

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

Bakalářská práce

Zaměření průčelí historického objektu geodetickými metodami

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Hánek Ph.D.
Autor bakalářské práce: Milan Oberreiter

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Milan OBERREITER**
Osobní číslo: **Z14066**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Zaměření fasády historického objektu geodetickými metodami**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je provést zaměření fasády historického objektu dostupnou geodetickou technikou a metodou, výsledky zaměření zpracovat a zhodnotit. Práce by měla obsahovat:
Stručný popis měřeného objektu.
Stručný popis použitých metod a přístrojového vybavení.
Popis výpočetních postupů zpracování výsledků.
Zhodnocení metod z hlediska přesnosti.


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 45 stran textu**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Uren J.: *Surveying for engineers* Basingstoke: Palgrave/Macmillan, 2010.
Vitásek J. a kol.: *Vybrané geodetické práce ve stavebnictví*, Brno: VUT, 1998.
Kuda F.: *Základy správy majetku: zeměměřické činnosti v životním cyklu staveb*, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009
Valentová M.: *Digitální pozemní fotogrammetrie pro dokumentaci památkových objektů: disertační práce*, 2003.
Ratiborský J.: *Geodézie 1: měření a výpočty*, Praha: České vysoké učení technické, 2011.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Hánek, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **30. března 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2017**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1868, 270 05 Česká Budějovice


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 30. března 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20.4.2018

.....

Milan Oberreiter

Anotace

Práce je zaměřena na možnosti zaměření fasády historického objektu. Tato činnost se v posledních letech stává častější z důvodu zdokumentování stavu architektonicky cenných objektů anebo návrhu obnovy a určení finančního rozpočtu. Dokumentovaným domem je dům U Bílé labutě na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích.

Annotation

This bachelor thesis is focused on the ways of measuring the facade of the historical building. This activity has become more frequent in recent years due to the documentation of the status of architecturally valuable objects or the design of the renovation and the determination of the financial budget. The object of study is the house U Bílé labutě on the square of Přemysl Otakar II. in České Budějovice.

Klíčová slova: Laserové skenování, totální stanice, polární metoda.

Key words: Laser scanning, total station, polar method.

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Pavlu Hánkovi Ph.D. za vedení práce a konstruktivní připomínky. Také děkuji panu Ing. Martinu Pavlovi, který mi práci zadával. Velké díky patří firmě GEFOS a.s. jmenovitě panu Ing. Robertu Šinknerovi MBA a panu Marku Janáčkovi za poskytnutí podkladů a rad týkajících se laserového skenování. Dále bych chtěl velice poděkovat celé rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost. V neposlední řadě děkuji kamarádům a spolužákům za pomoc během studia.

Obsah

Poděkování.....	6
Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Pavlu Hánkovi Ph.D. za vedení práce a konstruktivní připomínky. Také děkuji panu Ing. Martinu Pavlovi, který mi práci zadával. Velké díky patří firmě GEFOS a.s. jmenovitě panu Ing. Robertu Šinknerovi MBA a panu Marku Janáčkovi za poskytnutí podkladů a rad týkajících se laserového skenování. Dále bych chtěl velice poděkovat celé rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost. V neposlední řadě děkuji kamarádům a spolužákům za pomoc během studia.	
Obsah.....	7
1. Úvod.....	9
1.1 Lokace zaměřovaného objektu.....	9
1.2 Historie zaměřovaného objektu.....	10
1.3 Popis zaměřovaného objektu.....	10
1.4 Stručný popis jednotlivých metod.....	13
1.4.1 Prostorová polární metoda.....	13
1.4.2 Protínání vpřed z úhlů.....	14
1.4.3 Laserové skenování.....	14
1.4.4 Fotogrammetrie.....	19
1.4.5 Trigonometrie.....	20
2. Cíle.....	22
2.1 Přehled použitých kritérií k porovnání zvolených metod:.....	22
3. Metodika.....	23
3.1 Příprava a podmínky měření.....	23
3.2 Prostorová polární metoda.....	24
3.2.1 Pomůcky.....	24
3.2.2 Postup vlastního měření.....	25
3.2.3 Metody výpočtu souřadnic.....	26
3.3 Protínání vpřed z úhlů.....	27

3.3.1 Pomůcky při měření protínání vpřed z úhlů.....	27
3.3.2 Postup vlastního měření	27
3.3.3 Metody výpočtu souřadnic.....	27
3.4 Laserové skenování.....	28
3.4.1 Pomůcky.....	28
3.4.2 Postup vlastního měření a zpracování dat.....	29
3.4.3 Metody výpočtu souřadnic.....	31
4. Výsledky.....	33
4.1 Příklad dat z laserového skenování.	33
4.2 Výsledné souřadnice	35
4.3 Souřadnicové rozdíly měřených bodů	37
5. Diskuze.....	38
6. Závěr.....	43
7. Použitá literatura	44
8. Přílohy	50

1. Úvod

1.1 Lokace zaměřovaného objektu

Dům se nachází na náměstí ve frontě s obchodní galerií Dvořák. Adresa objektu je náměstí Přemysla Otakara II. 121/34 České Budějovice 1. Souřadnice GPS jsou $48^{\circ}58'25,9''$ s. š. (severní šířky) a $14^{\circ}28'27,44''$ v. d. (východní délky). Tento měšťanský dům je kulturní památkou a nese název dům U Bílé labutě. Umístění domu na náměstí ukazuje obr. 1.



Obr.1. Poloha domu (označeno šipkou) na mapovém snímku (zdroj: www.mapy.cz).

1.2 Historie zaměřovaného objektu

Dům byl založen v období gotiky, o čemž svědčí lomené arkády loubí. V období rané renesance bylo postaveno na krakorcích vysunuté patro.

Do požáru v roce 1868 byl dům jednopatrový s vysokou atikou. V rámci přestavby bylo nahrazeno schodiště a přistavěno další poschodí.

Cenné jsou zachovalé barokní klenby v přízemí, klenuté stropy a dřevěné stropy v přízemí.

Dům je příkladem stavebního vývoje v průběhu času v této lokalitě a je od 3. 5. 1958 památkově chráněn jako kulturní památka. Jeho rejstříkové číslo v Ústředním seznamu kulturních památek České republiky je 44604/3-660 (<http://pamatkovykatalog.cz>).

1.3 Popis zaměřovaného objektu

Jedná se o třípatrový řadový dům s průchozím podloubím, které má dvě průchozí arkády. Nad arkádami se nacházejí krakorce s malými klenbami. Ty nesou ve směru do náměstí vysunuté první patro, které je z obou stran podepřeno opěrnými pilíři.

Další patra jsou již v přibližné svislé rovině s přízemím a sousedními domy. Volný prostor nad prvním patrem slouží jako balkon a je ohraničen kovaným zábradlím. Prostřední okno v tomto patře je nahrazeno vstupními dveřmi na balkon, které jsou vzhledově totožné s okny.

Každé patro je osazeno třemi okny, přičemž v nejvyšším patře jsou okna menších rozměrů.

Fasáda objektu není jednobarevná, nýbrž kombinací zelených a světlých barevných odstínů. V přízemí je sytě zelená, od prvního patra vzhůru pak spíše olivově zelená. Krakorce, římsy, prvky ozdob a obdélníky okolo oken jsou krémové až bílé.

Zábradlí balkonu ve druhém patře je kovové s hnědými dřevěnými madly. Na čelní fasádě se také nacházejí čtyři držáky vlajek, na které je o státních svátcích vyvěšena česká vlajka. Vzhled domu je zobrazen na foto 1.



Foto 1. Pohled na fasádu zaměřovaného domu z náměstí (zdroj: Milan Oberreiter).

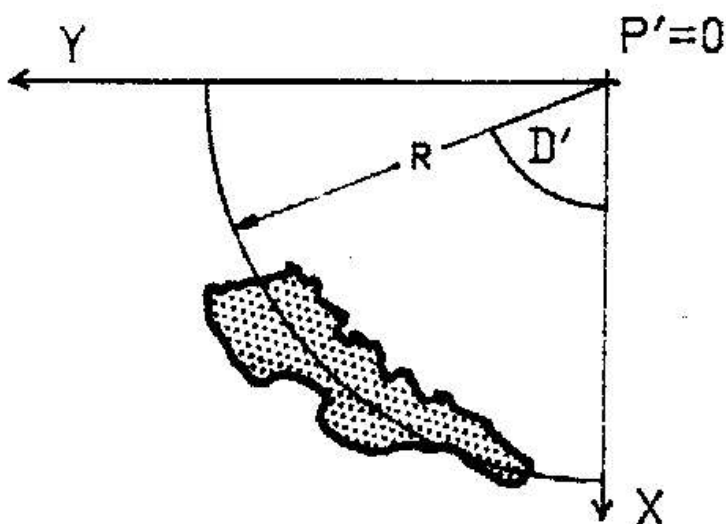
1.4 Stručný popis jednotlivých metod

1.4.1 Prostorová polární metoda

Prostorová polární metoda je geodetická metoda určení polohy bodu pomocí polárních souřadnic. Z měření se určí zenitový úhel, horizontální úhel a šikmá vzdálenost. Přepočtem se určí vodorovná vzdálenost. Princip výpočtu souřadnic polohy je polární metoda. Výškopisná souřadnice se určuje ze změřeného svislého (zenitového) úhlu a délky. Zenitový úhel je úhel od svislice procházející průsečíkem strojových os na cílený bod.

V případě cílení nad horizont stroje je úhel do 100 gradů setinné miry. Pro výpočet nadmořské výšky bodu, na kterém je postaven stroj, je nezbytné mít změřenou výšku stroje a pro určení výšky měřených bodů je nutná změřená výška cíle (<http://gis.zcu.cz>).

U této metody je možné měřit ze známého stanoviska bodu, které se nazývá pevným stanoviskem. V případě měření z bodu, jehož souřadnice se teprve určí v rámci měření, se jedná o volné stanovisko (<http://gis.zcu.cz>).



Obr. 2. Umístění ČSR v S – JTSC (zdroj: <http://gis.zcu.cz>).

1.4.2 Protínání vpřed z úhlů

Prvním krokem u této metody je rekognoskace terénu a následné vytyčení základny. Ta je tvořena dvěma body ze kterých následně zaměřujeme objekt či alespoň jeho část. U těchto bodů buď známe souřadnice nebo je musíme určit. Určení proběhne stejně jako u ostatních metod zaměřením orientací na body se známými souřadnicemi.

Podrobné body na fasádě se postupně zaměří z obou stanovisek a nesmí se opomenout v osnově zacílit i na druhé stanovisko, které je osazené hranolem.

Z osnovy směrů jsou poté vypočteny úhly v trojúhelnících tvořených dvěma stanovisky, mezilehlou základnou a určovaným bodem.

Výpočet souřadnic probíhá polární metodou. Podmínkou pro určení souřadnic bodů z měření je znalost souřadnic stanoviska stroje. Bod, na kterém je stroj postaven, musí být alespoň dočasně signalizován pro případ nehody a opětovného stavění stroje. K tomu se používá buď křída anebo hřeb.

Protínání vpřed z délek je také na principu trojúhelníku, ale hlavní měřenou veličinou jsou vzdálenosti (Císař et.al., 1966; Hánek et.al., 2007).

1.4.3 Laserové skenování

Tato metoda je vhodná pro velmi členitý povrch, kdy výstup je prostorově i barevně věrný. Využívá se kupříkladu při restaurování historických staveb, kdy se provádí před započítím prací. Z výsledků lze vytvořit v příslušných softwarech jak 3D model, tak například zobrazení prostoru do rovin principem rozvinutého globu či velmi působivý průlet mračnem bodů. Ten umožňuje pohyb naskenovaným prostorem. Tato metoda byla například použita firmou Gefos při skenování hlavní lodě kostela Svaté rodiny v Českých Budějovicích před rekonstrukcí. Výsledek skenování ukazuje obr. 3.



Obr. 3: Kostel Svaté rodiny v Českých Budějovicích v mračnu bodů se skenerem v popředí (<http://gefoss.cz/web>).

Díky těmto možnostem je i snadnější odhad náročnosti práce na vlastní opravě a nákladů na potřebný materiál.

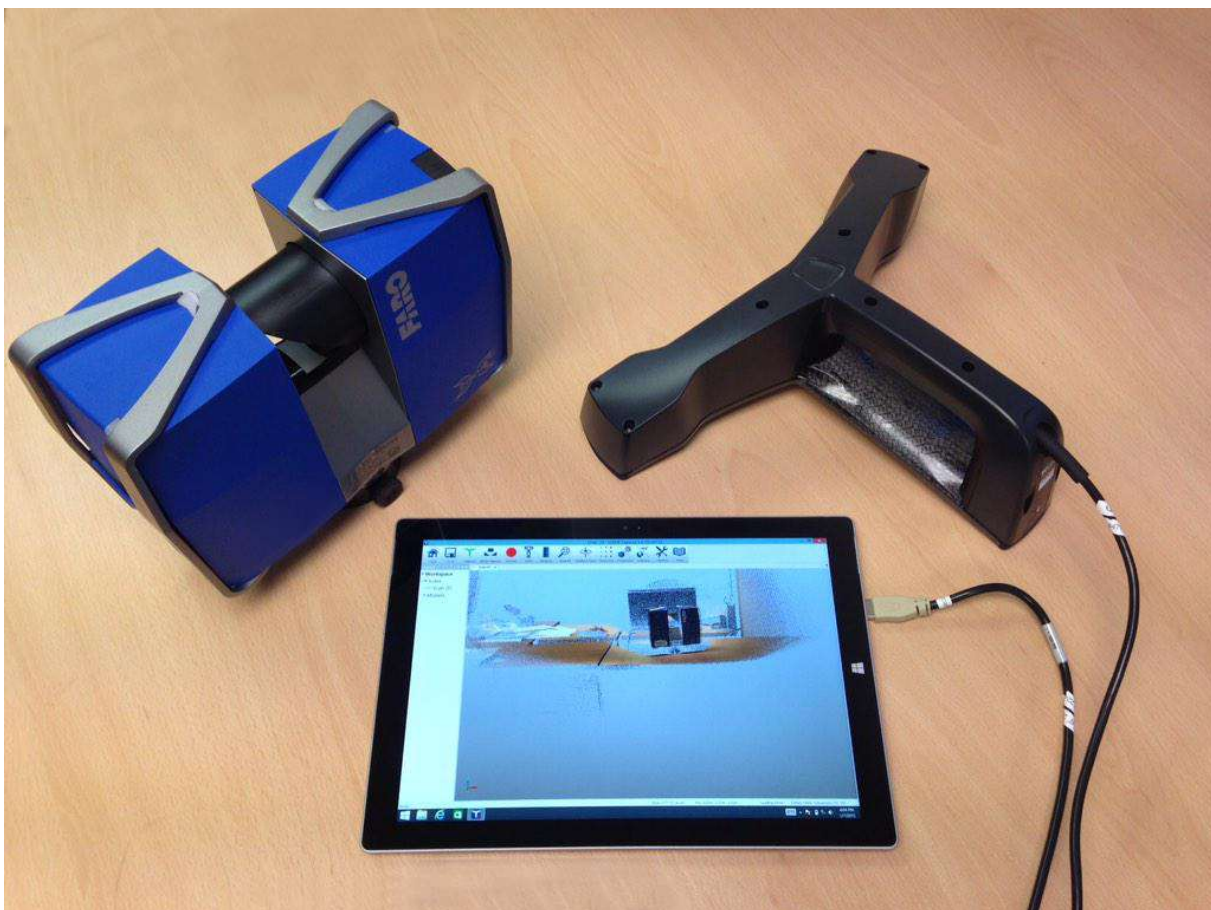
Mezi další využití patří získání podkladů pro plánovanou výstavbu, simulace možných krizových situací či tvorba modelů a dalších výstupů. Významné využití je při skenování exteriérů (jako např. náměstí) či tvorba modelů celých sídel.

V případě měření do 50 metrů je typická přesnost metody 6 mm. S rostoucí vzdáleností přesnost klesá. V případě exteriérů je vzdálenost obvykle do 100 metrů.

V případě potřeby zaměření velkého či členitého objektu, je běžným postupem spojování mračen bodů z různých stanovisek (Hánek et.al., 2007). Toto je možné shlédnout například ve videoukázce firmy Gefos na následujícím odkazu: <https://www.youtube.com/watch?v=v96ziYWjtos>.

Pospíšil (2007) zmiňuje, že skenovací systémy se rozdělují na statické a kinematické. Statické jsou takové, které byly nehybné po celou dobu měření. Byly na stativu, či v nutnosti na nějaké podložce. Při použití kinematického systému je skener umístěn na pohyblivé stroji (např. automobil, vrtulník či větší dron). Pro doskenování jsou dostupné ruční scenery které mají dosah jen několik metrů. Příkladem je FARO Freestyle 3D, který má dosah do 3 metrů (<https://www.cad.cz>).

Ukázku techniky potřebné pro laserové skenování ukazuje obr. 4.



Obr. 4. FARO Freestyle 3D s tabletem zobrazujícím naskenovaná mračna bodů (zdroj: <http://www.merici-pristroje.cz>).

Kinematický systém instalovaný v letadle, které se pohybuje rychlostí přibližně 200 km/h ve výšce v rozmezí 200 - 1600 metrů, má absolutní přesnost pohybující se v hodnotách 0,1 – 0,3 m. Taková přesnost vyhovuje většině využívaných aplikací a takovýto podklad je možné využít například pro plánování budoucí zástavby, výpočtu nákladů terénních prací atd. (Pospíšil, 2007).

Vlastní měření je prováděno automaticky strojem, kdy obsluha působí po jeho postavení a uvedení v činnost hlavně jako dozor.

Skenování probíhá pomocí kmitajícího hranolu nebo zrcadla, který z impulzů vytvoří svislou rovinu. Postupným plynulým otáčením panoramatických skenerů servopohonem probíhá oskenování celého okolí. Ani laserové skenování však nenasnímá úplně všechno. Slepá místa tvoří kužel nad a pod strojem, taktéž nelze nasnímat prostory za překážkami.

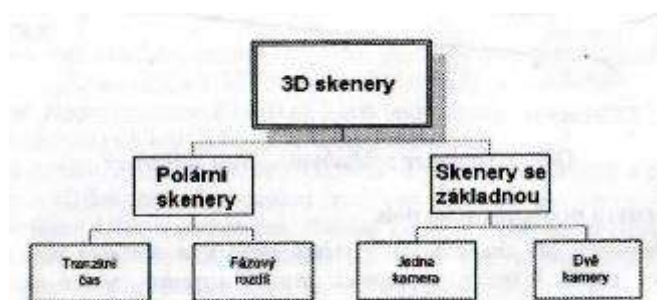
Metoda funguje tak, že se paprsky odrazí od všech překážek a do paměti se uloží informace o poloze daného bodu a jeho barvě pomocí kódu, který je pro 3 barvy, a to červenou, zelenou a modrou (Pospíšil, 2007; Pavelka a Hodač, 2008; <http://geoforum.pl>). Konkrétní příklad ukazují obr. 5.



Obr. 5: Informace o bodu laserového skenování v grafickém programu Cloud Compare (zdroj: Milan Oberreiter).

Pospíšil (2007) rozděluje skenery podle měřicího principu, dosahu, rychlosti skenování a přesnosti (viz obr. 6).

1) Podle měřicího principu



Obr. 6. Rozdělení skenerů podle principu měření (Pospíšil, 2007).

- 2) Podle dosahu
 - a) D1 - Systémy s velmi krátkým dosahem (0,1 – 2 m).
 - b) D2 - Systémy s krátkým dosahem (2 – 10 m).
 - c) D3 - Systémy se středním dosahem (10 – 100 m).
 - d) D4 - Systémy s dlouhým dosahem (100 m a více).

Do kategorie D1 spadá například zmíněný ruční přístroj FARO, naopak některé stroje kategorie D4 mají dosah i 130 metrů.

- 3) Podle rychlosti skenování
 - a) R1 - Systémy s velmi vysokou rychlostí (více jak 50 000 bodů za sekundu).
 - b) R2 - Systémy s vysokou rychlostí (1000 - 50 000 bodů/s).
 - c) R3 - Systémy se střední rychlostí (10 - 1000 bodů/s).
 - d) R4 - Systémy s nízkou rychlostí (do 10 bodů/s).

- 4) Podle přesnosti
 - a) P1 - Systémy s vysokou přesností (0,01 – 1 mm) – scenery pro skenování bodů na malé vzdálenosti D1 s malou základnou. Přesnost prudce klesá se zvyšující se vzdáleností.
 - b) P2 - Systémy přímo určující vzdálenost s krátkým dosahem D2 a přesností (0,5 – 2 mm).
 - c) P3 - Systémy přímo určující vzdálenost se středním dosahem D3 a přesností (2 – 6 mm).
 - d) Systémy přímo určující vzdálenost s dlouhým dosahem D4 a přesností (10 - 100 mm).

Podle technologie měření se dělí skenery dále na triangulační a laserové (polární). Laserový měří vzdálenost napřímo a má dosah stovky metrů, zatímco triangulační má dosah pouze 25 metrů. Triangulační systémy se vyskytují v různých

konstrukčních možnostech. Většinou skener obsahuje jednu nebo dvě digitální kamery zaznamenávající stopu, kterou pak laser vyprodukuje (Pavelka, 2006).

Náročnější vzhledem k lidské práci je tzv. „vyčištění“, výsledku. Je to proces, kdy se v grafickém programu musí nalézt duplikované a nežádoucí body, např. odraz ve skle, zaměření bodů za oknem či procházející člověk. Záleží na velikosti zaměřované plochy či území a jeho členitosti. Většinou se jedná o počty bodů v rámci tisíců. Nevhodné ke zpracování a leckdy úplně nepoužitelné jsou objekty s vysoce odrazivým povrchem, například oplechované či velké prosklené plochy.

I přes výpovědní hodnotu skenování je vhodné, pro kontrolu zpracování výsledku, provést fotodokumentaci objektu. V případě potřeby je možné kombinací skenování a digitálního fotografického snímku vytvořit fotorealistický 3D model objektu (Pavelka, 2006; Švábenský et al., 2006).

1.4.4 Fotogrammetrie

Základem metody jsou snímky objektu či oblasti pořízené buď ze stanoviska, které má určené souřadnice (v případě pozemní fotogrammetrie) nebo z paluby letadla (v případě letecké fotogrammetrie) (Hánek et.al., 2007).

Letecká fotogrammetrie tvoří důležitý podklad pro tvorbu map a dálkový průzkum země. Její výhodou je zpracování větší plochy za stejný čas oproti pozemní fotogrammetrii. Nevýhodou je složitější zpracování a zdlouhavé určení podrobných bodů. Ty totiž musejí být určeny minimálně ze dvou snímků pořízených z vhodné vzdálenosti, ale každý z jiného bodu (Pavelka, 2003). Od první světové války bylo ve vojenství této metody využíváno také při vyhodnocování náletů a ostřelování. K tomuto vyhodnocování sloužila stereofotogrammetrie. Maršík (1998) vysvětlil, že tato metoda využívá možnosti lidského oka vidět prostorově.

Během posledních let se fotogrammetrie začala využívat pro realistické vytvoření 3D prostředí v počítačových hrách. Při využití moderních softwarů je fotogrammetrie rychlým a přesným způsobem jak získat trojrozměrné informace hlavně v případě rozsáhlých komplexů (Haddad a Akasheh 2005; Haddad a Ishakat 2007).

Rozdělení fotogrammetrie do kategorií podle Böhma (2002):

Dle umístění stanoviště: letecká a pozemní.

Podle počtu vzájemně vyhodnocovaných snímků: jednosnímková, dvou a vícesnímková

Dle způsobu zaznamenaných vstupních dat: grafická a číselná.

Způsob zpracování: digitální, analytická a analogová.

Jak Böhm (2002) uvádí, lze fotogrametrii využít k vytvoření dokumentace objektu ve stavebnictví. Rovinné objekty je možné zpracovat jednosnímkovou fotogrammetrií. Pro klenby a další členitější prvky, lze využít jako rychlou a snadnou možnost vícesnímkovou metodu.

Přesnost metody je závislá na vzdálenosti snímaného objektu od komory přístroje a pohybuje se v rozmezí 0,01 – 0,1 m (Hánek et. al., 2007).

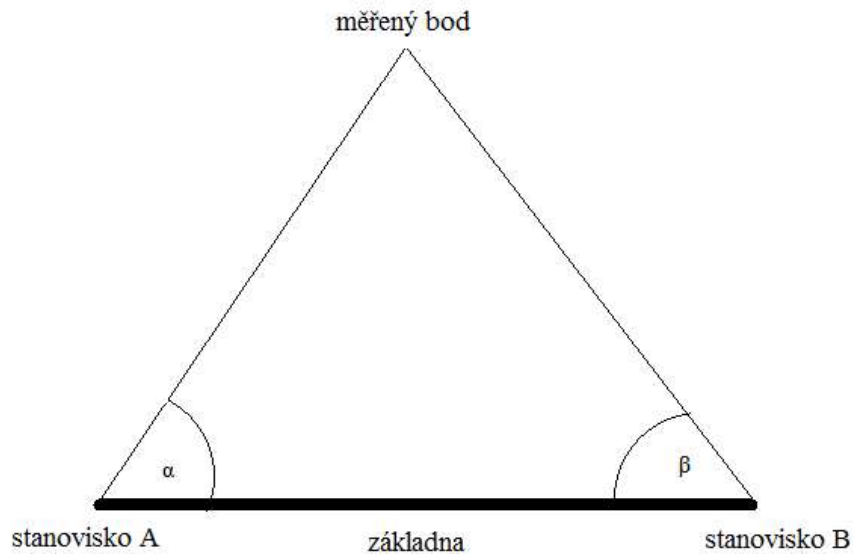
1.4.5 Trigonometrie

Trigonometrie je metoda založená na zaměření bodu pomocí metody protínání z úhlů ze základny.

Základna by měla být zvolena ideálně v rovnoběžném směru o délce přibližně dvojnásobku nejvzdálenější dvojice zaměřovaných bodů.

Vzdálenost základny od objektu by měla být taková, aby zenitové úhly byly větší než 50 gradů a vodorovné úhly se na měřeném bodě ideálně protínaly v rozmezí 50 – 150 gradů. Ideální tvar rozmístění ukazuje obr. 7.

Body základny stabilizujeme na zpevněném povchu hřebem, či alespoň křížkem a na nezpevněném alespoň kolíkem s křížkem, či hřebem navrchu (Pospíšil, 2010).



Obr. 7. Ideální tvar trojúhelníku v tachymetrii (zdroj: Milan Oberreiter).

Pro výpočet polohových souřadnic je nutné alespoň dvakrát změřit délku základny. Rozdíl v měření musí být menší než mezní odchylka, která je 0,01 m. Pokud je délka základny menší než 30 m (jeden klad pásma), pak lze splnit odchylku 6 mm. Odpadají totiž systematické chyby z měření pásmem, jako je vybočení ze směru. Pásmo je nutné klást v rovině. Pokud je terén svažité, pak na vyšší bod klademe nulu a na nižším použijeme olovnici pro signalizaci na terén. Výsledná vzdálenost je průměrem ze dvou měření splňujících odchylku.

Pro výpočet výšek je nutné znát výšku stroje. Opět se měří od bodu na terénu ke značce na stroji signalizující průsečík strojových os. Ze změřených vodorovných směrů, zenitových úhlů a pomocí vypočtené vzdálenosti určíme výšku bodu. Ta musí být určena z obou stanovisek na základně a pokud je splněna mezní odchylka, je jako výsledná výška udána průměrem z obou hodnot.

2. Cíle

Cílem práce bylo vzájemné porovnání vybraných geodetických metod vhodných k zaměření fasády domu U Bílé Labutě na náměstí Přemysla Otakara II. v Českých Budějovicích.

Pro porovnání bylo použito několik kritérií, díky kterým je možné získat představu o ekonomických a materiálních nárocích.

2.1 Přehled použitých kritérií k porovnání zvolených metod:

- Časová náročnost (v terénu a při zpracování).
- Materiální náročnost (stroje na měření a další pomůcky, technika potřebná při zpracování).
- Přesnost měření.

3. Metodika

Ze zmíněných metod v úvodu bylo k vlastnímu porovnání zvoleno jen několik z nich. Přehled uvádí tab. 1.

Zvolené metody	Nezvolené metody
Prostorová polární metoda	Fotogrammetrie
Protínání vpřed z úhlů	Trigonometrie
Laserové skenování	

Tab. 1: Přehled použitelných metod k zaměření fasády.

3.1 Příprava a podmínky měření

Rekognoskace terénu

Rekognoskace terénu je nezbytnou součástí přípravy na měření v terénu. Provedl jsem ji tak, že jsem si vyhledal místa, ve kterých byly vhodné a použitelné orientace, prohlédl jsem si budovu a odhadl plánovaný postup.

Podmínky měření

1) Klimatické

Měření probíhalo dne 31. 10. 2017. Dopoledne se teplota pohybovala v rozmezí 5,6 - 8,4 °C. Většinu času panovalo bezvětří, občas byl závan slabého větru.

2) Lokální

Protože se zaměřovaný objekt nachází v centru Českých Budějovic, byla kvalita měření ovlivněna provozem (chodců a vozidel), který na náměstí je. Několikrát muselo být měření přerušeno, protože bylo vlivem pohybu lidí a vozů

rušeno.

Také zaparkovaná vozidla ovlivňovala měření a ztěžovala zaměření nízko položených bodů fasády.

3.2 Prostorová polární metoda

3.2.1 Pomůcky

Totální stanice, 3 stativy, 2 odrazné hranoly na trojnožce, pásmo, svinovací metr, hřeby, olovnice i optický centrovač, výtyčka s odrazným hranolem pro zaměření nepřístupných bodů.

Měření probíhalo za účasti 3 osob.

K měření byla použita totální stanice Leica TCR 407 Power, která umožňuje bezodrazové měření vzdáleností, uložení až 16 zaměřených zakázek o celkovém součtu až 10 000 bodů. Díky nekonečnému pohybu ustanovkami a mnoha dalším funkcím umožňuje také například měření volného stanoviska a vytyčování. Stanice včetně příslušenství je zobrazena na obr. 8.



Obr.8. Totalní stanice Leica TCR 407 (chansurveying.com).

Nejdůležitější technické parametry použité stanice:

Maximální přiblížení: 30 x

Pro měření úhlů: přesnost - standardní odchylka 20 cc

Kompenzátor automatický: 7cc

Rozlišovací schopnost displeje: 3cc

Pro měření vzdáleností: přesnost +/- (2 mm + 2 ppm)

Dosah dálkoměru bez hranolu: 200 m

Poslední hodnota je pravděpodobně závislá na podmínkách v čase měření a poloze cíleného bodu, neboť během měření se nepodařilo změřit vzdálenost na orientační bod TB 12 (makovice kopule na Černé věži), byť byla blíže než uváděných 200 m.

3.2.2 Postup vlastního měření

Po provedené rekognoskaci a vyhledání podrobného zhušťovacího bodu byla provedena jeho signalizace. Totální stanice byla scentrována na hřeb zaražený mezi dlaždice a zhorizontována.

Měření započalo změřením orientací. Jako orientační body byly zvoleny trigonometrický bod TB 12 signalizovaný středem krčku makovice Černé věže a zhušťovací bod ZB1 stabilizovaný mostními čepy ve zdi objektu. Zaměřování objektu probíhalo současně s vedením polního náčrtu (viz Příloha č. I.). Přehled zaměřovaných bodů na fasádě zobrazuje obr. 9. Zaměřované body jsou rozmístěné po celé ploše fasády. Ve spodní části jsou řídkěji a na úrovni terénu je z důvodu parkování vozidel bylo možné zaměřit jen z části.



Obr. 9: Zobrazení zaměřovaných bodů na fasádě (zdroj: Milan Oberreiter).

3.2.3 Metody výpočtu souřadnic

Pro výpočet souřadnic podrobných bodů musíme znát souřadnice měřených orientací a souřadnice stanoviště. Souřadnice stanoviště v případě volného stanoviště musíme vypočítat. V případě nedostupnosti softwarového vybavení lze provést výpočet souřadnic bodů měřených polární metodou pouze pomocí kalkulačky a zápisníku.

Vzhledem k možnosti použití programu Groma v8 jsem měl práci snazší. Nejprve jsem nahrál soubor z měření totální stanicí do programu, rozdělil jsem body

na stanoviska, orientace a měřené body a v případě změny jsem doplnil výšky strojů a cílů. Poté program vypočetl souřadnice funkcí Polární metoda dávkou.

3.3 Protínání vpřed z úhlů

3.3.1 Pomůcky při měření protínání vpřed z úhlů

Totální stanice, 4 stativy, 3 odrazné hranoly na trojnožce, pásmo, svinovací metr, hřeby, olovnice a optický centrovač, výtyčka s odrazným hranolem pro zaměření nepřístupných bodů.

Měření probíhalo za účasti 4 osob.

K zaměření fasády touto metodou byla použita stejná totální stanice jako u polární metody.

3.3.2 Postup vlastního měření

Přípravy a počátek měření proběhlo stejně jako při polární metodě. Rozdíl byl v tom, že při protínání byla změřena délka základny z obou jejích stanovisek. Obě hodnoty byly v toleranci, a proto je dále používán jejich aritmetický průměr. Měření jsem prováděl z obou stanovisek stejně jako byla měřena polární metoda. Jedno stanovisko bylo osazeno strojem a druhé odrazným hranolem v trojnožce. Na toto stanovisko jsem měřil jako na ostatní podrobné body a v druhé části měření byla stanoviska vyměněna.

3.3.3 Metody výpočtu souřadnic

Výpočet souřadnic z jednotlivých stanovisek bylo díky použití počítačového vybavení provedeno stejně jako polární metoda programem Groma. Oproti Polární metodě jsem navíc musel identické body fasády po výpočtu porovnat, aby byly v

toleranci odchylek. V případě, že výsledná souřadnice nebyla totožná, ale byla splněna odchylka, jsem provedl její aritmetický průměr.

3.4 Laserové skenování

3.4.1 Pomůcky

Pro vlastní skenování byl použit laserový skener ScanStation C10 od firmy Leica (obr. 10) a stativ pro zaměření vlíčovacích bodů: totální stanice Leica TC 1205, stativ, stativ s odrazným hranolem (obr. 11).

Skener ScanStation C10 byl představen jako novinka v roce 2010. Fázová technologie umožňuje měření délek s přesností 6 mm a polohu na 4 mm s dosahem 300 m při 90 % odrazivosti. Rychlost skenování je až 50 000 bodů/s.

Skener obsahuje také nastavitelnou videokameru a laserovou olovníci. K horizontování využívá dvojosý kompenzátor. Rotující zrcadlo s technologií Smart X – Mirror, které umožňuje skenovat proctor až do zenitu, bylo také novinkou. Systém používá software Cyclone - SCAN také od firmy Leica (katalog INTERGEO, 2010).



Obr. 10. Skener ScanStation C10 (zdroj: <http://www.stavebnictvi3000.cz>).



Obr. 11. Totální stanice Leica TC 1205 použitá pro zaměření vlíčovacích bodů (zdroj: <http://www.ebay.com>).

3.4.2 Postup vlastního měření a zpracování dat

Měření objektu touto metodou jsem osobně neprováděl. Data pro porovnání této metody s ostatními metodami mi poskytla firma Gefos a.s. v podobě vyčištěného mračna bodů. Pro zaměření a vyhodnocení měření je nezbytné zaměření vlíčovacích bodů totální stanicí. Laserové skenování prováděla firma Gefos na celém náměstí Přemysla Otakara II.

Pro určení souřadnic je nezbytné zaměření vlíčovacích bodů totální stanicí a tyto body jsou později ztotožněny s identickými body získanými laserovým skenováním. Ty firma zaměřila totální stanicí Leica TC 1205.

Po měření v terénu následuje časově náročnější práce v kanceláři. Naměřené mračno bodů je načteno v příslušných programech, například Leica Cyclone a 3D Reshaper. Velikost mračna bodů je závislá na velikosti skenovaného objektu. V našem případě se jednalo o velmi velké mračno.

Takovéto zpracování je nejen podmíněno použitím speciálního softwaru, ale logicky je potřebná výkonná IT technika a jistá zručnost a trpělivost.

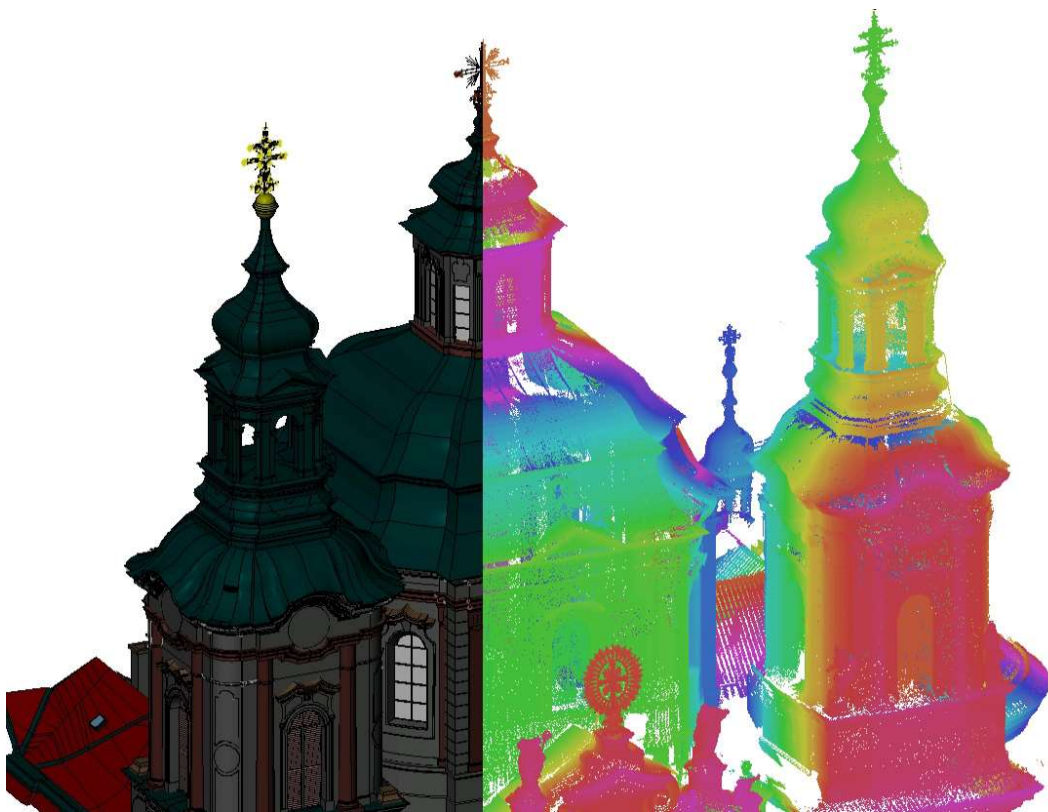
Ve výše zmíněných softwarech pracovníci provádí po zobrazení mračna bodů jeho další zpracování. To je v první řadě vyčištění mračna bodů a odstranění šumu. To znamená odstranění bodů, které nejsou žádoucí a případně body, které nejsou reálné. Pod takové body spadají odrazy v lesklých plochách jako jsou např. skla oken anebo naskenovaný pohyb postav a předmětů. V případě průchodu osoby skenovanou plochou, zanechá osoba za sebou několik stínů. Princip je vlastně opačná animace.

Po odstranění všeho nežádoucího je možné pokračovat dále. V případě potřeby může být rozsáhlé mračno bodů rozděleno na několik menších či naopak z několika menších mračen může být vytvořeno jedno velké. Mračno bodů pro zaměřovaný objekt bylo již vyčištěné a šumy byly potlačeny. Jedinými rušivými prvky zůstaly lampy pouličního osvětlení. Z důvodu velké vytíženosti ve firmě jsem pro pochopení problematiky mohl být přítomen při zpracování mračna bodů jiného objektu.

Po vyčištění je možné pracovat dále s mračnem bodů jako takovým anebo ho dále zpracovávat.

Přesného plastického dojmu se dosahuje dalším zpracováním mračen bodů. Například v programu Microstation je možné provádět modelování detailů. Nejdříve ale musí být vytvořen prostorový model například pomocí trojúhelníkové sítě. Tyto úpravy mají vliv na zkreslení hran zpracovávaného objektu (Kostka et.al., docplayer.cz)

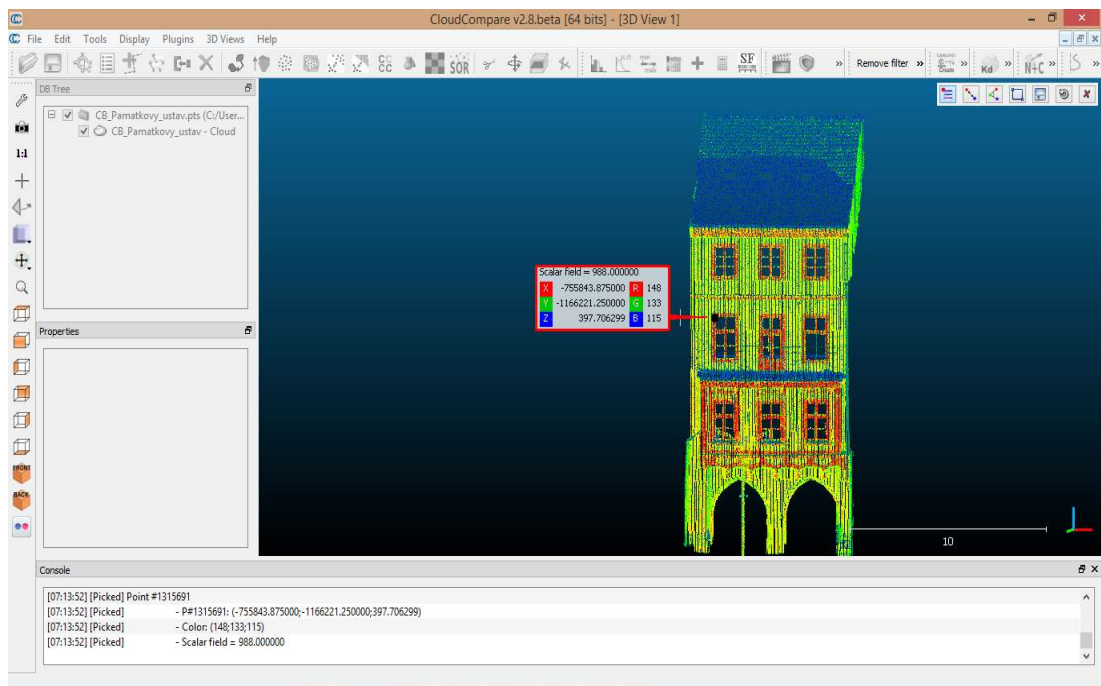
Rozdíl mezi mračnem bodů a 3D modelem je patrný na obrázku (obr. 12). Jedná se o snímek z ukázky zpracování laserového skenování Chrámu svatého Mikuláše na Malé Straně v Praze od firmy CePT s.r.o. Na obrázku je možné vidět porovnání mračna bodů (surových laserových dat) a 3D modelu objektu.



Obr. 12: Ukázka ze zpracování Chrámu Sv. Mikuláše na Staroměstském náměstí (zdroj: <http://www.cept.cz>).

3.4.3 Metody výpočtu souřadnic

Při použití laserového skenování odpadá výpočet souřadnic klasickými softwary a metodami. Díky pulznímu laserovému měření úhlů a vzdáleností a zaměřeným vlíčovacím bodům vystupují body mračna bodů s určenými souřadnicemi. Ty byly zobrazeny v programech MahLab a Cloud Compare v 2,8beta. V programu byl dle polního náčrtu vyhledán bod, funkcí na vybrání bodu pak zobrazeny informace o něm. Příklad je zobrazen na obrázku (obr. 13).



Obr. 13. Zobrazení fasády domu spolu s údaji o zvoleném bodě v programu Cloud Compare (zdroj: Milan Oberreiter).

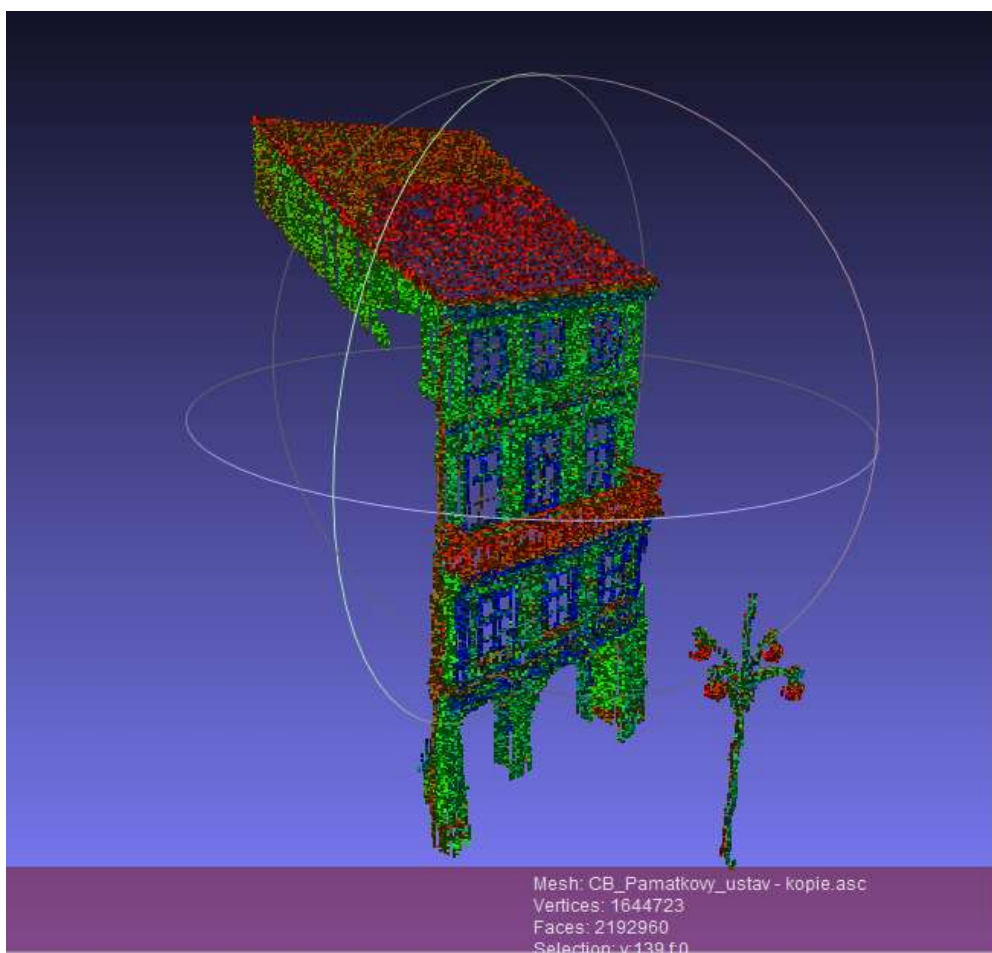
4. Výsledky

4.1 Příklad dat z laserového skenování.

1	2	3	4	5	6	7
coord. X	coord. Y	coord. Z	Scalar	Red (0-255)	Green (0-255)	Blue (0-255)
1644723						
-755842.33740235	-1166222.36328125	389.95205684	207	27	24	21
-755842.24560547	-1166222.35302734	389.88664078	27	54	49	43
-755842.07177732	-1166222.33203125	389.74917598	60	63	59	48
-755842.11474607	-1166222.46337891	389.76312251	288	31	27	24
-755842.20849610	-1166222.45947266	389.84210201	-567	8	4	3
-755842.19677735	-1166222.46582031	389.83312984	89	7	3	3
-755842.16796875	-1166222.47656250	389.80157466	-1009	6	0	0
-755842.14160157	-1166222.33056641	389.81176753	121	63	59	50
-755842.55957032	-1166222.32275391	390.08920284	158	4	4	3
-755842.34912110	-1166222.40283203	389.95541377	-475	2	0	0
-755842.42041016	-1166222.36279297	390.00665279	52	9	6	5
-755842.09374997	-1166222.37158203	389.76043697	117	64	59	50
-755842.49804688	-1166222.35107422	390.05249019	-513	1	0	0
-755842.08251950	-1166222.48046875	389.72888179	80	26	21	19
-755842.40771485	-1166222.39355469	389.99414058	-713	1	0	0
-755842.33691407	-1166222.41210938	389.94287105	-800	3	0	0
-755842.31683260	-1166222.38671875	389.83501316	312	50	55	48

Obr. 14. Načtení mračna bodů pro zobrazení v programu Cloud compare (zdroj: Milan Oberreiter).

Na výše zobrazeném obrázku s příkladem dat bodů laserového skenování lze vidět strukturu dat. První tři sloupce zobrazují prostorové souřadnice. Prostřední sloupec označuje odrazivost bodu a poslední tři sloupce zobrazují kód barev. Kombinace těchto tří barev umožňuje barevné zobrazení bodů a tudíž zlepšuje vypovídající hodnotu výstupu. Toto celé mračno bodů v programu MeshLab je zobrazeno na následujícím obrázku (obr. 15).



Obr. 15. Výstup programu MeshLab (zdroj: Milan Oberreiter).

4.2 Výsledné souřadnice

Následující tabulka (tab. 2) porovnává výsledné souřadnice měřených bodů zvolenými metodami. V každé řádce je totožný bod zaměřený jednotlivými metodami. Rozdíly těchto souřadnic jsou uvedeny v tabulce 4. Maximální odchylka je u bodu 5017 s hodnotou 3cm.

	Polární metoda			Protínání vpřed z úhlu			Laserové skenování			
	Y (m)	X (m)	Z (m)	Y (m)	X (m)	Z (m)	Y (m)	X (m)	Z (m)	
5007	755843.04	1166220.51	391.52	5085	755843.02	1166220.51	391.52	755843.03	1166220.51	391.52
5008	755843.62	1166220.38	391.50	5084	755843.59	1166220.38	391.51	755843.61	1166220.38	391.51
5009	755843.77	1166220.35	391.51	5081	755843.75	1166220.34	391.51	755843.77	1166220.35	391.51
5010	755843.81	1166220.14	392.00	5082	755843.79	1166220.15	392.00	755843.80	1166220.14	392.00
5011	755843.51	1166220.24	391.98	5083	755843.49	1166220.25	391.99	755843.49	1166220.24	391.98
5012	755841.21	1166221.17	391.48	5089	755841.19	1166221.17	391.49	755841.21	1166221.17	391.48
5016	755837.92	1166222.31	391.57	5090	755837.90	1166222.30	391.57	755837.91	1166222.31	391.57
5017	755838.32	1166222.79	398.54	5112	755838.29	1166222.79	398.54	755838.31	1166222.79	398.54
5018	755839.61	1166222.42	398.57	5111	755839.61	1166222.41	398.57	755839.60	1166222.42	398.57
5019	755840.47	1166222.16	398.57	5110	755840.47	1166222.16	398.57	755840.47	1166222.16	398.57
5020	755841.78	1166221.76	398.57	5109	755841.77	1166221.75	398.56	755841.78	1166221.76	398.57
5021	755842.73	1166221.47	398.58	5108	755842.73	1166221.47	398.58	755842.72	1166221.47	398.58
5022	755844.04	1166221.08	398.58	5107	755844.04	1166221.07	398.59	755844.03	1166221.08	398.58
5024	755844.04	1166221.09	401.80	5066	755844.05	1166221.08	401.81	755844.04	1166221.09	401.80
5025	755842.73	1166221.49	401.80	5067	755842.73	1166221.49	401.80	755842.73	1166221.49	401.80
5026	755842.76	1166221.44	400.09	5068	755842.74	1166221.45	400.09	755842.75	1166221.45	400.09
5027	755841.80	1166221.74	400.09	5069	755841.79	1166221.75	400.10	755841.80	1166221.74	400.09
5028	755841.79	1166221.78	401.80	5070	755841.79	1166221.77	401.81	755841.79	1166221.78	401.80
5029	755840.50	1166222.15	401.78	5071	755840.49	1166222.16	401.80	755840.50	1166222.15	401.78
5030	755840.49	1166222.13	400.09	5072	755840.47	1166222.13	400.09	755840.49	1166222.13	400.09
5031	755839.63	1166222.40	400.09	5119	755839.62	1166222.40	400.10	755839.63	1166222.40	400.09
5032	755839.62	1166222.44	401.81	5116	755839.62	1166222.43	401.81	755839.62	1166222.44	401.81
5033	755838.30	1166222.85	401.81	5117	755838.30	1166222.83	401.80	755838.30	1166222.85	401.80
5034	755838.33	1166222.80	400.09	5118	755838.31	1166222.80	400.10	755838.33	1166222.80	400.09
5037	755844.99	1166220.80	399.20	5114	755844.97	1166220.79	399.20	755844.98	1166220.80	399.20
5038	755837.56	1166223.02	399.20	5113	755837.53	1166223.02	399.21	755837.56	1166223.02	399.20
5040	755837.32	1166222.05	396.59	5105	755837.29	1166222.06	396.59	755837.32	1166222.05	396.59
5041	755838.14	1166222.17	392.79	5091	755838.13	1166222.17	392.79	755838.14	1166222.17	392.79
5042	755839.26	1166221.74	392.77	5094	755839.24	1166221.75	392.77	755839.26	1166221.74	392.78
5043	755840.31	1166221.37	392.77	5095	755840.30	1166221.38	392.77	755840.32	1166221.37	392.77
5044	755841.42	1166220.97	392.76	5098	755841.40	1166220.98	392.77	755841.42	1166220.97	392.76
5045	755842.58	1166220.62	392.78	5099	755842.56	1166220.62	392.78	755842.57	1166220.62	392.78
5046	755843.68	1166220.25	392.79	5102	755843.67	1166220.25	392.79	755843.68	1166220.25	392.79
5047	755843.69	1166220.22	394.58	5101	755843.68	1166220.23	394.58	755843.69	1166220.22	394.58
5048	755842.57	1166220.59	394.57	5100	755842.55	1166220.59	394.58	755842.57	1166220.59	394.57
5049	755841.41	1166220.94	394.57	5097	755841.39	1166220.94	394.57	755841.41	1166220.94	394.57
5050	755840.30	1166221.34	394.57	5096	755840.30	1166221.34	394.57	755840.30	1166221.35	394.57
5051	755839.23	1166221.73	394.58	5093	755839.21	1166221.73	394.59	755839.23	1166221.73	394.58
5054	755839.24	1166222.55	391.04	5077	755839.21	1166222.55	391.04	755839.24	1166222.55	391.04
5055	755842.82	1166221.48	391.00	5078	755842.80	1166221.49	391.00	755842.81	1166221.48	391.00

Polohové souřadnice Y, X jsou v referenčním systému S-JTSK. Souřadnice Z je ve výškovém systému Bpv (Balt po vyrovnání)

Tab. 2: Tabulka výsledných souřadnic měřených bodů zvolenými metodami.

Během měření polární metodou a protínání vpřed z úhlů vyvstala skutečnost, která nebyla během rekognoskace terénu patrná, a to skutečný stav fasády v detailním pohledu.

I přes vykonání rekognoskace a snahu o volbu vhodného stanoviska nastaly situace, které znemožnily využití některých bodů. Po určení jejich souřadnic se ukázalo, že výrazně vybočují ze souboru. Jedním z důvodů byla nepravidelnost fasády, zejména, co se týká pravidelnosti hran. Ta ačkoliv okem není často patrná, při měření působila komplikace. Při cílení na danou hranu se stalo, že paprsek se nezastavil v bodě, na nějž se cílilo, nýbrž pokračoval do prostoru za hranu. V případě jeho vrácení vzniklo zaměření jiného bodu v prostoru vzdálenějším od měřicího přístroje. Tyto body jsem vyloučil z porovnání a uvádím je v tabulce 3 jako body měřené pouze jednou metodou.

	Y (m)	X (m)	Z (m)
5002	755817.63	1166192.41	387.62
5005	755840.37	1166223.31	389.16
5006	755841.26	1166222.09	389.01
5013	755840.23	1166221.53	391.50
5014	755840.07	1166221.57	391.51
5015	755839.58	1166221.69	391.48
5023	755844.07	1166221.06	400.09
5035	755837.16	1166222.77	402.43
5036	755844.91	1166220.39	402.43
5039	755844.33	1166219.69	396.63
5052	755837.38	1166222.33	395.24
5053	755844.36	1166219.82	395.29
5057	755840.76	1166222.24	388.78
5076	755840.73	1166222.25	389.00
5075	755840.73	1166222.25	389.00
5106	755845.24	1166220.64	396.89

Tab. 3: Souřadnice bodů měřené pouze jednou metodou.

4.3 Souřadnicové rozdíly měřených bodů

	Polární metoda – Protínání vpřed			Polární metoda – Laserové skenování			Protínání vpřed - Laserové skenování		
	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔZ (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔZ (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔZ (m)
5007	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5008	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.02	0.01	0.00
5009	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5010	0.03	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00
5011	0.01	-0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5012	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5016	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5017	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.01
5018	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00
5019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5020	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
5021	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
5022	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
5024	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5025	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5026	0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00
5027	0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.01
5028	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5029	0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.01
5030	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5031	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.01
5032	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5033	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	-0.01
5034	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.01
5037	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00
5038	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.01	0.00
5040	0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.02	0.00
5041	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5042	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.01	-0.01
5043	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5044	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.01	0.00
5045	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5046	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5047	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5048	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5049	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5050	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	0.00
5051	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
5054	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
5055	0.03	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00

Tab. 4: Souřadnicové rozdíly bodů mezi zvolenými metodami.

5. Diskuze

Hodnocení práce v terénu

Bez ohledu na použitou metodu, je důležité vést si terénní náčrt. Tím se předejde pozdějším nejasnostem v umístění či zařazení bodů. Vhodné je také pořízení fotografie objektu při měření. Při pozdější práci s daty může usnadnit rozpoznání detailů stavby a ujasnit případné pochybnosti.

Využití fotografie při práci s mračnem bodů není výjimkou. Mračno má sice výpovědací hodnotu, nicméně se z něho špatně určují hrany. Zaměřené detaily někdy není možné porovnat vůbec, neboť je není možné rozeznat. K zlepšení přehlednosti při vyhodnocení je možné provést úpravu na trojúhelníkovou síť, nevýhodou je následné zkreslení souřadnic. Fotografie pak může alespoň částečně usnadnit určení bodu v ploše (Švábenský, 2007).

Z hlediska práce v terénu se jeví jako nejvhodnější laserové skenování či fotogrammetrie (Böhm, 2002), což mi potvrdili geodeti zabývající se laserovým skenováním. Použití moderních laserových skenerů umožňuje skenování menších objektů v čase pohybujícím se v jednotkách minut (<http://www.gefos-leica.cz>). Polární metoda je na druhém místě a nejdéle kvůli měření ze dvou stanovisek trvá protínání vpřed z úhlů.

Hodnocení z hlediska časové náročnosti při zpracování

Doba zpracování laserového skenování pak záleží na zručnosti a zkušenostech obsluhy (<http://docplayer.cz>). Zpracování je pro zkušenou obsluhu poměrně snadné, pro nezkušeného je leckdy velmi zdlouhavé zorientovat se ve větších mračnech bodů a dovést práci do žádoucí podoby.

Taktéž získávání údajů z mračna bodů je náročné, neboť volně dostupné programy slouží pouze pro zorientování se uživatele a umožní zobrazení informací o maximálně 5 bodech. U velkých mračen se musí i v plných verzích programu snížit

objem zpracovávaných dat, neboť jinak trvá jejich zpracování a načítání příliš dlouho (Agosto et al., 2005). To samé stanovisko zastává i Berglund et al. (2016), který tvrdí, že čím detailnější soubor dat je, tím více času na jeho zpracování je potřeba. Proto je třeba mít přesný plán a představu, jakou minimální hustotu by data měla mít. Navíc se ukázalo, že doba, po kterou byla data získávána, má vliv na jejich následnou použitelnost. Naopak na konci zpracování je vhodné mít celek pohromadě. Hánek et al. (2007) upozorňují, že je běžnou praxí v případě potřeby několik mračen spojit dohromady.

Terestrické laserové skenování je důležitá metoda při dokumentování historických objektů (Comert et al., 2012). Je také nesmírně užitečná pro zobrazení komplexních objektů, jak uvádí Haddad (2011).

U veřejnosti je to velice oblíbený způsob zobrazení objektů, kde je možnost okamžitě vidět jeho tvar. Nicméně, pro toho, kdo na to není zvyklý, to nemusí být tak jednoduché. Pro dobrou čitelnost, je nezbytné provést redukci vygenerovaných dat. Bez ní trvá vykreslení určitého tvaru příliš dlouho. Protože je tento způsob zobrazení náročný na zpracování dat, je nezbytné mít k tomu také specializované příslušenství (počítač se softwarem) (Agosto et al., 2005).

Trojrozměrné obrázky je možné získat, jak laserovým skenováním, tak klasickou fotogrametrií. Výhodou 3D skenování je, že máme možnost okamžitě získat představu o rozložení bodů. Výhodou tedy je, že není potřeba příliš mnoho času na proces orientace. Nevýhodou však je, že jsme vázaní výběrem skenované pozice. Zaměřuje se na přesně danou vzdálenost, a to může omezit zorné pole (Agosto et al., 2005).

3D obraz umožňuje vložit do obrázku vektory bodů rozpoznatelných v obrázku, a tím je možné zaměřit se na to, co nás zajímá. To je velká výhoda oproti fotogrametrii (Agosto et al., 2005).

Hodnocení z hlediska přesnosti

Na vytvořeném výstupu souřadnic z použitých metod není výrazných rozdílů, proto si netroufám hodnotit vhodnost metod podle přesnosti. Vždyť v protínání z úhlů se chyba běžně pohybuje mezi 0,01 - 0,1m a laser do 50 metrů dálky by měl mít běžně přibližně 6 mm, ale poté chyba roste. Haddad a Ishakat (2007) uvádí průměrnou přesnost od 0,5 - 2 cm. Výsledná přesnost závisí na délce základny skeneru (scanner base) a vzdálenosti od objektu (Haddad, 2011).

Z hlediska přesnosti měření byla z vybraných metod historicky nejpřesnější metoda protínání vpřed z úhlů za předpokladu dodržení podmínek pro výběr základny a ideálního tvaru obrazce. Nyní je s ní srovnatelná metoda laserového skenování, která má uváděnou přesnost jako obvyklou 6mm, avšak pouze do 50 metrů, poté se přesnost zhoršuje. Přesnost laserového skenování při větších vzdálenostech nedosahuje stejné přesnosti jako geodetické přístroje (geodetic instrument), ani nelze zvýšit přesnost pomocí širší škály, jako to umožňuje fotogrammetrie (Haddad, 2011).

Výsledná přesnost měření je však dána kombinací přesnosti metody a samotného měření. Z tohoto důvodu by byla vhodnější kombinace s metodou fotogrammetrie, která je vhodná pro vyhodnocení detailů a dekorativních prvků nepravidelných tvarů (Böhm, 2002). S kombinací metod souhlasí také Veselý (2014), který upozorňuje na rozvoj techniky a možnost použití moderních totálních stanic spojených s digitální kamerou. Ta umožňuje snímek či záznam ve vysokém rozlišení. Haddad (2011) také zastává názor, že kombinace různých metod vede obvykle k nejlepším výsledkům a k menší časové náročnosti.

Při laserovém skenování mohou prvky v blízkosti domu, například zábradlí balkonu a parkující automobily také způsobovat komplikace. Tyto prvky samozřejmě laserový skener naskenuje také. Pokud není možnost dosnínání objektu z jiného úhlu, pak zůstane prostor za překážkou nenasnínán.

Z mého měření vyšly souřadnice bodů ze všech porovnávaných metod srovnatelné. Největší rozdíl porovnávaných bodů je u bodu 5017, která dosahuje hodnoty 3cm.

Hodnocení z hlediska nákladů a nároků na počet pracovníků

Z hlediska pořizovacích nákladů je nejnáročnější laserové skenování, avšak značné úspory přináší na úspore času a počtu terénních pracovníků.

Velkou výhodou současnosti je rozšířené využití elektronických přístrojů pro snadné a rychlé získávání dat a jejich následné snažší zpracování. Přestalo platit pravidlo co nejvyšší přesnosti, ale stalo se nutností zvolit vhodný způsob použití pomůcek a metod ke splnění daného cíle a tím i dosažení potřebné přesnosti. Nadmíru přesná práce byla také velmi drahá. Tímto pokrokem bylo umožněno cenu úkolu i přes vyšší pořizovací náklady přístrojů snížit (Constantino, 2001 a Haddad, 2011).

Jak již bylo řečeno v úvodu, při zaměřování laserovým skenováním slouží obsluha stroje téměř jen jako dozor. Záleží samozřejmě na zkušenostech pracovníka. Zkušený pracovník jej tedy může provádět sám. To je oproti prvopočátkům laserového skenování výrazná změna, neboť dříve byli k obsluze potřeba nejméně dva lidé a cena byla několikanásobně vyšší než nyní. Postupným rozšířením používání totálních stanic a dalších elektronických přístrojů se jejich cena postupně snižuje a tím se stávají dostupnější. Současně se rozšiřuje jejich možné uplatnění a zjednodušuje se i jejich obsluha.

Nejnáročnější z použitých metod je, co se týče počtu pracovníků, metoda protínání vpřed z úhlů. Císař (1966) doporučuje minimální počet 3 pracovníků. Švábenský (2007) již vzhledem k vývoji techniky poukazuje, že vystačí měřič s pomocníkem. Další pracovníci jsou potřeba, pokud je nutnost dozoru na signalizované druhé stanovisko a orientace v provozu či pohybu kolemjdoucích. V

případě mé práce se měření účastnili 4 pracovníci. Polární metodou běžně měří dvoučlenná skupina.

6. Závěr

Při práci v terénu je důležité vést si terénní náčrt, aby se předešlo případným nejasnostem v umístění či zařazení bodů. Proto je vhodné použít také fotografické snímky, které pomohou v orientaci v detailech a ujasnění pochybností. Pro zpracování výsledků z laserového skenování je dobré rovněž využít fotografie, která usnadní určení bodu v ploše.

V terénu je časově nejefektivnější metodou laserové skenování, na druhém místě ze zvolených metod je polární metoda. Časově nejnáročnější je protínání vpřed z úhlů. Následné zpracování v kanceláři je nejrychlejší pro měření polární metodou, následuje protínání vpřed z úhlů a nejdéle trvá laserové skenování.

Laserové skenování je také finančně nejnáročnější na pořízení potřebného vybavení a softwaru. Ostatní metody jsou cenově srovnatelné.

Výsledná přesnost měření je dána kombinací přesnosti metody a samotného měření. V našem případě je přesnost porovnávaných metod srovnatelná.

Měření metodou protínání z úhlů je nejnáročnější na počet osob, ale vzhledem k vývoji techniky je v dnešní době možná provádět ve 2 pracovnících. Tento počet je optimální i pro polární metodu. Z tohoto hlediska je nejméně náročná metoda laserového skenování, kde obsluha funguje především jako dozor.

7. Použitá literatura

Agosto E., Ardissonne P., Bornaz L. (2005): The Castle of Graines: Differenc survey methodologies for the documentation of historical buildings. ResearchGate, Torino, Italy

Berglund J., Lindskog E., Johansson B. (2016): On the trade-off data density and data capture duration in 3D laser scanning for production system engineering. Procedia CIRP 41. 48th CIRP Conference on Manufacturing systems - CIRP CMS 2015. 697 - 701 s.

Böhm J. (2002): *Fotogrammetrie*. Ostrava, VŠBT.

Císař J., Janeček J., Boguszak F. (1966): Mapování. Praha, Nakladatelství technické literatury, 492s.

Comert R., Avdan U., Senkal E. (2012). Documentation of historical buildings with terrestrial laser scanning method: the case study od Armenian church in Sivrihisar, in Eskisehir - Turkey. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2012. 871 - 878 s.

Constantino C. (2001): On precision in architecture. Nexus Network Journal, s. 111- 115.

Haddad N., Akasheh T. (2005): Documentation of archaeological sites and monuments: Ancient theatres in Jerash. In: Proceedings of CIPA XXth International Symposium, September 26 - October 1, Torino, Italy, s. 350 – 355.

Haddad N., Ishakat F. (2007): 3D Laser scanner and reflectorless total station: a comparative study of the slots of El – Khazneh at Petra in Jordan. In: Proceedings of CIPA XXIth International Symposium, October 1-6, Athens, Greece, s. 356 - 361.

Haddad N. (2011): From ground surveying to 3D laser scanner: A review of techniques used for spatial documentation of historic sites. Journal of King Saud University – Engineering Sciences 23, s. 109-118.

Hánek P., et.al. (2007): Stavební geodézie. Praha, Vydavatelství ČVUT, 133s.

Katalog INTERGEO, Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement Köln, 5.–7. Oktober 2010.

Maršík Z. (1998): Základy geodézie a kartografie (pro zemědělské inženýry).2. opr.vyd. České Budějovice, JU ZF, 81s. ISBN 80-704-0304-7.

Pavelka K. (2003): Fotogrammetrie 10. České vysoké učení technické v Praze. Praha, 194 s.

Pavelka K. (2006): Laserové skenování - nová technologie sběru prostorových dat. České vysoké učení technické v Praze. Praha, 32 s.

Pavelka K., Hodač J. (2008): Fotogrammetrie 3: digitální metody a laserové skenování. Vyd. 1. Praha, ČVUT, 190 s.

Pospíšil J. (2007): Současné trendy skenování ve stavebnictví a v příbuzných oborech. Praha, ČVUT, 2007, 32s.

Pospíšil J. (2010): Trigonometrické určení výšek nepřístupných objektů na stavebním objektu. Praha, ČVUT.

Švábenský O., Vitula A., Bureš J. (2006): INŽENÝRSKÁ GEODÉZIE I - Základy inženýrské geodézie. Brno, VUT v Brně.

Švábenský O., Vitula A., Bureš J. (2006): INŽENÝRSKÁ GEODÉZIE I - Geodézie ve stavebnictví. Brno, VUT v Brně.

Švábenský O., Vitula A., Bureš J. (2007): INŽENÝRSKÁ GEODÉZIE II - Analýza přesnosti vytyčení polohy. Brno, VUT v Brně.

Veselý J. (2014): Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. Praha, Národní památkový ústav, edice odborné a metodické publikace, svazek 49, 130 s

Vobořilová P., Skořepa Z. (2005): Geodézie 1, 2. Návody na cvičení. Praha, Nakladatelství ČVUT, 135s.

Internetové zdroje

1) <https://www.cad.cz/grafika-design/81-grafika-design/7777-3d-laserove-skenovani.html>

(staženo dne: 5.3.2018)

2) <http://docplayer.cz/3864045-Srovnani-moznosti-zamereni-a-vyhodnoceni-historicke-fasady.html>

(staženo dne: 20.3.2017)

3) <http://www.gefos-leica.cz/cz/leica/produkty/106/scanstation-c10>

(staženo dne: 24.3.2017)

4) <http://geoforum.pl/?page=news&id=15566&link=rozowe-perspektywy-skanowania-laserowego>

(staženo dne: 28.3.2018)

5) <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08.html>

(staženo dne: 20.2.2018)

6) <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s03.html>

(staženo dne: 20.2.2018)

7) <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch15s02.html>

(staženo dne: 20.2.2018)

8) [https://mapy.cz/letecka?](https://mapy.cz/letecka?x=14.4740327&y=48.9744838&z=18&source=muni&id=537&q=české%20budějovice8)

[x=14.4740327&y=48.9744838&z=18&source=muni&id=537&q=české%20budějovice8](https://mapy.cz/letecka?x=14.4740327&y=48.9744838&z=18&source=muni&id=537&q=české%20budějovice8)

(staženo dne 15.3.2018)

9) <http://pamatkovykatolog.cz/?>

[element=699282&action=element&presenter=ElementsResults](http://pamatkovykatolog.cz/?element=699282&action=element&presenter=ElementsResults)

(staženo dne: 19.1.2018)

10)

<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/novinky-v-laserovych-skenovacich-systemech-na-vystave-intergeo-2010/>

Zdroje obrázků

Obr. 1. <https://mapy.cz/letecka?>

[x=14.4740327&y=48.9744838&z=18&source=muni&id=537&q=české%20budějovice](https://mapy.cz/letecka?x=14.4740327&y=48.9744838&z=18&source=muni&id=537&q=české%20budějovice)

(staženo dne: 15.3.2018)

Obr. 2. <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s03.html#id301514>

(staženo dne: 19.1.2018)

Obr.3 Kostel Svaté rodiny v Českých Budějovicích v mračnu bodů se skenerem v popředí (<http://gefoc.cz/web>).

(staženo dne: 15.4.2018)

Obr.4. http://www.merici-pristroje.cz/files/ckeditor//2-novinky/2015/faro_freestyle/freestyle-focus3d.jpg

(staženo dne: 23.3.2018)

Obr. 5 Informace o bodu laserového skenování v grafickém programu Cloud Compare (zdroj: Milan Oberreiter).

Obr. 6. Pospíšil J. (2007): Současné trendy skenování ve stavebnictví a v příbuzných oborech. Praha, ČVUT, 2007, 32s.

Obr. 7. Ideální tvar trojúhelníku v tachymetrii (zdroj: Milan Oberreiter).

Obr. 8. Totalní stanice Leica TCR 407 (chansurveying.com).

(staženo dne: 2.3.2017)

Obr.9. Zobrazení zaměřovaných bodů na fasádě (zdroj: Milan Oberreiter).

Obr.10. <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/novinky-v-laserovych-skenovacich-systemech-na-vystave-intergeo-2010/>

(staženo dne: 20.12.2017)

Obr.11. <http://www.ebay.com/itm/leica-tcp1205-one-man-robotic-surveying-total-station-sokkia-trimble-topcon/282385737813>

(staženo dne: 2.10.2017)

Obr. 12. Ukázka ze zpracování Chrámu Sv. Mikuláše na Staroměstském náměstí

(zdroj: <http://www.cept.cz/cinnosti/laserove-skenovani/>)

(staženo dne: 20.3.2018)

Obr. 13. Zobrazení fasády domu spolu s údaji o zvoleném bodě v programu Cloud Compare bodě (zdroj: Milan Oberreiter).

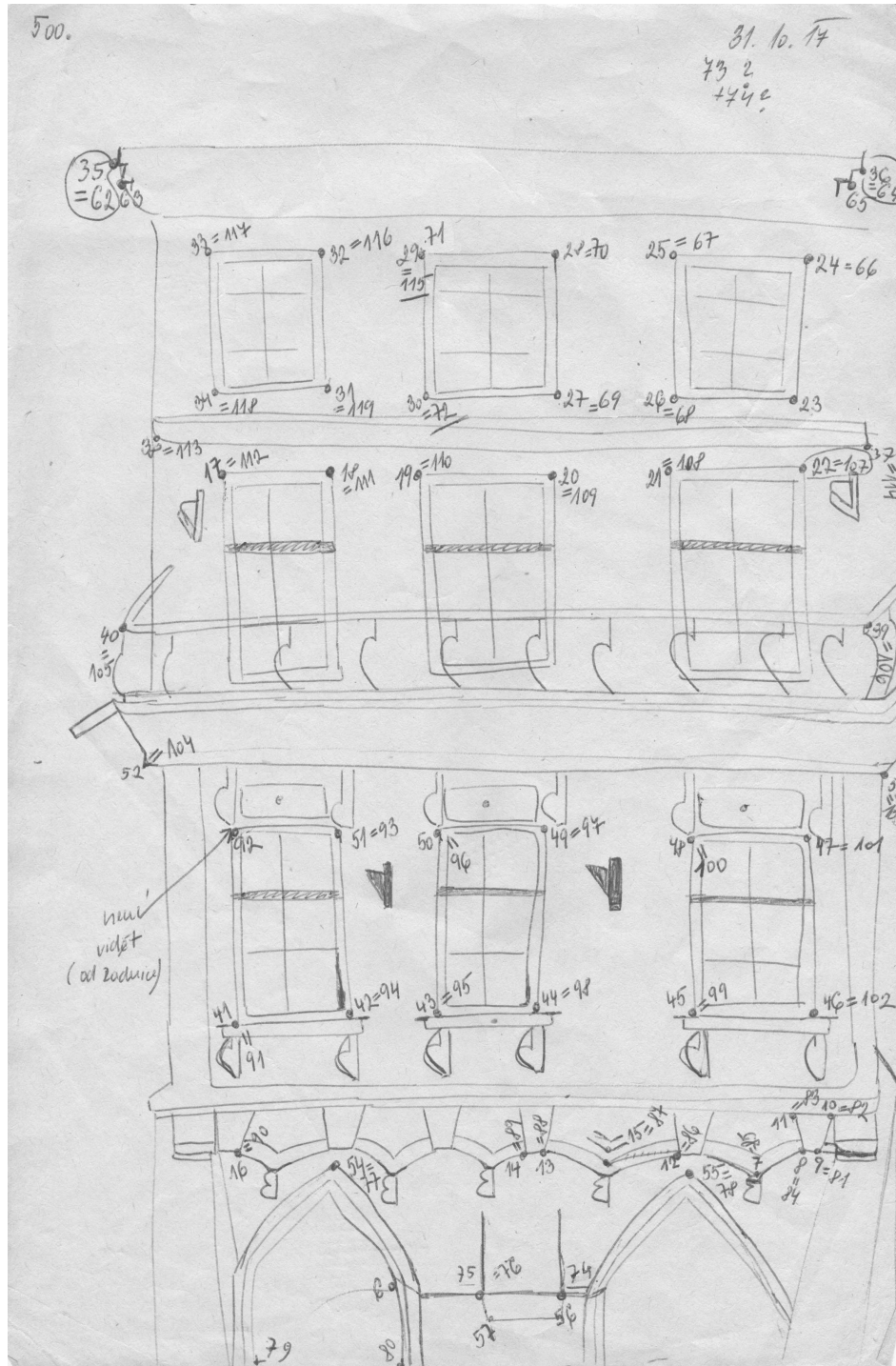
Obr. 14. Načtení mračna bodů pro zobrazení v programu cloud compare. (zdroj: Milan Oberreiter)

Obr.15. Program Mesh - zkušební verze (zdroj: Milan Oberreiter).

8. Přílohy

Příloha č. I

Polní náčrt



Příloha č. II

Geodetické údaje orientací při měření

GEODETICKÉ ÚDAJE
trigonometrického bodu

Kraj: Jihočeský kraj
Okres: České Budějovice
Obec: České Budějovice

List č.: 1/2
Stav k: 1985

Vytvořeno pro web 28.03.2018

TL	4002
ZM-50	32-22
SMO-5	120623

Číslo a název bodu	12	Černá věž			
Bod	Druh	Y	X	Nadmořská výška	
				Bpv	vztahuje se na
12	TB	755718.34	1166061.72	456.84	střed makovice
12.3	ZB1	755839.04	1166222.80	387.47	čepová značka
12.4	ZB2	755903.06	1166163.05	387.13	čepová značka

Orientace na body (ve stupních)							
Číslo		Jižník	Délka strany	Číslo		Jižník	Délka strany
12.3		36 50 43.0	201.282				
12.4		61 15 09.0	210.691				
	12.3-12.4		87.570				

Místopisný popis: Bodem je střed makovice Černé věže v Českých Budějovicích. Body 12,1 a 12,2 zrušeny.

Bod	12		12.3		12.4	
Stab. údaje	0,00	střed mak. Černé věže	0,00	2 mos.čepy zkl.1,398m ram.1,390m	0,00	2 mos.čepy zkl.1,412m ram.1,390m
Označ. povrch. značky na baku:						
Ochranný znak: (druh,rok)						
Kat. území:	České Budějovice 1 st.73		České Budějovice 1 st.		České Budějovice 1 st.	
Parcel.čís. Druh poz.:						

Druh a výška signál. stavby nebo nárys trvalého cíle: 			Poznámky:
---	--	--	-----------

Zeměměřičský úřad 2000

(zdroj: <http://bodovapole.cuzk.cz/>)

Příloha č. III
Použité pomůcky



Stativ totální stanice Leica s typovým štítkem (Milan Oberreiter).



Odrasný hranol- detaily štítků (foto:Milan Oberreiter).



Štítky totální stanice Leica TCR 407(Milan Oberreiter).



Trojnožka stativu se štítkem (Milan Oberreiter) .