementů měření je 2 mm.

Vzhledem k tomu, že vektorizace probíhá v podobě vytváření linií a jiných prvku prvků na podkladě mračna bodů je zde přesnost hlavně závislá na zkušenosti a pečlivosti zpracovatele. Co se týče přesnosti vyhotovených výkresů můžeme říci, že přesnost bude do 1 centimetru.

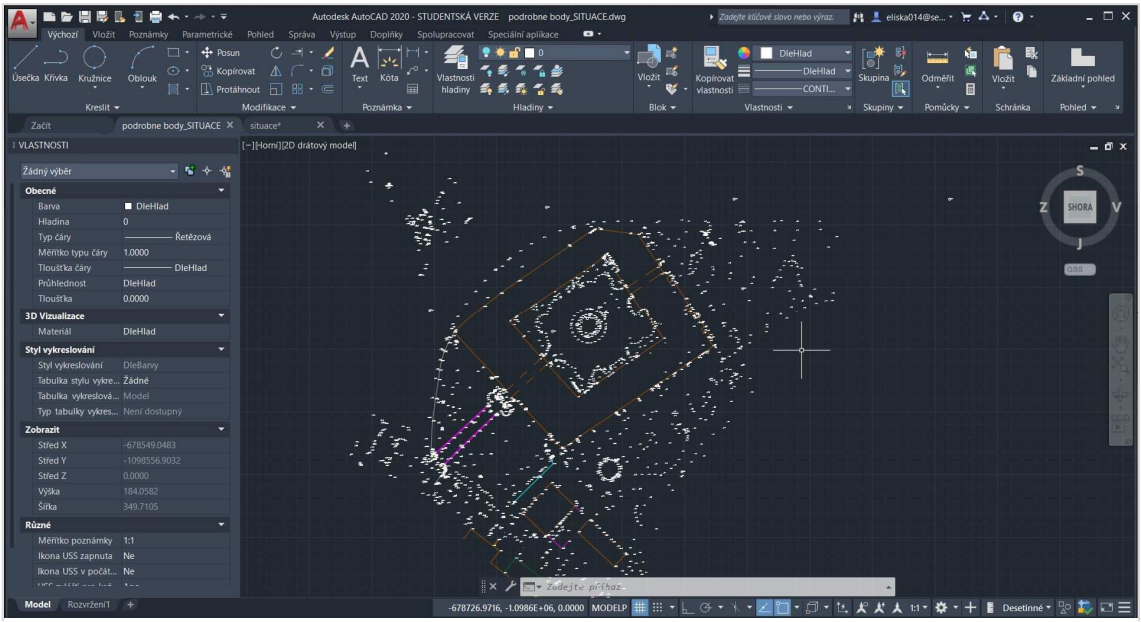
7 VYHOTOVENÍ DÍLČÍ DOKUMENTACE

Výstupem této diplomové práce je výkres situace a výkresy fasád zámku. Zpracování polohopisného výkresu jsem provedla v programu AutoCAD 2020. Pohledy jsem nejprve zpracovala v programu Leica Cyclone, kam jsem nahrála mračna bodů a provedla základní vektorizace. Následnou podrosbnou vektorizaci a výsledné zpracování výkresů jsem provedla v programu AutoCAD 2020. Výkres situace je v měřítku 1:500 a pohledy 1:50. Výkresová dokumentace je obsažena v přílohách ve formátu PDF a DWG (příloha č. 8, 9).

7.1 Použité programy

7.1.1 AutoCAD

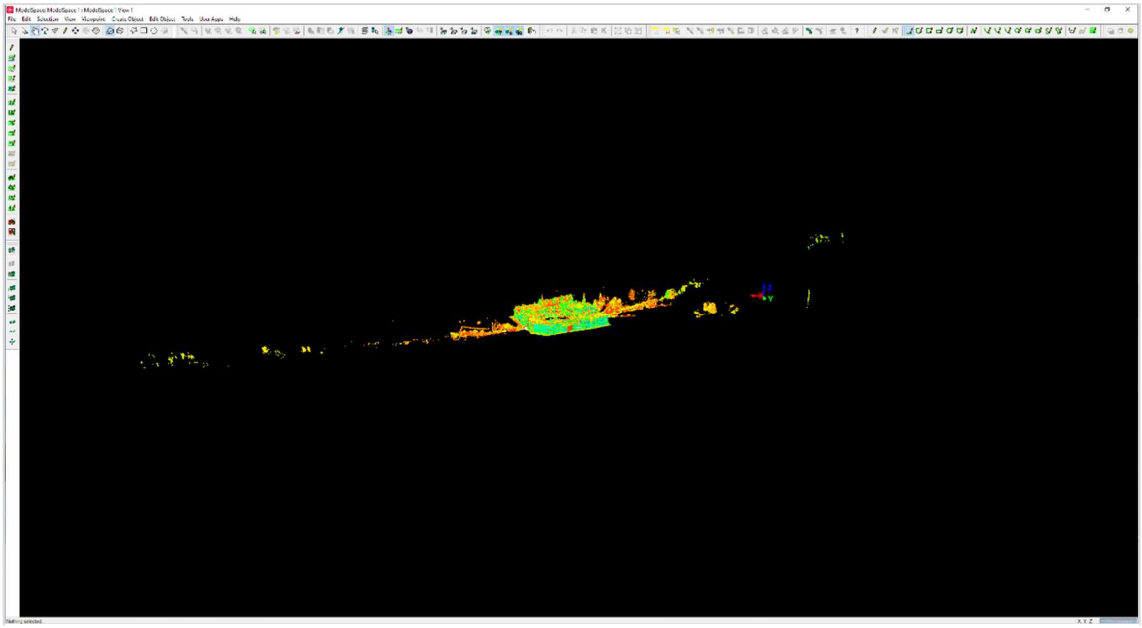
Jedná se o grafický software pro 2D a 3D projektování a konstruování, vyvinutý firmou Autodesk (obr. 19). AutoCAD poskytuje řadu API rozhraní, a je tak i otevřenou platformou pro nadstavbové aplikace třetích firem. První verze AutoCADu pochází z roku 1982. Nejnovější verzí je AutoCAD 2022. Program je dodáván v nativní 64bitové verzi. Výkresy jsou ve formátu DWG, popř. jeho otevřená textová verze je DXF. Dále publikuje CAD data i do formátu DWF. Při vytváření dokumentace byl použit AutoCAD 2020 ve studentské verzi, který je dostupný s licencí pro studenty FSv ČVUT. [26]



Obr. 19: Prostředí programu AutoCAD 2020

7.1.2 Leica Cyclone

Jedná se o software, který slouží pro zpracování mračen bodů (obr. 20). Program obsahuje řadu modulů, které poskytují řadu možností zpracování dat z 3D laserového skenování s uplatněním v průmyslu, stavebnictví, zeměměřičství a dalších oborech. Program Leica Cyclone je schopen provést zpracování dat ze skeneru přes registraci mračen do jednoho souřadnicového systému a jejich podrobnou analýzu až po modelování a množství rozdílných výstupů a reportů (mapy, 3D modely, animace) s možností sdílení přes web. Základem softwaru je databázová struktura, která zajišťuje rychlou práci s velkými objemy dat.



Obr. 20: Prostředí programu Leica Cyclone

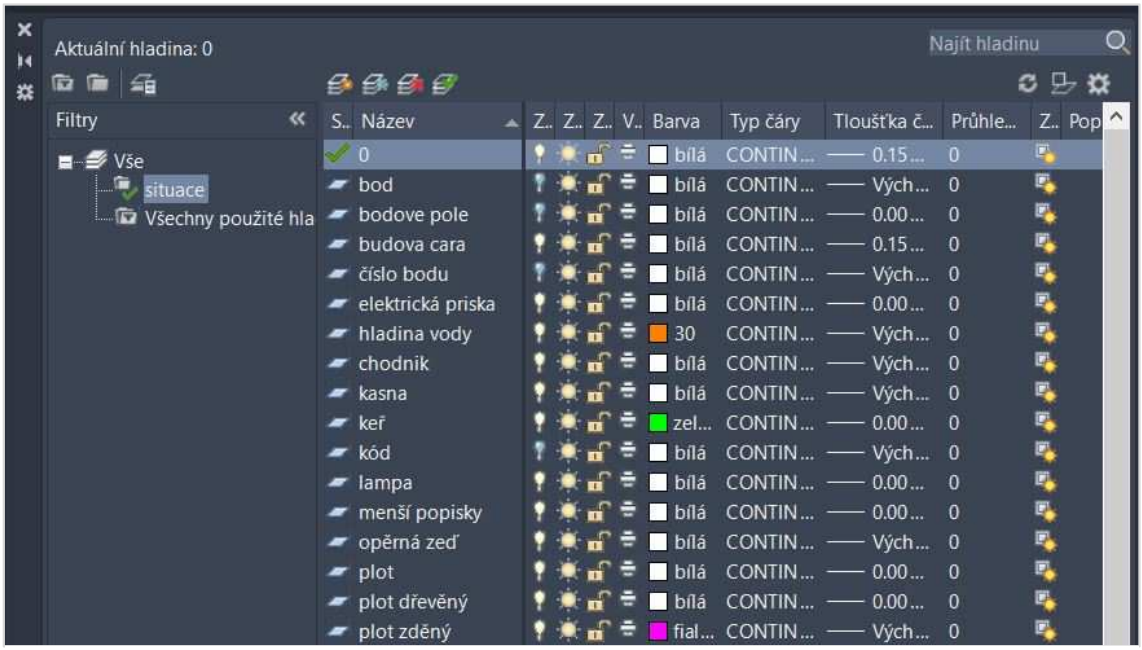
Jedním z modulů programu je BASIC, který slouží pro efektivní správu skenovacích projektů. Modul REGISTER je využíván pro georeferencování dat laserového skenování do společného souřadnicového systému, MODEL slouží pro vytváření 3D modelů přímo z mračna bodů a jejich další úpravu včetně obarvování fotografiemi. Dále existuje modul SURVEY, který je vytvořený speciálně pro geodety a umožňuje rychlé vyhodnocení skenovaných dat včetně extrakce řezů a profilů, vytváření meshů nebo počítání objemů a ploch. SERVER je software, který umožňuje až deseti uživatelům pracovat na stejném

projektu naráz a IMPORTER je určen pro zpracování dat měřených jinými skenery než od firmy Leica. Posledním modulem je TrueView PUBLISHER, který umožňuje prohlížení naskenovaných dat i vymodelovaných objektů a jejich sdílení s ostatními uživateli. [27]

7.2 Zpracování situace

Jedním z výstupů této diplomové práce je výkres situace nejbližšího okolí zámku, který byl vytvořen na podkladě dat měřených totální stanicí prostorovou polární metodou. Zpracování situace je možné provést v několika programech jako například Microstation, Kokeš či AutoCAD. Pro tvorbu výkresu v této práci byl vybrán program AutoCAD verze 2020. Výběr programu je však čistě individuální. Při vyhotovení tohoto výkresu v měřítku 1:500 bylo kreslení provedeno v souladu s normami ČSN 01 3410 *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. [28] a ČSN 01 3411 *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky.* [25]

Podrobné body, které byly vyexportovány z programu Groma v.12 ve formátu *.dxf* byly nahrány do programu AutoCAD 2020. Po nahrání byl vytvořen výkres ve formátu *.dwg*. Soubor *.dxf* vytvořený v Gromě obsahuje celkem čtyři vrstvy, do kterých jsou roztříděny jednotlivé prvky daných podrobných bodů, a to poloha bodů, číslo bodu, výška a kód. Během zpracování výkresu bylo nutné definovat další hladiny pro nově vytvářené prvky (obr. 21). Hladiny slouží především pro lepší přehlednost a orientaci ve samotném výkresu. Pro každou hladinu je možné nastavit barvu, tloušťku a typ čáry. Výhodou třídění prvků do jednotlivých hladin je to, že pokud by nám zvolené vlastnosti nevyhovovaly je vždy možné je změnit, a tato změna bude provedena pro všechny prvky v dané hladině naráz.



Obr. 21: Vytváření hladin pro tvorbu výkresu

Tvorba výkresu byla prováděna za pomoci kódů u jednotlivých podrobných bodů, které byly zadávány do totální stanice během měření. Pro jednotlivé měřené prvky byly definovány zkratky, díky kterým je poté možné provést kreslení výkresu a není potřeba provádět tvorbu náčrtu během měření. V terénu byly zaměřeny i body obsahující informaci o materiálu v daných místech, kde se typ plochy nachází. U liniových prvků bylo zadáváno písmeno A – začátek nebo K – konec, aby byla poloha celého prvku složeného z více bodů zřejmá. V tab. 3 jsou uvedeny příklady některých kódů.

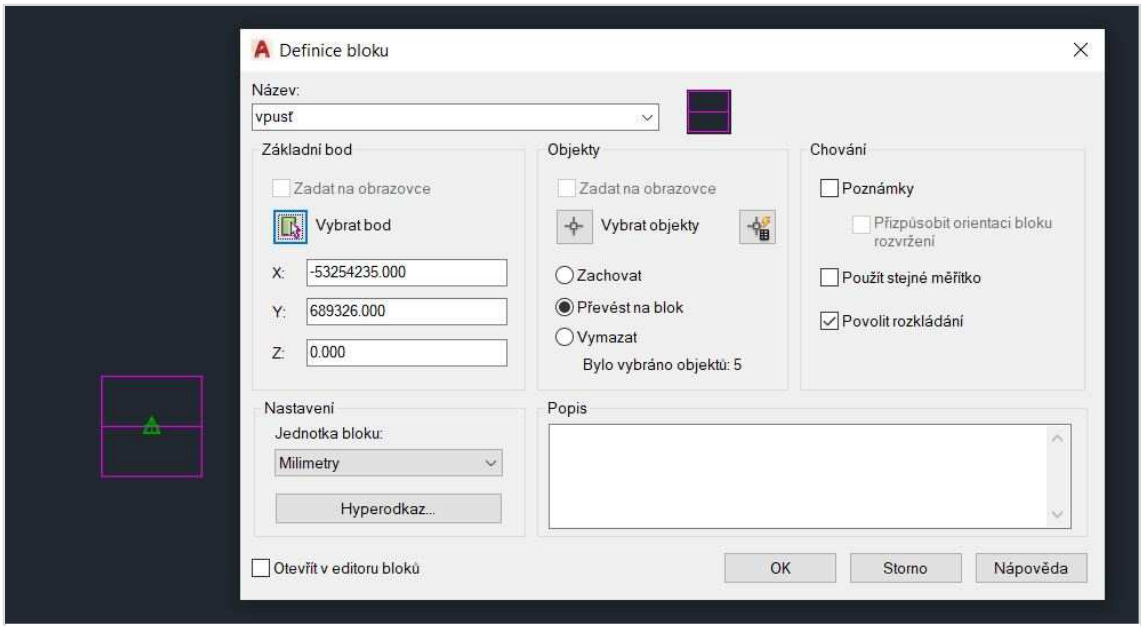
Tab. 3: Příklad kódu použitých pří měření

Kód	Popis kódu
SI	silnice
HR	hrana
DZ	dopravní značka
BZ	budova zděná
VP	vpusť
SAK	šachta kanalizační

Polohopis mapy obsahuje lomové čáry, mapové značky a popisné informace. Jako první byly vykreslovány veškeré liniové prvky jako silnice, budovy, chodníky, ploty apod.

Všechny tyto čáry byly provedeny prvkem Úsečka, oblouky ani křivky používány nebyly. Při tvorbě liniových prvků je důležité kontrolovat spoje a ucelení ploch. Pro liniové segmenty byly používány plné čáry nebo speciální čáry, kterými se označují například typy plotů. Čerchovaná čára byla použita v místě, kde prvek není viditelný (průjezd v budově, hladina vody). V částech, kde byly zaměřeny terénní hrany a paty byly pro lepší výškovou orientaci vykresleny terénní šrafy. Pokud bylo jako v tomto případě měření a zpracování výkresu provedeno jinou osobou je možné, že se najdou místa, kde není úplně zřejmé a jasné rozmístění zaměřených bodů. Pokud nastane tento problém mohou být dobrým pomocníkem mapy na stránkách *mapy.cz* a *google.cz*, kde je možné si dané místo poměrně dobře přiblížit, anebo zde využít *Street View*, na kterých jsou mnohdy daná místa dobře vidět.

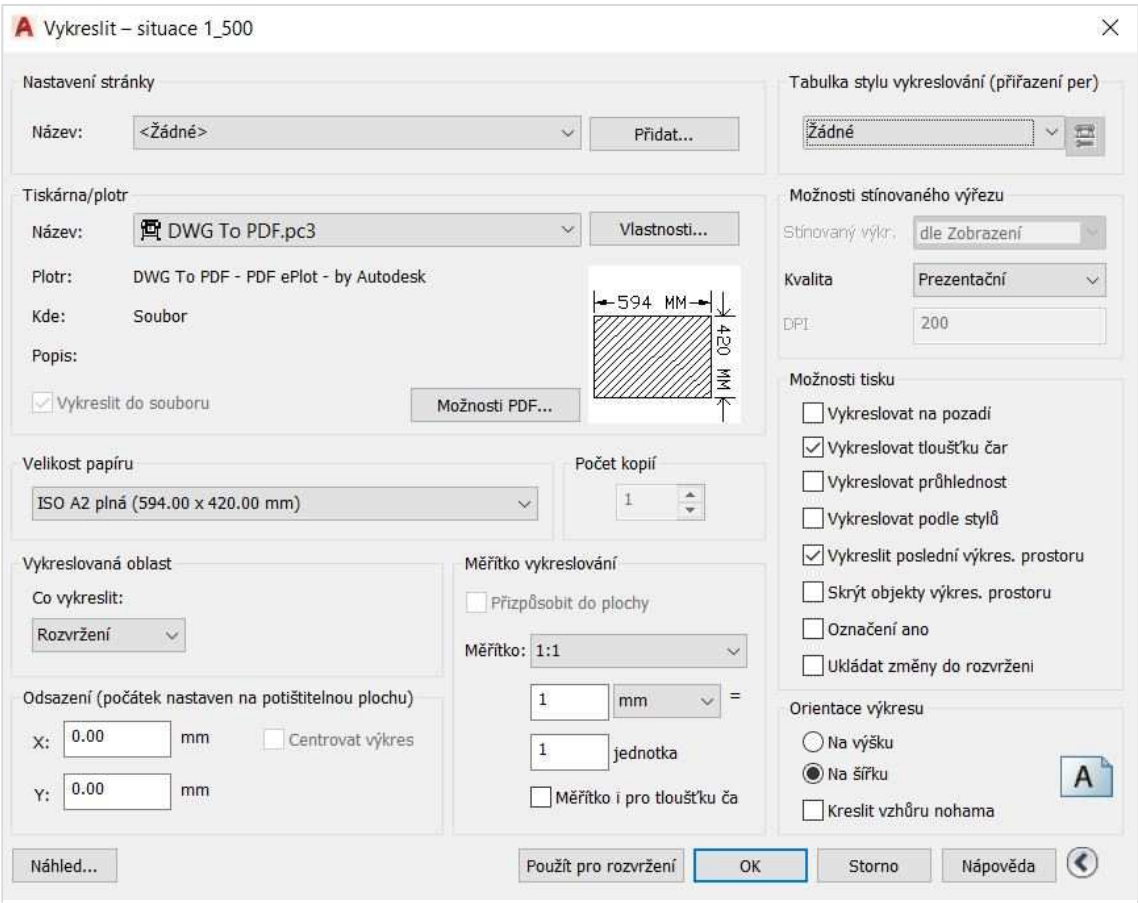
Pro zobrazení předmětů malého rozsahu, které nelze vykreslit obrysovou čarou byly použity mapové značky. Pro vytvoření takových značek je vhodné použít funkci *Vytvořit blok* pomocí kterého se vytvoří nový atribut (obr.22), který je poté možné používat opakovaně a přenést i do jiných výkresů. U jednotlivých prvků byla nastavena barva, styl čáry a definiční bod umístění dané značky. Mapové značky byly umisťovány středem na zaměřený bod jako například strom, vpusť, kanalizační šachta apod. Naopak značky druhů pozemků se neumisťují na měřený bod, ale do plochy dané kultury.



Obr. 22: Vytvoření nového bloku

Při další fázi tvorby byly do mapy umístěny popisné texty. Pro celý výkres byl vybrán jednotný styl písma a vytvořeny hladiny pro jednotlivé druhy popisů, které se od sebe lišily velikostí, jako popisy povrchů, staveb, vodních toků nebo popisy předmětů, pro které není dána konkrétní mapová značka. Texty se umisťovaly do mapy tak, aby se nepřekrývaly s jinými prvky a byly čitelné. Posledním krokem bylo vykreslení sítě křížků v celé ploše polohopisu.

Následně bylo založeno nové *Rozvržení*, výkres ve formátu A2 bez okrajů, a na něj umístěna kresba v měřítku 1:500. Dále byla na výkres vložena legenda popisující prvky obsažené v situaci, severka, okrajový rámeček a popisová tabulka obsahující základní informace o vytvořeném výkresu. Popisová tabulka se znakem školy byla stažena ve formátu *.dwg* na stránkách Fsv ČVUT, kde je dostupná pro studenty. Tisk výkresu do formátu *.pdf* byl proveden funkcí *Vykreslit*, kde je nutné nastavit způsob tisku *DWG To PDF* a zkontrolovat si správné vykreslování barev, tloušťky čar a orientaci výkresu (obr. 23).



Obr. 23: Nastavení tisku v programu AutoCAD 2020

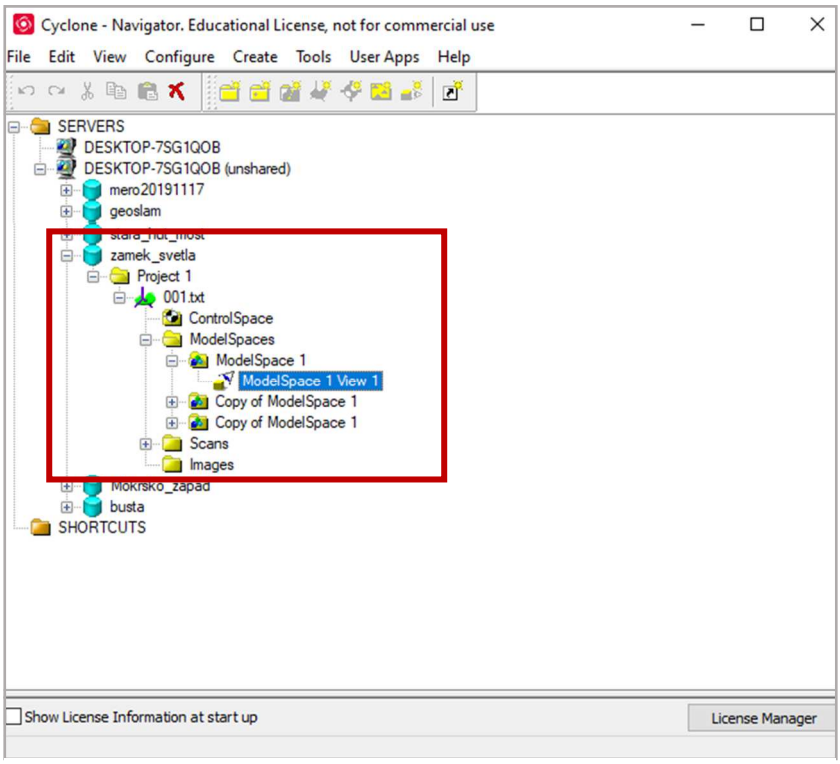
7.3 Zpracování pohledů venkovních fasád objektu

Vzhledem k tomu, že data exportována z laserových skenerů bývají dost často objemná není možné jej zpracovávat běžnými grafickými programy. Proto pro práci s mračny bodů existují specializované programy jako jsou například Leica Cyclone, Geomagic, ReCap od společnosti Autodesk, Trimble RealWorks nebo program třeba CloudCompare. Pro zpracování dat fasád světelského zámku byl vybrán program Leica Cyclone od společnosti Leica Geosystems a zpracování bylo provedeno na školním počítači na katedře speciální geodézie, kde je tento program studentům k dispozici.

Firma Control System International a.s., která provedla sběr podrobných dat v podobě mračen bodů, také provedla jejich transformaci do souřadnicového systému JTSK a Bpv. Výsledná mračna bodů byla dále očištěna o objekty, které nebyly předmětem měření jako například projíždějící auta, lidé či odrazy od skla. Čištění a filtrace byly provedeny pomocí softwaru RiSCAN Pro v 1.7.5 a grafické zobrazení mračen a vizualizace v Pointools PRO v1.8. Výsledné mračno bodů je v redukovaném polohovém souřadnicovém systému s posunem: X (JTSK) = 1 100 000 – x (redukovaný), Y (JTSK) = 679 000 – y (redukovaný).

7.3.1 Import dat do programu Leica Cyclone

Po spuštění programu Leica Cyclone se zobrazí okno *Cyclone – Navigator*, v němž byla pomocí záložky *Configure – Databases* založena nová databáze *zamek_svetla* a v ní vytvořen nový projekt. Do takto vytvořeného projektu byla následně importována jednotlivá mračna bodů měření. Pro import dat do programu je nutné, aby data byla ve formátu *.txt*, a u prvního mračna bodů je důležité zkontrolovat nastavení šablony pro správné nahrávání dat. Takto bylo postupně do programu nahráno celkem 28 souborů s daty. Veškeré tyto sady bodů (skenů) se ukládají do vzniklé podsložky, která se také nazývá *ScanWorld* (v obr. 24 složka s názvem 001.txt). Původní data přidružená k *ScanWorld* jsou pouze pro čtení a nelze je upravovat, pouze celé *ScanWorlds* smazat.



Obr. 24: Okno *Cyclone – Navigator*

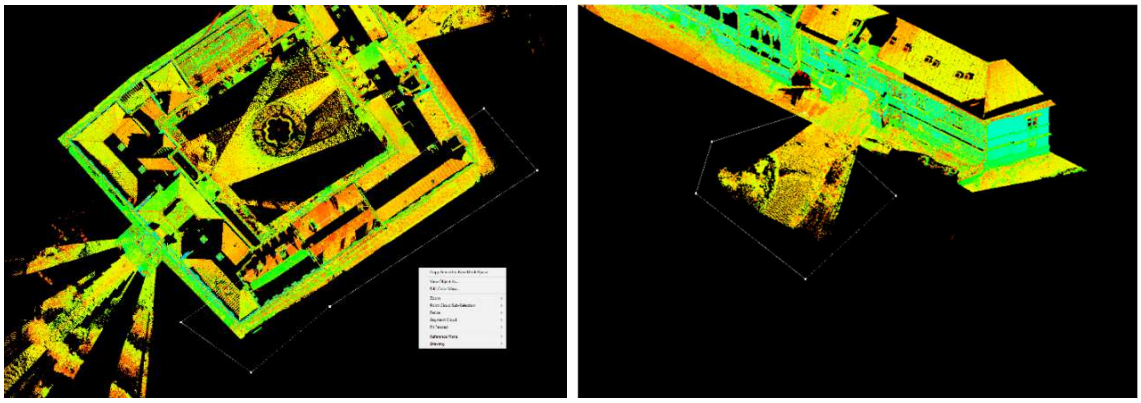
Po vytvoření tzv. *ScanWorld* se automaticky vytvoří podřízená složka *ControlSpace*, ve které je vše, co se upravuje v pohledu *ModelSpace*. *ControlSpace* se používá ke kontrole, organizaci nebo odebrání objektů.

Dále je zde primární složka *ModelSpace* obsahující různé *ModelSpaces*. Objekty, na kterých se skutečně pracuje nebo se mění se pak nazývají *ModelSpace View*. Další složkou vytvořenou v projektu je *Scans*, ve které lze pouze prohlížet skeny, ale nikoliv provádět úpravy. A poslední složkou je *Images* obsahující fotografie, což však pro tuto práci využíváno nebylo. [29]

7.3.2 Vektorizace v programu Leica Cyclone

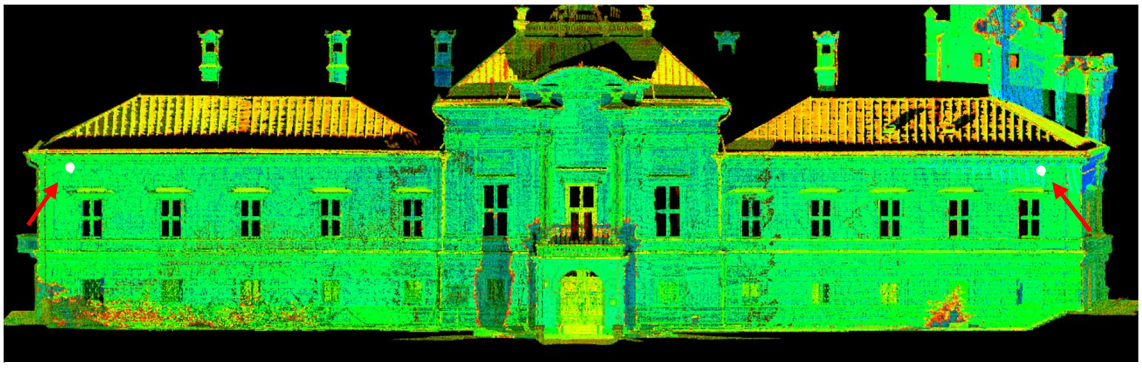
Aby mohla být provedena vektorizace jednotlivých pohledů fasád byla vždy vybrána část mračna obsahující body pro daný pohled. Před samotným výběrem je dobré mít nastavený pohled shora pro lepší schopnost výběru. Po vybrání dat byl kliknutím pravého tlačítka do prostoru a vybráním funkce *Copy Fenced to New ModelSpace* data kopírována do vytvořeného ModelSpace. Vzhledem k tomu, že je vektorizace poměrně časově náročný proces je dobré mračno bodů, co nejlépe očistit a upravit, tak aby v něm

byly pouze potřebné části pro daný pohled a ty přebytečné odstranit. Tento výběr částí mračen bodů venkovních fasád a očištění pro tvorbu pohledů byl proveden pro každý pohled zvlášť, celkem tedy pětkrát (obr. 25).

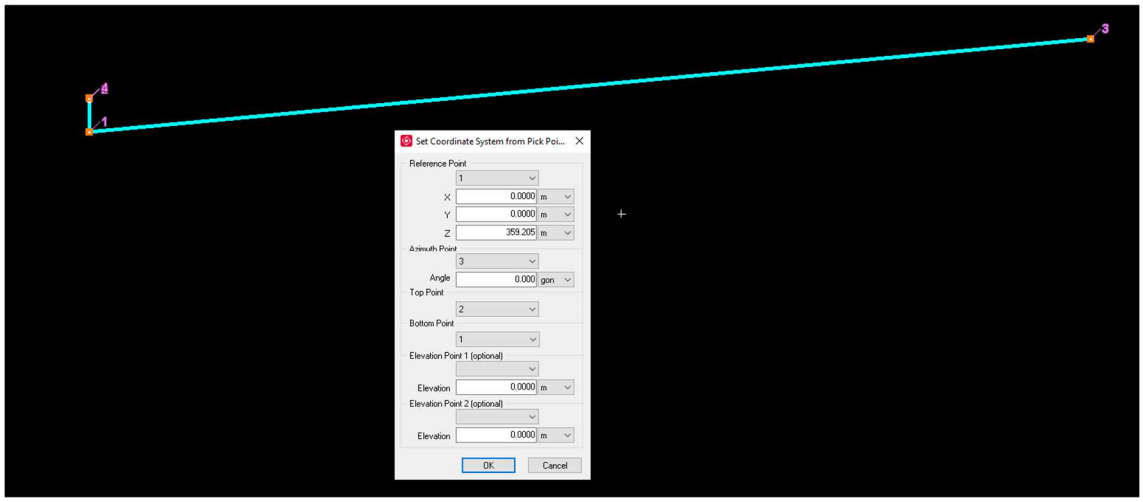


Obr. 25: Výběr částí mračen bodů pro daný pohled a odstranění přebytečných bodů

Pro tvorbu pohledů je nejlepší provádět kreslení v referenční rovině, proto je nutné zvolit lokální souřadnicový systém. Na fasádě byly nejprve vybrány dva body ve stejné rovině vůči fasádě (obr. 26) a vybráním funkce *Create Objects – From Pick Points – Line segment* se z těchto bodů vytvořila úsečka. Dále v záložce *Create objects – Insert - Line segment*, kde se zvolí stejná Z souřadnice na obou koncích úsečky. Lokální souřadnicový systém se poté určí v záložce *View – Coordinate system – Set from Points*, kde je nutné označit tři body na vytvořených úsečkách, kterými bude systém definován a správně je zadat do této funkce (obr. 27). Následně se vloží referenční rovina funkcí *Tools – Reference Plane – Set to (X-Y plane, X-Z plane, Y-Z plane).*

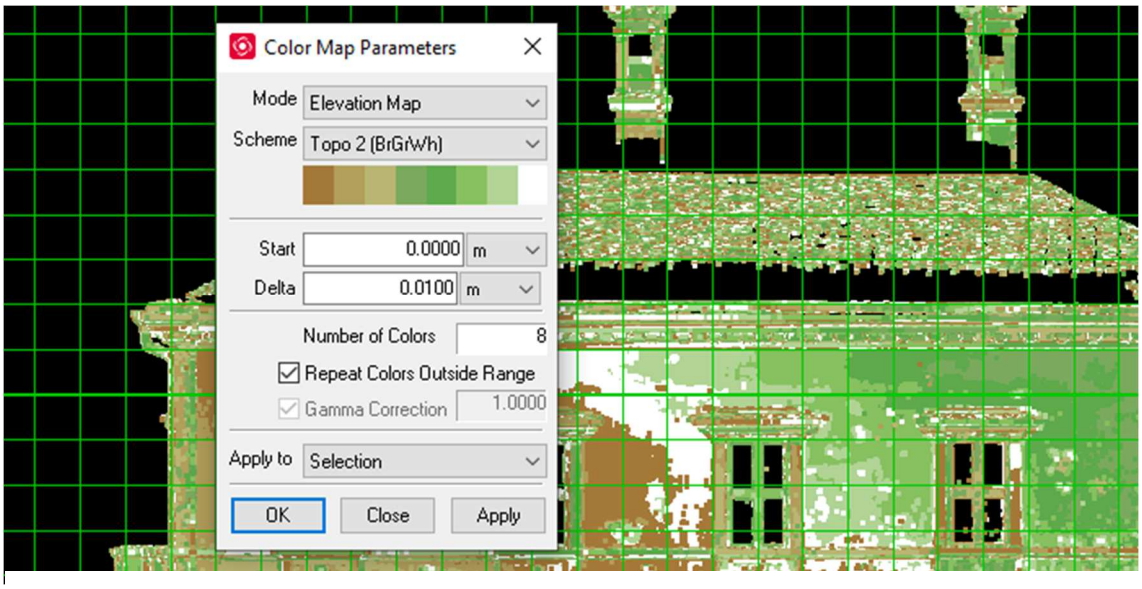


Obr. 26: Výběr bodů pro tvorbu úsečky



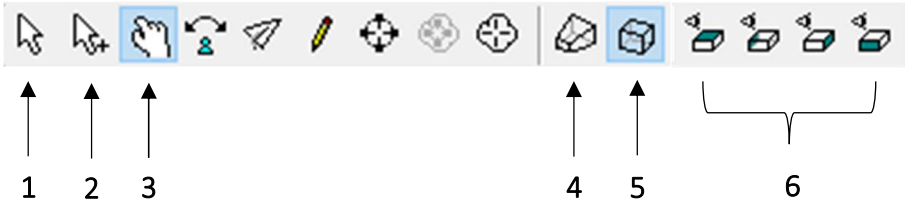
Obr. 27: Funkce *Coordinate System - Set from Point*

Před samotným vektorizováním je dobré nastavit si vhodné barvy vybraného mračna bodů tak, aby z něj bylo vše zřejmé při samotné vektorizaci. Nastavení se dá provést po stisknutí pravého tlačítka do prostoru funkcí *Apply color map – Elevation map – Edit Color Map* (obr. 28). Je zde možné si vybrat z několika schémat barev, definovat výchozí výšku (*Start*), výškovou rozdílnost pro každou barvu (*Delta*) a zvolit si počet barev, které bude mračno obsahovat. Stejně jako v kreslících programech, i zde je možné kresbu rozdělit do jednotlivých hladin. Pro založení nových hladin slouží funkce *Layers*, kde je možné zakládat nové vrstvy, přiřadit jim vlastnosti a během tvorby je vypínat a zapínat. Pro tuto vektorizaci postačilo nastavení pouze jedné dobře viditelné čáry.



Obr. 28: Funkce Color Map

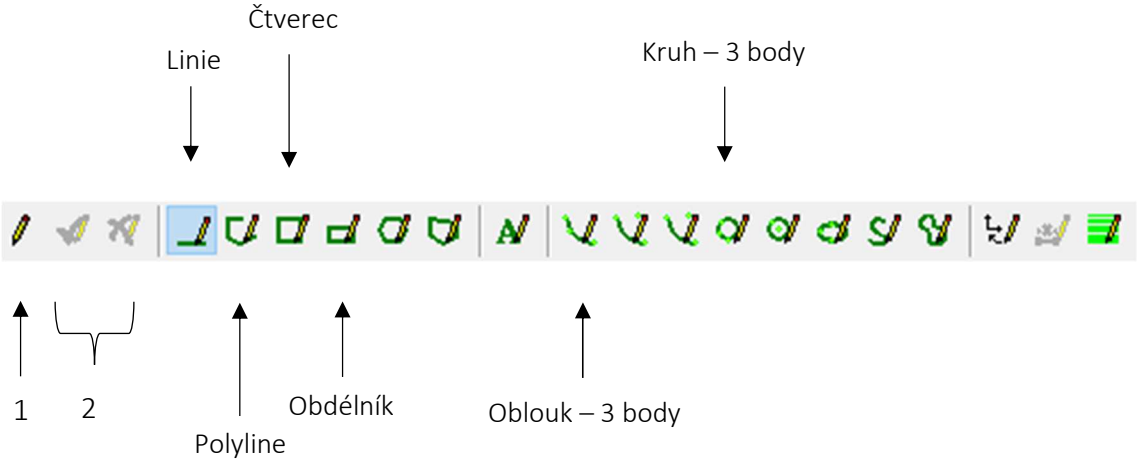
Ovládání v programu není tolik intuitivní, ale dá se na něj při práci po čase zvyknout a osvojit si ho. Při podržení kolečka na myši se provede oddálení nebo přiblížení. Co se týče pohybu v prostoru je nutné mít vybranou ikonu ručičky (obr. 29 č. 3) a při držení pravého tlačítka na myši je možné hýbat se v prostředí, při držení tlačítka levého zase otáčení. Pohyb a otáčení v prostoru je zde takové, že obraz se hýbe kolem jednoho určitého bodu dokola. Pokud je vybrán nástroj šipka (obr. 29 č. 1) a stiskne se levé tlačítko vyskočí panel nabídek různých nástrojů a po stisknutí levého tlačítka na myši se označí bod v mračnu. Výběr více bodů je zároveň je možný, pokud se vybere nástroj šipky s plusem (obr. 29 č. 3). Před vektorizací je důležité si zkontrolovat, aby režim pohledu na mračno bodů byl ortografický (obr. 29 č. 5). Existuje zde také režim perspektivní (obr. 29 č. 4), ale ten je spíše vhodný pro orientaci v prostoru. Pokud při hledání správného bodu na daném mračnu provedeme různé otáčení se v prostoru je poté nutné vrátit se zase zpět k pohledu rovnoběžnému, ke kterému jsou zde celkem čtyři ikony (obr. 29 č. 6) na horní listě, a to z toho důvodu že se jedná o 3D prostor.



Obr. 29: Nástroje pro ovládání programu Leica Cyclone

Pro samotnou vektorizaci byl využíván panel nástrojů *Drawing*. Tento panel je dostupný ze záložky *Tools*, avšak pro rychlejší práci je dobré ho připnout na lištu v prostoru. Využíváno bylo jednoduchých tvarů jako je úsečka, polyline, obdélník, čtverec a kruh, který se vytvoří třemi body na obvodu dané kružnice. Aby mohla být provedena kresba je nutné mít označenou ikonu tužky (obr. 30 č. 1). Pro ukončení vytvořené kresby je zase nutné stisknout tlačítku tužky se znakem fajfky a pro zrušení kresby tužku s křížkem (obr. 30 č. 2). Během kresby daného prvku je možné dle potřeb překlikávat mezi nástroji pro pohyb, aniž by se během toho kresba přerušila. Pomůckou při kreslení může být výběr potřebných bodů ikonou šipka s plusem (obr. 29 č. 2), která se zvýrazní

a při kresbě jsou tak jednoduše k nalezení. Pokud se jedná o místa, která jsou špatně rozpoznatelná ve 2D, je dobré si je nejprve nakreslit ve 3D prostoru pro lepší pochopení a poté je teprve zkonstruovat v referenční rovině. Nevýhodou vektorizace v programu Leica Cyclone je složitější napojování kresby u koncových bodů pro vytvoření ucelených tvarů. V programu není možnost tzv. nájezdů, jak to bývá u jiných programů pro kreslení. Uzavření obrazce je možné provést až po jeho vytvoření, a to označením čar, které mají být spojeny a tažením za koncové body. Z tohoto důvodu nebylo napojování prvku řešeno a provedeno až později v programu AutoCAD. Vzhledem k tomu, že tento program nebyl primárně vytvořen pro kresbu, byla zde provedena vektorizace základní, pouze větší prvky na fasádách a jasně viditelné prvky, které se zde vykreslují poměrně dobře a rychle.

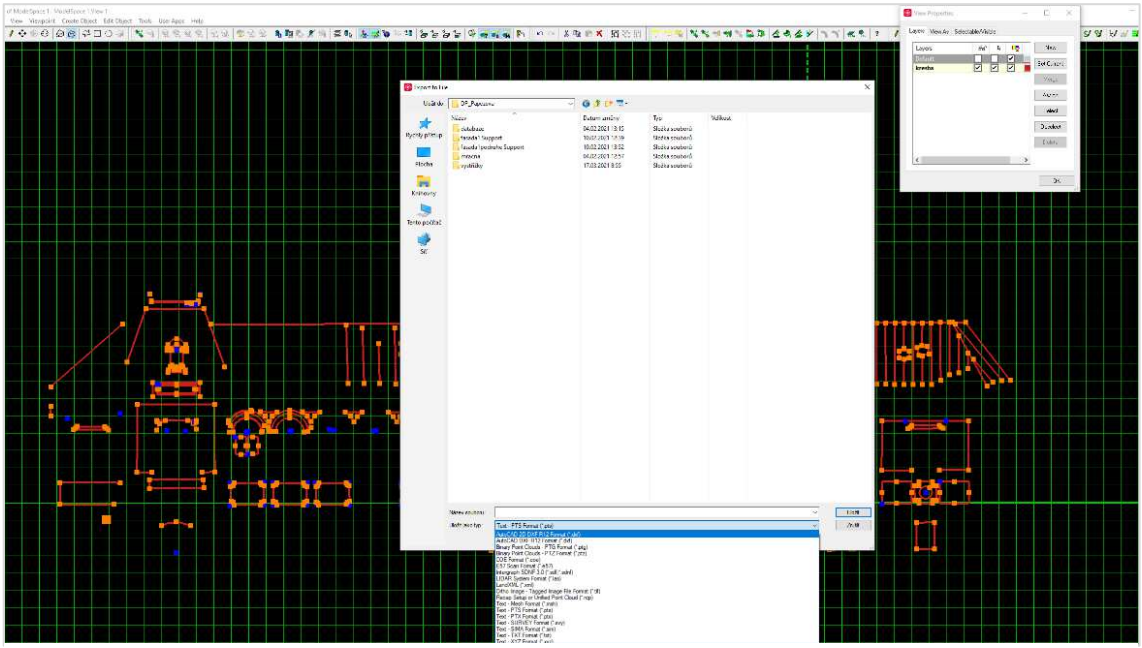


Obr. 30: Záložka nástrojů pro kreslení (*Drawing*)

7.3.3 Export z programu Leica Cyclone

Po dokončení základní vektorizace jednotlivých pohledů byl proveden export kresby ve formátu *.dxf* (obr. 31), aby mohly být pohledy dokončeny v programu AutoCAD 2020. Z programu Leica Cyclone byla vždy také exportována vytvořená mračna bodů pro jednotlivé pohledy, které byly následně taktéž použity v programu AutoCAD. Mračna bodů je možné exportovat v několika formátech, kde jedním z nich je i *.rcp*. Formát dat tohoto typu je možné připojit do programu AutoCAD. Soubor s touto koncovkou se však po exportu nepovedlo v programu otevřít, a tak byla mračna bodů exporotována jako *.las*

soubory, a ty následně otevřeny a uloženy v programu ReCap. Dále byly z programu Leica Cyclone funkcí *Snapshot* exportovány snímky s koncovkou *.png* obsahující detaily dveří, oken a celé fasády. Tyto soubory sloužily taktéž pro usnadnění práce při dokončení vektorizace pohledů fasád objektu.

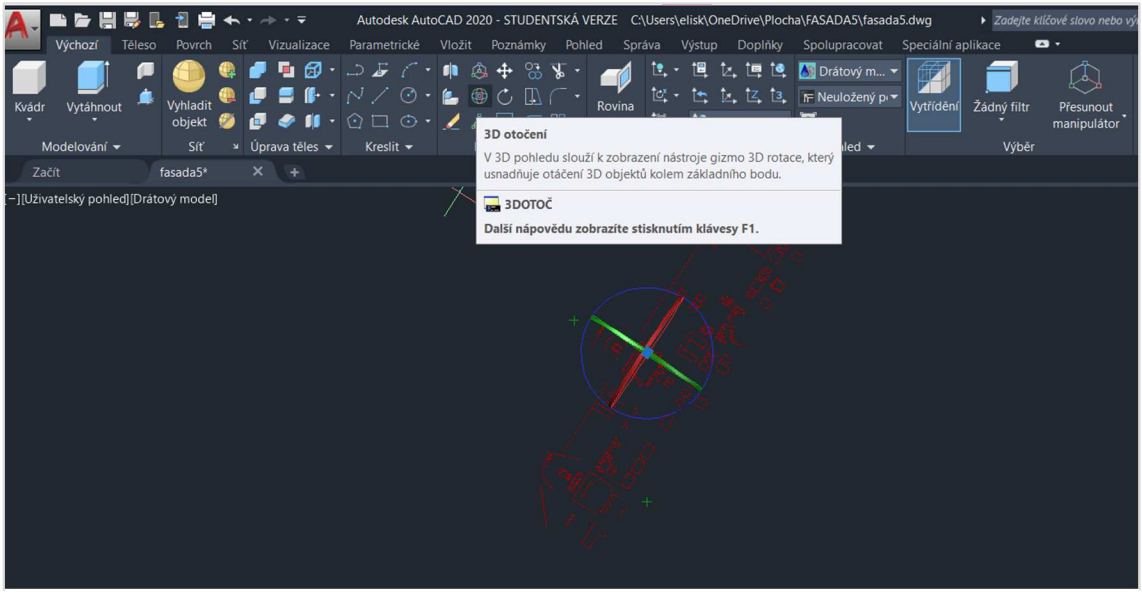


Obr. 31: Export 2D kresby z programu Leica Cyclone

6.3.1 Vektorizace v programu AutoCAD

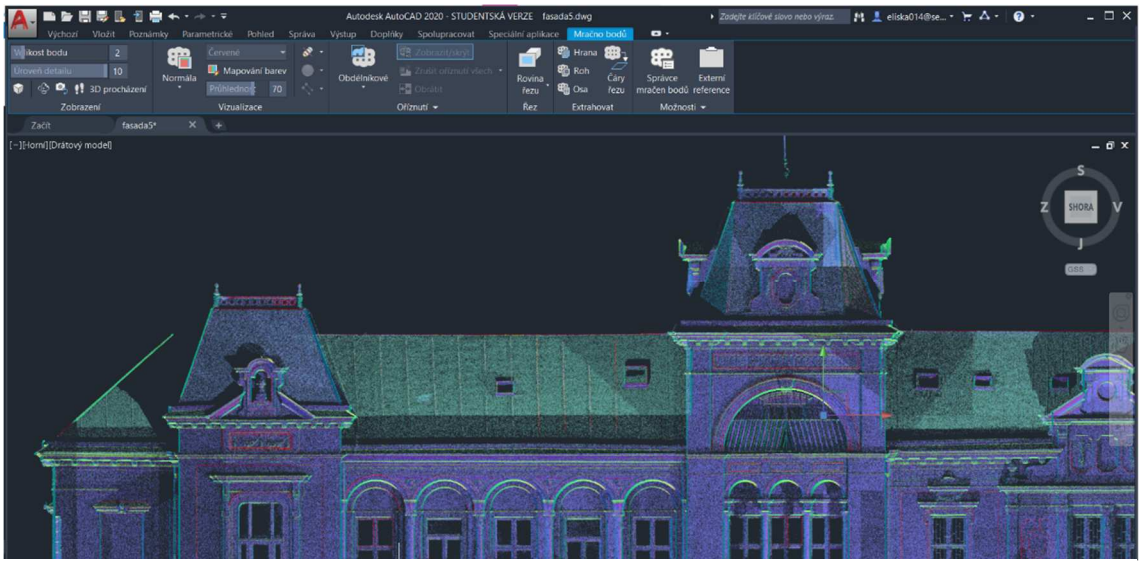
Zámek Světlá nad Sázavou má celkem pět venkovních fasád, a proto bylo z programu Leica Cyclone vyexportováno i pět DXF souborů obsahující základní vektorizaci, a ty postupně otevřeny v programu AutoCAD 2020 pro další tvorbu pohledů, kde z nich byly vytvořeny výkresové soubory DWG.

Vzhledem k tomu, že Leica Cyclone má prostor ve 3D došlo po otevření kresby k tomu, že byla natočena. Pro lepší orientaci tak bylo v programu AutoCAD provedeno otočení této kresby do základního pohledu, který je v režimu *Kreslení a poznámky*. Toto otočení je možné provést pouze v režimu *3D modelování* pomocí funkce *3D otočení*, kde je možné vybrat otočení podle jedné ze tří os (obr. 32). Otočení je nutné provést jak u kresby, tak i mračna bodů.



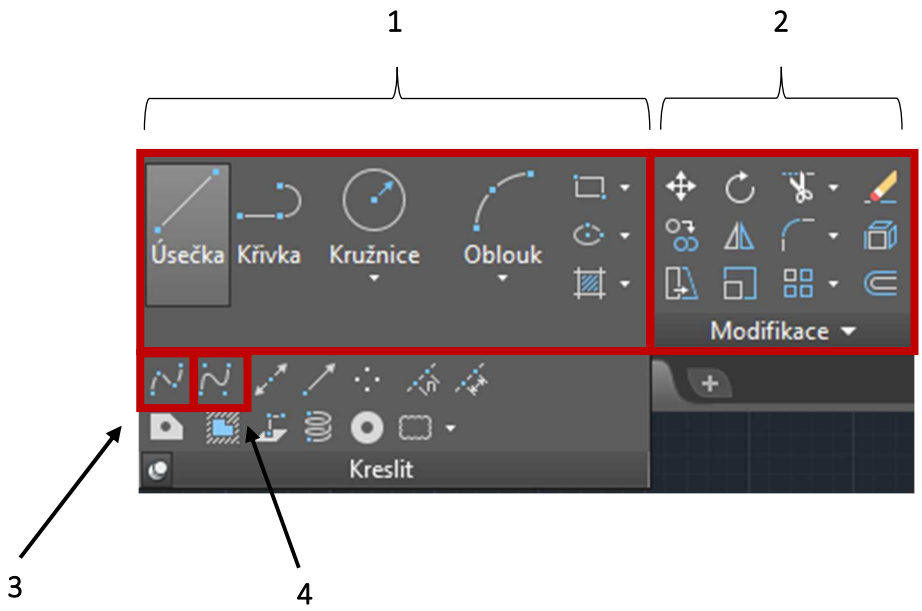
Obr. 32: Použití funkce *3D otočení*

Po vložení mračna bodů pomocí funkce *Připojit* ze záložky *Vložit* se vytvoří panel s nástroji pro jeho úpravu (obr. 33). Je zde možné provést například nastavení stylu barev mračna bodů, velikost bodů či oříznutí určité části mračna dle potřeb. Dalším nástrojem, který se zde nachází je nastavení průhlednosti, které je výhodné používat při vektorizaci.



Obr. 33: Zobrazení panelu nástrojů pro úpravu mračna

Ovládání v programu AutoCAD je poměrně jednoduché. Přiblížení/oddálení v prostoru je možné provést kolečkem na myši a posouvání v prostoru přidržením kolečka. Při kreslení je prvek dokončen po stisknutí klávesnice *Enter* nebo se dokončení provede v dialogu, který se zobrazí kliknutím pravého tlačítka na myši. Před další vektorizací bylo nejprve nutné provést kontrolu napojení všech vytvořených prvků, které v předchozím programu provedeno nebylo, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole. Pro tato napojení je vhodné využít funkce *Oříznout/Prodloužit* z panelu *Modifikace* (obr. 34 č. 2). Vektorizace zde probíhala obdobně jako v programu Cyclone za pomoci úseček, obdélníků, oblouků nebo křivek, které jsou k dispozici v panelu *Kreslit* (obr. 34 č. 1).



Obr. 34: Panel nástrojů Kreslit a Modifikace

Vzhledem k tomu, že se jedná o bohatě zdobené fasády s poměrně složitými prvky je vhodné k jejich vytváření použít funkci *Interpolace spline*, s níž je možné vytvořit křivku s body vyhlazení (obr. 34 č. 3). Další vhodnou křivkou pro tvorbu rozmanitých prvků je tzv. *Řídící vrcholy křivky spline*, kde se, jak už název napovídá vytvářejí řídící vrcholy, které tvarují křivku (obr. 34 č. 4). I přesto, že díky těmto křivkám lze zdobné prvky fasád poměrně dobře vykreslit není prakticky možné metodou vektorizace vytvořit věrnou kopii originálu. Proto se jedná hlavně u soch, erbů či zdobných částí sloupů o určité schéma

a snahu o napodobení. Pro tvorbu pohledů bylo vybráno měřítko 1:50, a proto je nutné provést určitou generalizaci kresby vůči němu. Jednoduše řečeno detaily menší jak 5 cm v tomto měřítku nejsou dostatečně vidět, a proto je dobré si promyslet jejich způsob vykreslení. Spousty zdobných prvků se na fasádách také opakuje, a to i na více fasádách, proto není nutné tyto prvky stále vytvářet jako nové, protože vzhledem k jejich velikosti se na různých místech lišily maximálně o pár milimetrů, a tak je možné jej pomocí funkce Kopírovat vložit i na jiná místa a pokud se více liší tak je upravit. Takových prvků se při vytváření pohledů objevilo hned několik a pokud by byly stále vytvářeny jako nové bylo by kreslení výkresů mnohem časově náročnější. Na obrázcích níže jsou zobrazeny fotografie s některými zdobnými prvky na fasádách a vykreslení těchto prvků ve výkresu.

Obr. 35: Ukázka fotografie a výkres – okno

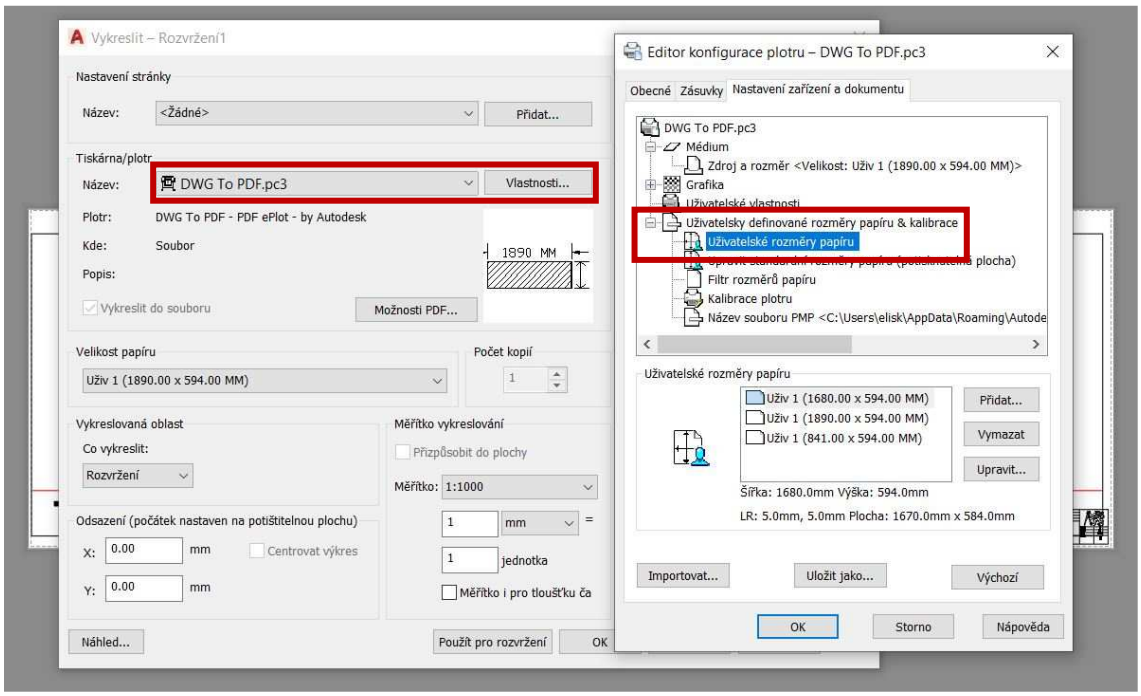
Obr. 36: Ukázka fotografie a výkres – sloupy

Obr. 37: Ukázka fotografie a výkres – balkón

Výkresy byly dále doplněny výškovými kótami v metrech na tři desetinná místa a popisy prvků. Pohledy na průčelí objektu nesou vždy název podle světových stran, na kterou je fasáda otočena, zde vznikl pohled jihozápadní, severozápadní, severní, severovýchodní a jihovýchodní. Vyhotovení pohledů bylo provedeno dle ČSN EN ISO 5456-2 [30] a ČSN ISO 128-30 [31].

Dále bylo založeno *Rozvržení* pro jednotlivé výkresy, a na něj umístěna kresba v měřítku 1:50. Vzhledem k tomu, že se jedná o rozsáhlý objekt bylo nutné zvolit nestandartní formát papíru. Pro pohledy byl tedy zvolen formát, jehož šířka odpovídá

délce formátu A2 a délka tohoto papíru již může být libovolná, protože tisk takových výkresů se provádí na plotru. V tomto případě byla délka volena tak, aby bylo možné výsledný výkres složit do podoby formátu A4. Nový formát papíru je možné vytvořit u *DWG to PDF* v záložce *Vlastnosti*, kde je v podsložce *Uživatelské rozměry papíru* možné přidat nový formát, upravit či vymazat již vytvořené. Nakonec byly výkresy doplněny o popisovou tabulku a schéma objektu, které zobrazuje, o jakou fasádu se jedná.



Obr. 38: Nastavení rozměru papíru pro tisk DWG To PDF

8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vyhotovení dokumentace současného stavu části zámku ve Světlé nad Sázavou, a to v podobě výkresu situace v měřítku 1:500 a výkresů pohledů venkovních fasád zámku v měřítku 1:50. Pro tvorbu dokumentace byla převzata naměřená data, která mi byla poskytnuta od firmy Geoperfect s.r.o. Data pro vyhotovení situace blízkého okolí zámku byla měřena za pomoci GNSS přijímače a totální stanice prostorovou polární metodou, jehož výstupem byly zápisníky měření s podrobnými body a protokoly z metody GNSS. Data pro tvorbu pohledů byla v podobě mračen bodů získaná laserovým skenováním z 28 stanovisek.

Zpracování naměřených dat z totální stanice bylo provedeno v programu Groma. A samotné zpracování výkresu situace bylo vyhotoveno v programu AutoCAD. Co se týče pohledů, tak mračna bodů byla postupně nahrána do programu Leica Cyclone, kde byla provedena základní vektorizace mračna bodů, a dále se vektorizovalo v programu AutoCAD, kde byl taky vyhotoveny výkresy do výsledné podoby. Celkem tedy byl vytvořen výkres situace a pět pohledů venkovních fasád.

Co se týče vektorizace a její náročnosti, vždy záleží na daném objektu a jeho charakteru. Zámek ve Světlé nad Sázavou je velmi bohatě zdoben, a vzhledem k jeho historickému vývoji najdeme na jeho fasádách poměrně velké množství zdobných prvků pocházejících z mnoha stavebních slohů. Při vektorizace byla snaha o vykreslení pohledů v reálné podobě, ale vzhledem ke zvolenému měřítku 1:50, zde došlo k jisté generalizaci příliš malých zdobných prvků a soch, které ani nelze úplně realisticky vektorizací zachytit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

[1] *Měřická dokumentace historických staveb* [online]. Praha: Národní památkový ústav, 2014 [cit. 2021-5-14]. ISBN 978-80-86516-78-3. Dostupné z: https://www.npu.cz/publikace/mericka-dokumentace-historickych-staveb.pdf.

[2] *Zámek Světlá nad Sázavou* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btl%C3%A1_nad_S%C3%A1zavou_(z%C3%A1mek)#cite_note-17.

[3] *Historické datum:1813* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: http://www.fotohistorie.cz/image.jpg.ashx?photoID=52764&photoType=1.

[4] *Světlá nad Sázavou* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btl%C3%A1_nad_S%C3%A1zavou.

[5] *Historie* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://www.svetlans.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=16051&id=1016&n=o%

[6] *Světlá nad Sázavou v zrcadle dějin*. Praha: Panorama, 1992. ISBN 80-7038-284-8.

[7] *O zámku* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://zameksvetla.cz/o-zamku/.

[8] *Světlá and Sázavou* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://www.hrady-zriceniny.cz/s_svetla_nad_sazavou.htm.

[9] Zámek Světlá. In *Facebook* [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://www.facebook.com/zameksvetla. Oficiální facebook Zámek Světlá

[10] MAŠEK, Michal. In: *Facebook* [online]. 11.6.2020 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: https://www.facebook.com/photo?fbid=1289070344619718&set=pcb.10158419296596306

[11] *Zámecký park* [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: https://zameksvetla.cz/atraktivity-ve-svetle/zamecky-park/.

[12] *Operativní průzkum a dokumentace historických staveb* [online]. Praha: Národní památkový ústav, 2005 [cit. 2021-5-14]. ISBN 80-86516-18-0. Dostupné z: https://www.npu.cz/publikace/met31opd.pdf.

[13] *Památková péče* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pam%C3%A1tkov%C3%A1_p%C3%A9%C4%8De.

[14] ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části.* Praha: Český normalizační institut. 2004.

[15] ŠTRONER, Martin, Jiří POSPÍŠIL, Bronislav KOSTKA, Tomáš KŘEMEN a Rudolf URBAN. *3D skenovací systémy*. Praha: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3.

[16] *Laserové skenování – 1. přednáška* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/LSK_1.pdf.

[17] *Terestrické 3D skenování* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: https://spszem.cz/storage/files/67/3D-skenovani-2013.pdf.

[18] *ProMark 200* [online]. [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: https://www.geoserver.cz/gnss-gps-gis-software/geodeticke-gnss/promark_200_gps_glonass_mereni_v_s_jtsk-1582#popis.

[19] *Trimble R8 GNSS Rover* [online]. [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: https://www.edb.cz/grmat/prosp/geotronics-P.pdf.

[20] *Sokkia SET3X* [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: https://totalstations.co/sokkia-set3x-reflectorless-total-station-3/.

[21] *Leica TCRA 1103* [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: https://totalstations.co/data%20sheet/Leica-TCRA-1105-II-Edited-1.pdf.

[22] *Leica TCRA 1103* [online]. [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: https://picclick.de/LEICA-TCRA-1103-plus-XR-Robotischer-Tachymeter-3-192498593410.html.

[23] *Riegl VZ-400* [online]. [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/10_DataSheet_VZ-400_2017-06-14.pdf.

[24] *Groma* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: http://groma.cz/cz/groma.

[25] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*. Praha: Český normalizační institut. 1991.

[26] *AutoCAD* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/AutoCAD.

[27] *Leica Cyclone* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/3d-laserove-skenovani/software/leica-cyclone

[28] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy.* Praha: Český normalizační institut. 2014.

[29] *Leica ScanStation P30 Basic Training Manual* [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: https://www.manualslib.com/manual/1289720/Leica-Scanstation-P30.html?page=82#manual.

[30] ČSN ISO 128-30. *Technické výkresy – Pravidla zobrazování – Část 30: Základní pravidla kreslení pohledů.* Praha: Český normalizační institut. 2002.

[31] ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části.* Praha: Český normalizační institut. 2004.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Podoba města Světlá nad Sázavou v roce 1813 [3] 11

Obr. 2: Lokalita města Světlá nad Sázavou 12

Obr. 3: Historická fotografie – pohled na východní fasádu zámku [8] 13

Obr. 4: Zámek Světlá nad Sázavou [10] 15

Obr. 5: Schéma zámeckého parku [11] 17

Obr. 6: Jeden z dochovaných výkresů ze zámku Světlá nad Sázavou [9] 22

Obr. 7: Selektivní (vlevo) a neselektivní (vpravo) zaměřování bodů [16] 23

Obr. 8: Rozdělení 3D skenovacích systémů podle principu měření [16] 24

Obr. 9: Schéma bodů pomocné měřické sítě 27

Obr. 10: Schéma bodů pro metodu laserové skenování 29

Obr. 11: GNSS přijímač ProMark 200 [18] 30

Obr. 12: GNSS přijímač Trimble R8 [19] 31

Obr. 13: Totální stanice Sokkia SET3X [20] 32

Obr. 14: Totální stanice Leica TCRA 1103 [22] 32

Obr. 15: Riegl VZ-400 [23] 33

Obr. 16: Prostředí programu Groma v.12.2 34

Obr. 17: Výpočet měřítkového koeficientu 35

Obr. 18: Nastavení parametrů formátu DXF pro export do programu AutoCAD 38

Obr. 19: Prostředí programu AutoCAD 2020 40

Obr. 20: Prostředí programu Leica Cyclone 41

Obr. 21: Vytváření hladin pro tvorbu výkresu 43

Obr. 22: Vytvoření nového bloku 44

Obr. 23: Nastavení tisku v programu AutoCAD 2020 45

Obr. 24: Okno Cyclone – Navigator 47

Obr. 25: Výběr částí mračen bodů pro daný pohled a odstranění přebytečných bodů .. 48

Obr. 26: Výběr bodů pro tvorbu úsečky 48

Obr. 27: Funkce Coordinate System - Set from Point 49

Obr. 28: Funkce Color Map 49

Obr. 29: Nástroje pro ovládání programu Leica Cyclone..... 50

Obr. 30: Záložka nástrojů pro kreslení (Drawing) 51

Obr. 31: Export 2D kresby z programu Leica Cyclone 52

Obr. 32: Použití funkce 3D otočení..... 53

Obr. 33: Zobrazení panelu nástrojů pro úpravu mračna 53

Obr. 34: Panel nástrojů Kreslit a Modifikace 54

Obr. 35: Ukázka fotografie a výkres – okno..... 55

Obr. 36: Ukázka fotografie a výkres – sloupy 56

Obr. 37: Ukázka fotografie a výkres – balkón..... 56

Obr. 38: Nastavení rozměru papíru pro tisk *DWG To PDF* 57

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Souřadnice bodů sítě pro zaměření fasád objektu 28

Tab. 2: Přehled souřadnic vyrovnaných bodů 37

Tab. 3: Příklad kódu použitých pří měření 43

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy v elektronické podobě:

P1: Protokoly určení bodů technologií GNSS

P2: Porovnání souřadnic GNSS měření

P3: Zápisník měření

P4: Protokoly o výpočtu z programu Groma

P5: Seznam souřadnic bodového pole

P6: Seznam souřadnic podrobných bodů

P7: Technická zpráva z laserového skenování

P8: Výkresy ve formátu PDF

- Situace – měřítko 1:500
- Pohledy – měřítko 1:50
    - Pohled jihozápadní
    - Pohled severozápadní
    - Pohled severní
    - Pohled severovýchodní
    - Pohled jihovýchodní

P9: Výkresy ve formátu DWG

- *SITUACE.DWG*
- *POHLEDY.DWG*

Přílohy v tištěné podobě:

- Situace – měřítko 1:500
- Pohledy – měřítko 1:50
    - Pohled jihozápadní
    - Pohled severozápadní
    - Pohled severní
    - Pohled severovýchodní
    - Pohled jihovýchodní