

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut geodézie a důlního měřictví

**3D vizualizace Památníku II. světové války v Hrabyni na základě geodetického a
fotogrammetrického měření**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Jan Berka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Kapica Roman, Ph.D

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Berka**

Studijní program: N3646 Geodézie a kartografie

Studijní obor: 3646T007 Inženýrská geodézie

Téma: 3D vizualizace Památníku II. světové války v Hrabyni na základě
geodetického a fotogrammetrického měření
3D Visualization of The Second World War Memorial Hrabyně Based
on Geodetic and Photogrammetric Measurements

Zásady pro vypracování:

1. Kalibrace digitální neměřické kamery
2. Geodetické zaměření vřícovacích bodů
3. 3D vizualizace stavby na základě geodetického a fotogrammetrického měření
4. Kontrola kvality modelu

Seznam doporučené odborné literatury:

PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1: digitální metody*. Vyd. 1. V Praze: CERM, 2009, 200 s. ISBN 978-80-01-04249-6

PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 10*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 194 s. ISBN 80-010-2649-3

PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 20*. 2., přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 193 s. ISBN 80-010-2762-7

PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 30: digitální metody*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 179 s. ISBN 80-010-2413-X

HANZL, Vlastimil. *Fotogrammetrie I: digitální metody*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2002, 94 s. ISBN 80-214-2049-9

AgiSoft PhotoScan User Manual, AgiSoft LLC, St. Petersburg, Russia, 2012

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Kapica, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014

Ing. Pavel Černota, Ph.D.
vedoucí institutu

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

PROHLÁŠENÍ

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval (a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl(a) jsem byl seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.04. 2013

Jan Berka



PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Romanu Kapicovi, Ph.D, za odborné vedení mé diplomové práce, za cenné rady a připomínky, které mi poskytl před samotným měřením a během zpracování naměřených dat. Také bych rád poděkoval Slezskému zemskému muzeu v Opavě za jejich vřelé přijetí a možnost zpřístupnění jejich soukromého pozemku za účelem vypracování mé diplomové práce.

Na tomto místě se sluší poděkovat rodině za podporu ve studiu.

Zároveň děkuji všem, kteří mi s diplomovou prací jakkoliv pomohli.

ANOTACE

V předložené diplomové práci je zpracováno vytvoření 3D modelu Památníku 2. světové války v Hrabyni na podkladě fotogrammetrického a geodetického měření. Úvod práce je věnován popisu vyhodnocovaného objektu a použitých pomůcek. Další část se věnuje teorii průsekové fotogrammetrie a praktickému zpracování 3D modelu v programu PhotoModeler Scanner, AutoCad, Google SketchUp.

Poté je popsáno geodetické zaměření objektu a následná kontrola kvality prostorového modelu. Na závěr jsou ukázány možnosti vizualizace a výstupů, které jsme schopni získat. Součástí práce je i účelová mapa vytvořená v programu Kokeš.

Klíčová slova: Fotogrammetrie, 3D model, PhotoModeler Scanner, AutoCad, Google SketchUp, Kokeš

SUMMARY

In this thesis is composed 3D model of The Second World War Memorial in the village of Hrabyně on the basis of the photogrammetric and geodetic measurements. Introduction is devoted to the description of the object and used tools. The next part is devoted to the theory of intersection photogrammetry and processing 3D model in PhotoModeler Scanner, AutoCad, Google SketchUp.

Then it is described a geodetic survey of the object and subsequent quality control of a spatial model. At the end are shown visualization and output that we are able to gain. The special map created in Kokeš is the part of this thesis.

Keywords: Photogrammetry, 3D model, PhotoModeler Scanner, AutoCad, Google SketchUp, Kokeš

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍL A ROZSAH MĚŘENÍ.....	2
3. CHARAKTERISTIKA LOKALITY A ZAMĚŘOVANÉHO OBJEKTU	3
3.1. OBEC HRABYNĚ	3
3.2. AREÁL HRABYŇSKÉHO PAMÁTNÍKU II. SVĚTOVÉ VÁLKY	4
4. POUŽITÉ PŘÍSTROJE.....	6
4.1. TOTÁLNÍ STANICE TOPCON GPT 7001	6
4.2. CANON EOS 7D	7
5. PRŮSEKOVÁ FOTOGRAMMETRIE	8
6. KALIBRACE FOTOAPARÁTU.....	10
6.1. ZÁSADY PŘI SPRÁVNÉ KALIBRACI	10
6.2. SNÍMKOVÁNÍ TESTOVACÍHO POLE.....	12
6.3. SNÍMKOVÁNÍ ZÁJMOVÉHO OBJEKTU.....	15
7. POUŽITÝ SOFTWARE.....	16
7.1. KOKEŠ.....	16
7.2. GROMA	17
7.3. AUTOCAD	17
7.4. PHOTOMODELER	18
7.5. GOOGLE SKETCHUP	19
7.6. AUTODESK® 360	20
8. TVORBA 3D MODELU V PROGRAMU PHOTOMODELER SCANNER.....	21
8.1. VYTVOŘENÍ PROJEKTU.....	21
8.2. IDEALIZACE SNÍMKU	22
8.3. REFERENCOVÁNÍ	22
8.4. TVORBA DRÁTOVÉHO MODELU.....	25
8.5. PŘIPOJENÍ MĚŘÍTKA	26
8.6. DEFINOVÁNÍ TEXTUR.....	26
8.7. EXPORT DO PROGRAMU AUTOCAD.....	27
9. DOPRACOVÁNÍ 3D MODELU V PROGRAMU AUTOCAD.....	27

10. VIZUALIZACE	29
10.1. VIZUALIZACE V PROGRAMU AUTOCAD 2014	30
10.1.1. PŘÍRAZOVÁNÍ TEXTUR – VKLÁDÁNÍ BLOKŮ AUTOCAD.....	30
10.1.2. NASTAVENÍ OSVĚTLENÍ.....	33
10.1.3. RENDROVÁNÍ	34
10.2. VIZUALIZACE V PROGRAMU GOOGLE SKETCHUP 2013	35
10.2.1. PŘÍRAZOVÁNÍ TEXTUR – VKLÁDÁNÍ BLOKŮ	35
10.2.2. NASTAVENÍ OSVĚTLENÍ.....	36
10.2.3. KONEČNÁ VIZUALIZACE	36
11. GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ	37
11.1. ZÍSKÁNÍ GEODETICKÝCH ÚDAJŮ A REKOGNOSKACE.....	37
11.2. MĚŘICKÁ SÍŤ.....	37
11.3. PŘECHODNÉ STANOVISKO	38
11.4. POLYGONOVÝ POŘAD	39
11.5. ZAMĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ	40
12. ZÁVĚR	42
13. SEZNAM LITERATURY	43
14. SEZNAM OBRÁZKŮ	45
15. SEZNAM TABULEK	46
16. SEZNAM PŘÍLOH	46

SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ, ZKRATEK, TERMÍNŮ

- **Bpv.** = výškový systém Balt po vyrovnání
- **S-JTSK** = Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
- **3D** = zobrazuje „trojrozměrný“ prostor, který je možné popsat třemi rozměry, předměty ve trojrozměrném světě mají i objem
- **PP** = Polygonový pořad
- **SS** = Seznam souřadnic
- **SM** = Seznam měření
- **USB** = (Universal Serial Bus) je způsob připojení periférií k počítači.
- **VŠB-TUO** = Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava
- **ČUZK** = Český úřad zeměměřický a katastrální
- **txt** = textový soubor, který se používá k uchování elektronického textu.
- **DXF** = (Drawing Exchange Format) je CAD formát umožňující výměnu dat
- **A1** = formát papíru 594 x 841 mm
- **A3** = formát papíru 297 x 420 mm
- **AF** = autofocus, automatické zaostřování
- **MF** = manualfocus, manuální zaostřování
- **ČSR** = Československá republika
- **Mpix** = 1 megapixel je přibližně 1 milion (2^{20}) pixelů
- **DXF, DWG** = vektorové formáty souborů
- **ISO** = jednotka citlivosti
- **PDF** = přenosný formát dokument
- **RAM** = je paměť s přímým přístupem nebo paměť s libovolným výběrem
- **PC** = (personal computer) je osobní počítač

1. ÚVOD

Dokumentace historických staveb a architektonicky zajímavých objektů je důležitá z mnoha hledisek, např. při rekonstrukci, zjištění deformací či posunů apod. Z mého pohledu je však nejdůležitější zaznamenat stav památek a významných objektů pro další generace. Žijeme v době, kdy se na historii a její výdobytky (stavby) zapomíná. Velké množství historických památek je v katastrofálním stavu, a není zřejmé, jak dlouho mohou historické objekty tento stav vydržet.

Žijeme v době kdy výpočetní technika, počítačový software a digitální přístroje jdou velmi rychle kupředu. Kvalita a přesnost moderních technologií a rychlost, jakou získávají informace a jakým způsobem je dále zpracovávají, nebyla před pár lety myslitelná.

Tyto přístroje splňují značné nároky, které jsou na ně kladeny. Mezi již zmíněnou rychlost a přesnost techniky, můžeme zařadit také její nízkonákladovost. Po zhotovení přesného 3D modelu, si lze vytvořit ucelenou představu o objektu. 3D model je možné dále vizualizovat nebo převést do hmatatelné podoby pomocí 3D tiskáren, jež jsou v současnosti využitelné pro celou řadu oborů.

Rovněž využití prostorových modelů je široké. Prostorové modely se využívají např. ve stavebnictví (dokumentační účely, podklady pro rekonstrukci) či památkářství (dokumentaci objektů). Modely jsou také využitelné pro urbanisty při sestavování 3D modelů měst. Prostorové modely našly využití i v jiných odvětvích, např. v kriminalistice, lékařství, strojírenství, v oblasti GIS apod.

2. CÍL A ROZSAH MĚŘENÍ

Cílem diplomové práce je vytvoření 3D vizualizace historického objektu v Moravskoslezském kraji a dokumentace okolního území. Předmětem je Památník II. světové války v Hrabyni.

Tento památník jsem si zvolil k vizualizaci z důvodu jeho atraktivnosti po tvarové a rozměrové stránce.

Předmětem zkoumání není pouze samostatný památník, ale také jeho přidružené části, ke kterým řadíme symbolický hřbitov, správní budovu, vojenskou techniku, lipovou alej či rozsáhlou nástupní plochou před památníkem.

Z důvodu značně velkého rozsahu jsem se rozhodl využít kombinaci průsekové fotogrammetrie s podrobným geodetickým měřením, abych zachytil celkový charakter oblasti.

Rozsah měření lze rozdělit na dvě části.

První část se věnuje geodetickému zaměření památníku a jeho okolí. Z takto naměřených dat byla vyhotovena účelová mapa, která neslouží jen jako podklad pro fotogrammetrické měření, ale slouží také k zachycení rozmanitostí, členitosti terénu a dalších objektů. Obsahem účelové mapy je polohové a výškové zaměření objektu památníku, vegetace, chodníků, cest popř. inženýrských sítí. Slezské zemské muzeum v Opavě požádalo, aby bylo do obsahu měření přidáno měření stromů na jejich pozemku. Mezi zaznamenané údaje měly patřit šířka kmene, šířka koruny, popř. výška stromu. Po vzájemné domluvě jsme se rozhodli změřit jen určitý vzorek stromů a ostatní rozměry stromů spíše odhadovat. Účelová mapa je tvořena v geodetickém softwaru KOKES.

Druhá část se zabývá nasnímáním památníku se znalostí průsekové fotogrammetrie digitální zrcadlovkou Canon EOS 7D.

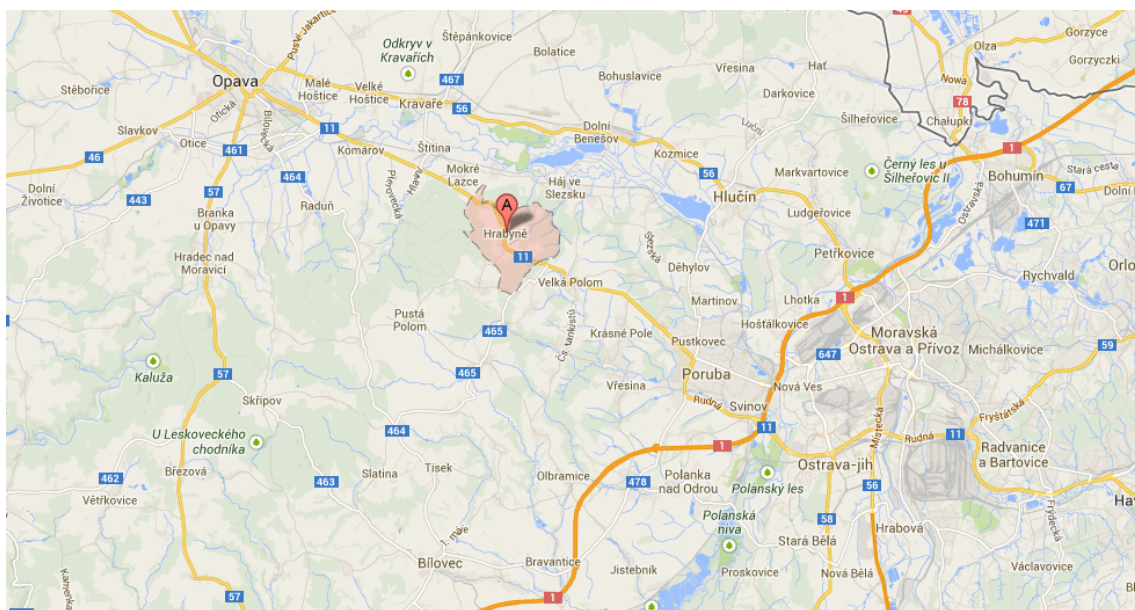
Při správném nasnímání objektu, přesném zaměření geodetickými metodami a vyhodnocení naměřených dat, získáme velice přesné informace o poloze prvků na objektu, jejich rozměrech a tvarech. Tyto informace – data můžeme dále využít při modelování různých situací, při rekonstrukci památníku, modernizaci, analýzách posunů, zastínění vegetací apod.

3. CHARAKTERISTIKA LOKALITY A ZAMĚŘOVANÉHO OBJEKTU

3.1. OBEC HRABYNĚ

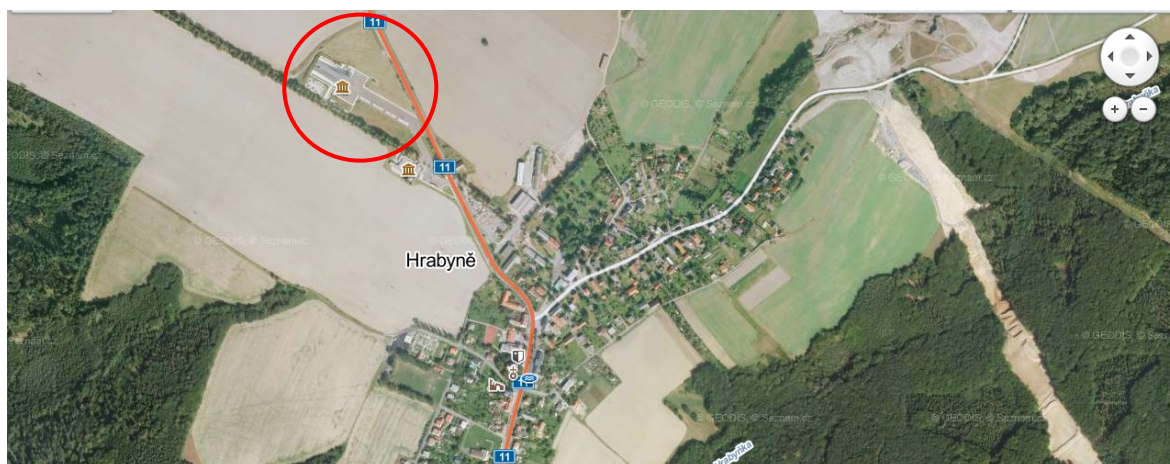
Hrabyně je obec ležící v okrese Opava. Má 1209 obyvatel a katastrální území obce má rozlohu cca 1000 ha. Ve vzdálenosti 8 km severně leží město Kravaře, 13 km západně statutární město Opava a 18 km východně krajské město Ostrava. První zmínka o obci Hrabyně se datuje od roku 1377, kdy bylo nutné zapsat rozdělení knížectví Opavského do listin. Není však možné vyloučit existenci obce dříve.

Nejvíce však Hrabyni ovlivnila druhá světová válka, při osvobozovacích bojích v dubnu 1945 byla téměř zcela zničena. Hrabynský zámek vyhořel a osmdesát procent domů v obci bylo vypáleno a pobořeno. Boje v tzv. ostravské operaci byly největší vojenskou operací na území českého státu a vyžádaly si životy 20 000 vojáků Rudé armády. V samotné obci padlo 285 vojáků Rudé armády. [1]



Obr. č. 1: Lokalita obce Hrabyně [2]

3.2. AREÁL HRABYŇSKÉHO PAMÁTNÍKU II. SVĚTOVÉ VÁLKY



Obr. č. 2: Areál památníku [3]

Tento areál leží v těsné blízkosti hlavní silnice do Ostravy. Hlavní dominantou tohoto areálu je monumentální památník, který má připomínat hrdinství bojovníků Ostravsko-opavská operace a zabitých obyvatel Moravy a Slezska.

Položení základního kamene se 29. dubna 1970 zúčastnil prezident ČSR Ludvík Svoboda a velitel 4. ukrajinské fronty, maršál A. I. Jeremenko. Výstavba začala až šest let po položení základního kamene a otevřen byl roku 1980, tehdy s názvem Památník Ostravské operace. Rozhodnutím vlády je od roku 2000 ústředním památníkem II. světové války v České republice. V dnešní době je památník a jeho okolí zcela zrekonstruováno. [4]



Obr. č. 3: Památník 2. světové války v Hrabyni [5]

Památník měl sloužit, jako místo piety, nikoliv jako muzejní objekt. Areál spravuje Slezské zemské muzeum v Opavě, které pořádá širokou škálu expozic, přednášek a akcí, věnované událostem II. světové války. Je zde instalována stálá expozice bojové techniky. Součástí areálu je symbolický hřbitov padlých vojáků a civilistů.

- **Doba zmaru a naděje:** Jedná se o výstavu, která má přiblížit dnešní generaci, jakým způsobem II. světová válka ovlivňovala obyčejné lidi různých profesí.
- **Města v troskách:** Tato výstava má připomenout nálety amerických bombardérů v oblasti Ostravy, jejíž hlavním cílem bylo seřazovací nádraží v Ostravě -Vítkovcích, kde byla soustředěna německá vojenská technika.
- **Oběti a vrazi:** Expozice pojednávající o koncentračním táboře Mauthausen, životě v něm a otrockou prací v blízkém kamenolomu.



Obr. č. 4: Interiér expozice [5]

4. POUŽITÉ PŘÍSTROJE

4.1. TOTÁLNÍ STANICE TOPCON GPT 7001

Je profesionální bezhranolová totální stanice s pulzním dálkoměrem a operačním systémem Windows CE. Má oboustranný dotykový barevný displej, kterým lze ovládat všechny funkce přístroje. Přístroj používá duální laserový optický systém jak pro měření bezhranolové, tak pro hranolové měření. To pomáhá stabilizovat paprsek, zpřesňovat jej i za zhoršených atmosférických podmínek se zachováním vysoké přesnosti výsledků. Technické parametry totální stanice Topcon GPT 7001 (Obr. č. 9).

	GPT-7001	GPT-7002	GPT-7003	GPT-7005
Dalekohled				
Délka	150 mm			
Průměr objektivu	45 mm (dálkoměrná jednotka 50 mm)			
Zvětšení	30x			
Obraz	Vzpřímený			
Zorné pole	1° 30'			
Rozlišovací schopnost	2,8''			
Minimální délka zaostření	1,3 m			
Délkové měření				
Rozsah v bezhranolovém módu	1,5 až 250 m (Při příznivých světelných podmínkách na povrch Kodak White)			
Přesnost měření	± 5mm			
Rozsah v hranolovém módu*	3000 m (1 hranol)			
Přesnost měření	do 25 m: ± 3mm+2ppm nad 25 m: ± 2mm+2ppm			
Doba měření	Přesný mód	1mm: asi 1,2 sekundy (počáteční měření 3 sekundy)** 0,2mm: asi 3 sekundy (počáteční měření 4 sekundy)		
	Hrubý mód Tracking	1mm asi 0,5 sekundy (poč. měření 2,5 sekundy) 10mm asi 0,3 sekundy (poč. měření 2,5 sekundy)		
Úhlové měření				
Metoda	Absolutní čtení			
Syst. detekce	Horizontální	2 strany		
	Vertikální	2 strany		
Minimální čtení	0,5"/1" (0,1mgon/ 0,5mgon)	1"/5" (0,2mgon/1mgon)		
Přesnost (podle DIN 18723)	1"(0,3mgon)	2"(0,6mgon)	3"(1,0mgon)	5"(1,5mgon)
Průměr kruhu	71mm			
Displej				
Typ	barevný grafický 3,5 palce LCD TFT 320 × 240 (QVGA) bodů funkce dotykového panelu			
	oboustranný			jednostranný
Počítačová jednotka				
Operační systém	Windows CE.NET			
RAM	64 MB (SDRAM)			
ROM	2 MB (FlashROM) + 64 MB SD karta			
Komunikační rozhraní				
Comm Port	RS-232C sériový port			
USB Port	USB (typ mini B)			
CF Slot (Typ II)	Datová karta / Bluetooth karta			
Senzor náklonu				
Typ	Dvouosý kompenzátor			
Ostatní				
Rozměry	343 × 245 × 219 mm		343 × 245 × 199 mm	
Hmotnost přístroje s baterií	6,5 kg			
Hmotnost transp. pouzdra	4,7 kg			
Výška přístroje	182 mm			
Vytyčovací světla	Ve standardní výbavě přístroje			
Olovnice	optická centrace (volitelně laserová olovnice)			
Odolnost	IP54			
Provozní doba	5 hodin (délkové a úhlové měření) 10 hodin (pouze úhlové měření)			
Laserový pointer	Ve standardní výbavě přístroje			
Vestavěný aplik. program	TopSURV			



Obr. č. 5: Technické parametry přístroje TOPCON GPT 7001 [6]

4.2. CANON EOS 7D

K snímkování testovacího pole a zájmového objektu byla využita profesionální digitální zrcadlovka Canon EOS 7D. Byla navržena pro použití v nejnáročnějších situacích. Tělo ze slitiny hořčíku je chráněno proti prachu a vlhkosti. Integrovaný čistící systém EOS zajišťuje, že snímač fotoaparátu zůstane nezaprášeny, čímž zajistí optimální kvalitu obrazu. [7] Parametry a specifikace snímače a objektivu jsou uvedeny v Tab. č. 1 a Tab. č. 2.



Obr. č. 6: Canon EOS 7D [7]

Tab. č. 1: Parametry a specifikace snímače

Velikost snímače [mm]	22,3 x 14,9
Rozlišení snímače	18 Mpix
Velikost uhlopříčky snímače [mm]	26,82
Poměr stran	3:02
CROP faktor	1,6
Rychlost uzávěrky	30-1/8000 s
hmotnost [g]	820
Rozměry [mm]	148,2 x 110,7 x 73,5

Tab. č. 2: Parametry a specifikace objektivu

Obejktiv	EF-S 15-85 IS
Ohnisková vzdálenost [mm]	15 - 85
Světelnost	3,5 - 5,6
Maximální clona	22 - 36
Minimální zaostřovací vzdálenost [cm]	35
Poměr zobrazení	1:4,76
Průměr závitu filtru [mm]	72
AF	ano
hmotnost [g]	579

5. PRŮSEKOVÁ FOTOGRAMMETRIE

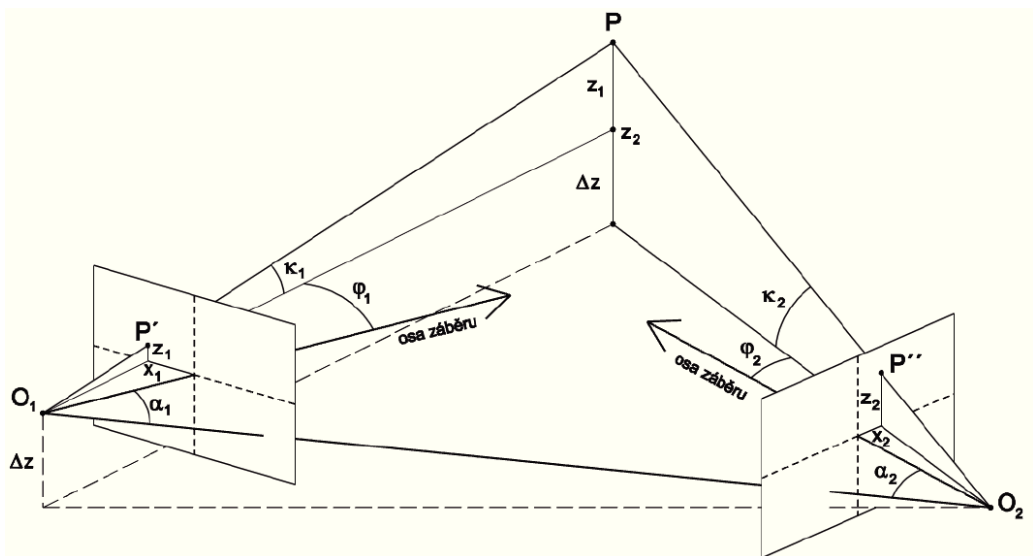
„Fotogrammetrie je věda, způsob a technologie, která se zabývá získáváním dále využitelných měření, map, digitálního modelu terénu a dalších produktů, které lze získat z obrazového, nejčastěji fotografického záznamu.“ [8]

V dnešní době digitálních fotokomor není důležité znát souřadnice stanovišek, ze kterých byly snímky pořízeny.

Výhody fotogrammetrie:

- Celková úspora času
- Úspora nákladů
- Dokumentační hodnota snímků (časová řada)
- Vyšší vypovídací schopnost snímků ve srovnání s mapou
- Snadnější určení drobných detail fasád
- Omezení venkovních prací na minimum

Princip průsekové fotogrammetrie je založen na metodě prostorového protínání vpřed, kdy se úloha řeší prostřednictvím měřických snímků, které jsou nasnímané z různých stanovišek. Výhodou průsekové fotogrammetrie je široká použitelnost. Přesnost se zvyšuje se vzrůstajícím množstvím snímků, avšak narůstají nároky na počítačový hardware. K vyhodnocení projektu je nutné mít minimálně tři snímky. Tyto snímky se musí dostatečně překrývat a osy záběru snímků se musí protínat. Jsou tedy konvergentní.

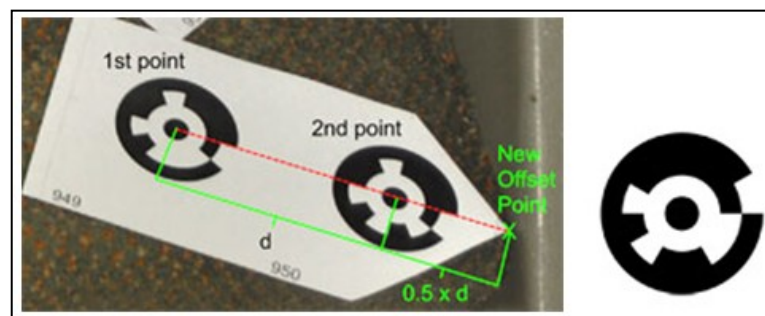


Obr. č. 7: Princip průsekové fotogrammetrie [9]

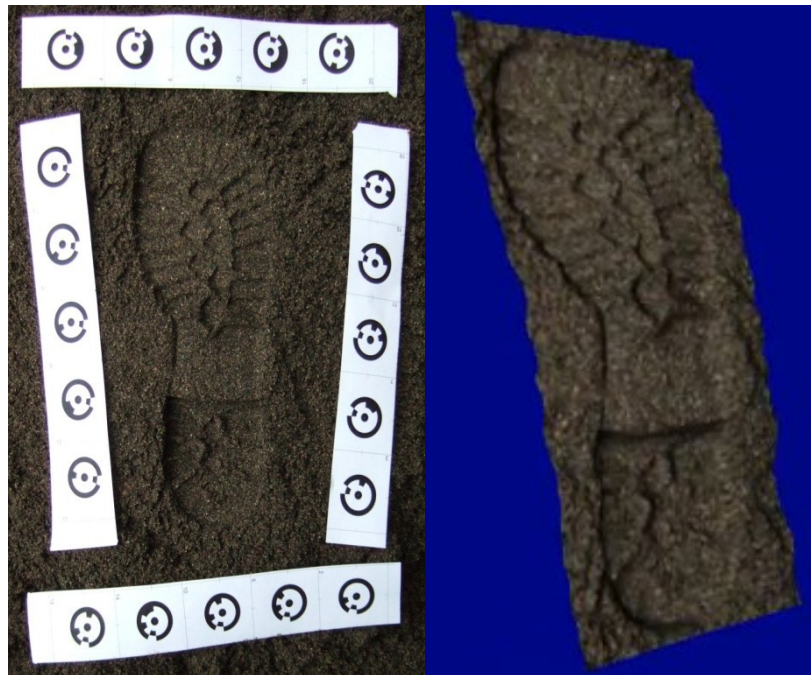
Počet snímků volíme s ohledem na komplikovanost objektu, jeho velikost a s ohledem na požadovanou přesnost vyhodnocení. Vyšší počet snímků zpřesňuje polohu vyhodnoceného bodu. Poloha stanovisek fotokomory se vypočítá z určených bodů. Tato metoda se považuje za jednoduchou, rychlou a dostatečně přesnou. Přesnost se především odvíjí od počtu a konfigurace měřických snímků a počtu a rozložení vlicovacích bodů. Nevýhoda této metody spočívá v tom, že u složitějších objektů narůstá počet měřických snímků a u některých objektů je problémová identifikace vlicovacích bodů. Metoda tvoří základ pro práci v programu PhotoModeler, pro tvorbu 3D modelu objektů a jejich vizualizaci.

Náplní geodetické práce při fotogrammetrickém měření je z vhodně zvolených stanovisek změřit vlicovací body, které jsou vhodně rozmístněné na objektu. Mohou být signalizovány na objektu přirozeně, nebo uměle. Změny orientačních prvků způsobují deformace modelů, a tím se porušuje projektivní závislost mezi skutečným tvarem objektu a jeho geometrickým modelem. Korekci geometrického modelu a tím i jeho tvarové přiblížení ke skutečnému tvaru vyhodnocovaného objektu děláme pomocí vlicovacích bodů. [10]

Souřadnice vlicovacích bodů jsou určeny vhodnou metodou měření. Pod přirozenou signalizací si představujeme body, které se dostatečně jemně a kontrastně zobrazí na měřických snímcích jako např. rohy budov, různé výstupky, body které jsou na objektu jednoznačně identifikovatelné. Umělou signalizaci nám zabezpečují vhodně rozmístněné kontrastní terčíky, které ovšem snižují hospodárnost měřických prací v terénu. Tyto kontrastní terčíky mohou mít různé tvary, velikosti apod. Na *Obr. č. 8* a *Obr. č. 9* je ukázka umělé signalizace vlicovacích bodů, které můžeme použít v programu PhotoModeler Scanner, poskytuje automatizovaný způsob získání polohy bodu.



Obr. č. 8: Umělá signalizace vlicovacích bodů pro automatickou identifikaci [11]



Obr. č. 9: Využití umělých vlicovacích bodů při vytvoření 3d modelu stopy boty [11]

6. KALIBRACE FOTOAPARÁTU

Kalibrace fotoaparátu slouží k zjištění prvků vnitřní orientace – neboli parametry, popisující průchod paprsků komorou, což znamená:

- Konstanta fotoaparátu
- Distorze = zkreslení objektivu
- Poloha hlavního snímkového bodu
- Rozměr čipu
- Rozlišení snímku a další parametry

6.1. ZÁSADY PŘI SPRÁVNÉ KALIBRACI

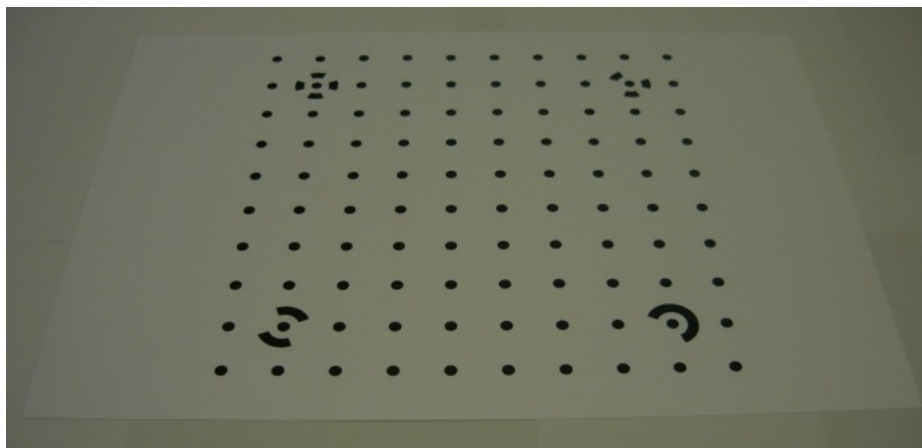
Při kalibraci snímkuje se tzv. testovací pole z několika stanovisek s doporučenou konfigurací snímku. Kalibrační pole může být rovinné či prostorové, pevné či přenosné. Při kalibraci jsem využil testovací pole rovinné a přenosné formátu A1,A2. Kalibrační pole je uloženo v instalačním adresáři programu Photomodeler, skládá se ze 100 bodů na bílém podkladu z toho čtyř kontrolních. Během snímkování všech snímků testovacího pole musejí být vhodné a totožné světelné podmínky.

Nesmí se v průběhu snímkování měnit nastavení fotoaparátu a měly by být vypnuty všechny úpravy obrazu ve fotoaparátu či zaostřování.

Při fotografování jednotlivých snímků není nutné, aby na každém snímku byly obsaženy všechny body pole, ale musí být splněna podmínka, kdy na každém snímku jsou všechny čtyři kontrolní body. Je však nezbytné, aby snímky pokrývaly celé zorné pole objektivu a aby se překrývaly.

Při snímkování musíme splnit níže uvedené podmínky [12]:

- Testovací pole musí být zcela čisté a bez stínů.
- Testovací pole musí být připevněno na rovném podkladě.
- Fotoaparát musí být nastaven na maximální rozlišení.
- Všechny body musí být v jedné rovině.
- Během snímkování se nesmí vypínat fotoaparát.
- Nastavená ohnisková vzdálenosti musí být totožná při snímkování testovacího pole a při snímkování objektu.
- Osy snímků by měly být pod úhlem 45° od horizontální roviny.
- Na každém stanovisku nasnímáme dva snímky, první v normální poloze a druhý otočený o 90° .
- Snímky jsou foceny ze čtyř stanovisek.
- Snímky musí být kontrastní (kontrast bílé a černé).
- Je vhodné obložit testovací pole bílým papírem tak, aby na snímku bylo pouze testovací pole.
- Je důležité mít vypnutou funkci AF



Obr. č. 10: Nasnímané testovací pole

6.2. SNÍMKOVÁNÍ TESTOVACÍHO POLE

Dne 31. 10. 2013 – 3. 11. 2013 proběhlo snímkování testovacího pole formátu A2,A1. Testovací pole bylo připevněno na rovnou desku a obloženo bílým papírem, tak aby nebyly odměřovány body mimo toto testovacího pole.

Fotoaparát Canon EOS 7D, byl nastaven na tyto pevné hodnoty: ISO 100, maximální rozlišení 18 Mpix (5184x3456), nastavení ostření na manuální, ohnisko objektivu nastaveno na 18mm.

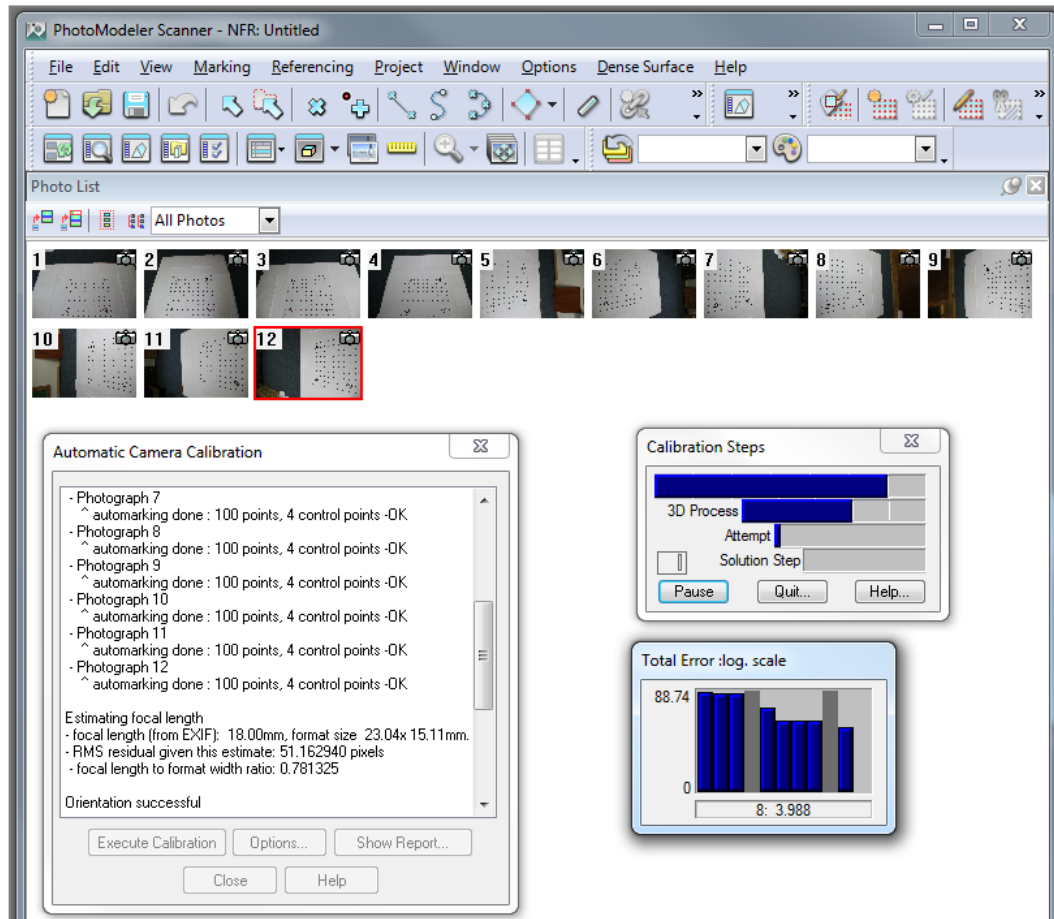
Toto nastavení by mělo být totožné i při snímkování vyhodnocovacího objektu, ale z důvodu velkých rozdílů vzdáleností mezi stanoviskem / testovacím polem – vyhodnocovacím objektem, nebylo možné nastavit zaostřovací vzdálenost na nekonečno. V případě, že byla zaostřovací vzdálenost nastavena na nekonečno, došlo při kalibraci v softwaru Photomodeler Scanner k chybě. Z tohoto důvodu při snímkování testovacího pole byla nastavena zaostřovací vzdálenost, tak aby testovací pole bylo co nejvíce ostré.

Snímkování kalibračního pole bylo provedeno minimálně desetkrát, a to z důvodu dodržení hodnoty Total Error pod hodnotou jedna. Díky výskytu chromatické aberace u fotoaparátu Canon EOS D7 nebylo, možné hodnotu splnit. Při kalibraci jednotlivých sad snímků kalibračního pole bylo zjištěno, že při zvyšujícím se pokrytí objektivu, se zvyšuje bezrozměrná chyba „ Total Error “ a hodnota RMS. Hodnota RMS je směrodatná odchylka v odečtení souřadnic středu bodu kalibračního pole, která se udává v pixelech.

Snížením pokrytí snímků by pravděpodobně klesaly chyby kalibrace, protože největší vady objektivu jsou právě na jeho okrajích. To by však mělo negativní vliv při zpracování modelu, kdy by nebylo možné využít značnou plochu fotografií objektu. Před samotným vyhodnocením snímků v programu bylo nutno založit nový projekt. Zvolen byl Camera Calibration project. Následně jsme vybrali snímky pro zpracování a spustili automatickou kalibraci. Výsledkem kalibrace je kalibrační protokol, který obsahuje nejen prvky vnitřní orientace snímku, ale také výpočet kvality kalibrace.

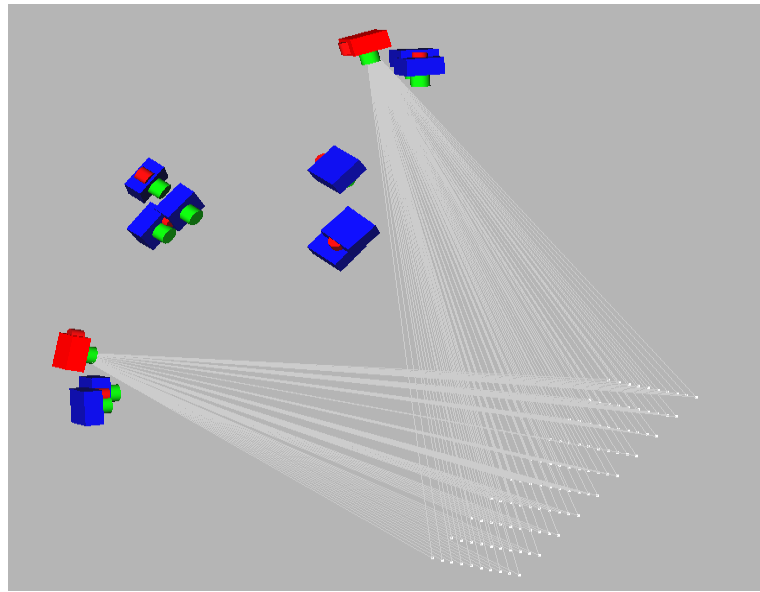
Při snímkování kalibračního pole jsem jej připevnil na velkou dřevěnou desku a okolí obložil bílým papírem. Celé testovací pole bylo nasvíceno halogenovým reflektorem. Fotoaparát se posléze připevnil na stativ a nasnímalo se testovací pole podle těchto zásad: ze 4 stanovisek bylo nasnímáno 12 snímků, na každém stanovisku 3 snímky (první v

normální poloze, druhý otočený o 90° a třetí otočený pod úhlem 270°), osy snímků by měly být pod úhlem 45° od horizontální roviny.



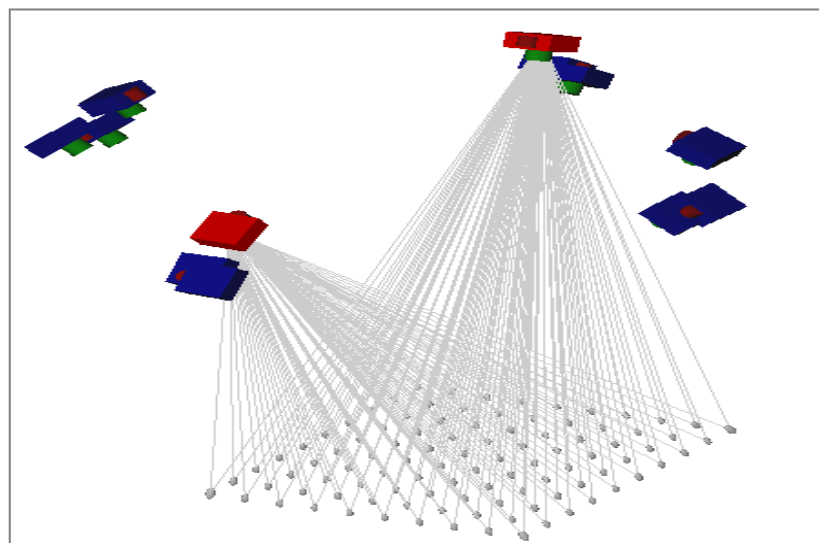
Obr. č. 11: Kalibrace

Kvalitu kalibrace charakterizuje: celkové zkreslení objektivu (Overall Residual RMS), maximální zkreslení objektivu (Maximum Residual), pokrytí snímků (PhotoCoverage), celková chyba (Total Error). Na výše zobrazeném Obr. č. 11 probíhá kalibrace fotoaparátu Canon EOS 7D. Snímky, které mají v pravém horním rohu znak fotoaparátu, jsou použity pro kalibraci. V levé tabulce probíhá výpočet vnitřních prvků orientace, výpočet hodnoty Total Error a počet zreferencovaných bodů na každém snímku. V záložce „Execute Calibration“ získáme veškeré informace o kalibraci fotoaparátu (celkové zkreslení objektivu, pokrytí snímku, celková chyba Total Error atd.). Výsledky kalibrace fotoaparátu Canon EOS 7D a snímky testovacího pole jsou uvedeny v příloze č. 1a (DVD).



Obr. č. 12: Pozice kamer při snímkování kalibračního pole

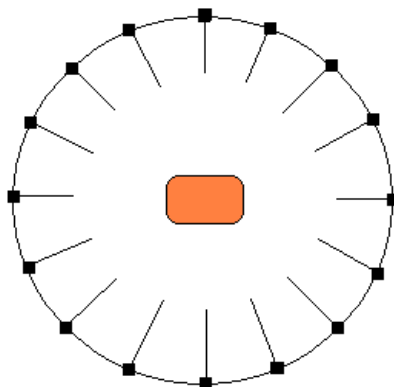
Po výpočtu kalibrace si můžeme otevřít 3D vyhodnocené testovací pole pomocí funkce “*Open 3D View*“, kde lze zapínat jednotlivé pozice kamer a upravovat zobrazení bodů, linií a popř. upravovat rozlišení. Na Obr. č. 12 jsou zobrazeny pozice kamer, body kalibračního pole a paprsky ze dvou protějších stanovisek kamer. Také je možné v 3D View zapnout funkci “*Confidence region*“, pomocí níž se nám zobrazí elipsy chyb jednotlivých bodů testovacího pole Obr. č. 13. Tím můžeme kontrolovat směry chyb jednotlivých bodů kalibračního pole.



Obr. č. 13: 3D zobrazení kalibračního pole A1 se zapnutým zobrazením elipsy chyb

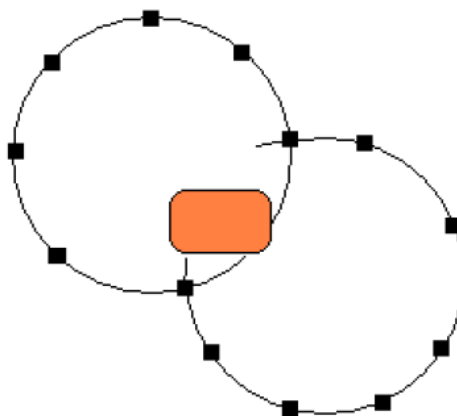
6.3. SNÍMKOVÁNÍ ZÁJMOVÉHO OBJEKTU

Je vhodné snímkovat minimálně dvě série snímků. Jedna z nich nasnímaná v režimu AF a druhá v režimu MF. Osy záběru by měly svírat přibližně pravý úhel. Většinou to však podmínky nedovolují. Snímkovaný objekt by měl vyplňovat co největší plochu snímku. Je vhodné nasnímat více snímků a při kancelářské práci vybrat ty nejkvalitnější. Pro snímkování zájmového objektu jsem využil tzv. metodu kruhu *Obr. č. 14*.



Obr. č. 14: Schéma měření metodou kruhu [13]

Je také možné použít tzv. metodu více kruhů *Obr. č. 15*, což je metoda vhodná pro podlouhlé stavby. Tato metoda by se hodila také pro snímkování památníku, ale z důvodu velkého množství vojenské techniky a vegetace by nepřinesla žádné citelné urychlení práce na projektu.



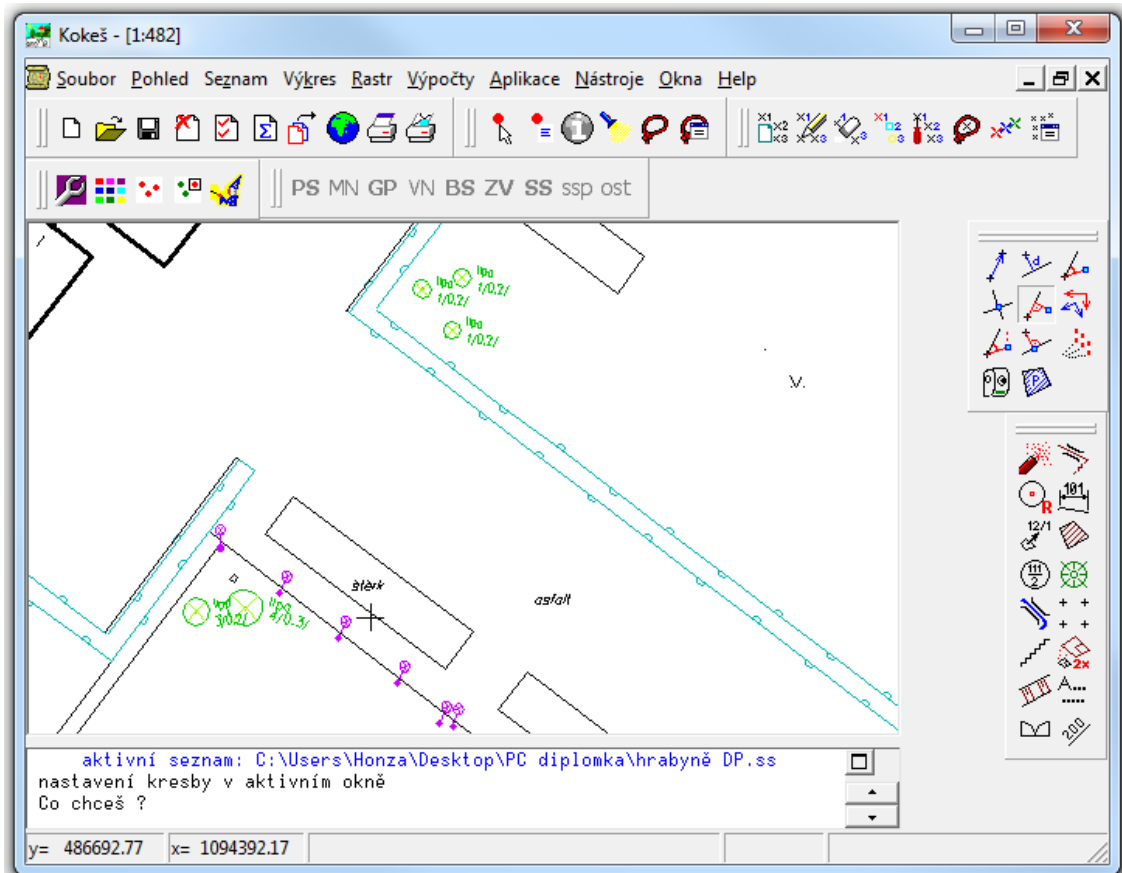
Obr. č. 15: Schéma měření metodou více kruhů [13]

7. POUŽITÝ SOFTWARE

7.1. KOKEŠ

Systém KOKEŠ v sobě zahrnuje výkonný editor rozsáhlých geografických dat uložených souborově ve výkresech a nejrůznějších rastrových podkladech a geodetických údajů o bodech uložených v seznamech souřadnic. Dále obsahuje moduly pro zpracování měření z terénu, geodetické a konstrukční výpočty, nástroje na kontroly a topologické úpravy dat a další. Je vhodným nástrojem pro všechny běžné geodetické práce a pro tvorbu a údržbu mapových děl. Pro některé speciální úlohy jsou určeny jeho další nadstavby.

Systém KOKEŠ je vybaven vlastním programovacím jazykem, což umožňuje doplnění jeho široké nabídky funkcí podle vlastních potřeb. Všechny operace a výpočty jsou protokolovány a odpovídají požadavkům katastrálních úřadů. V programu Kokeš byla vyhotovena účelová mapa *Obr. č. 16*, která je obsažena v příloze č. 2.



Obr. č. 16: Prostředí programu KOKEŠ

7.2. GROMA

GROMA je geodetický software pracující v prostředí MS Windows. Tento program je určen pro celkové zpracování geodetických dat, od surových údajů přenesených z totální stanice či digitálních nivelačních přístrojů, až po zpracování seznamů souřadnic a seznamů měření. Umí zpracovat všechny základní geodetické úlohy a je doplněn jednoduchou kresbou.

Při práci v programu Groma můžeme mít zapnuto několik seznamů souřadnic či seznamů měření. Seznamy měření můžeme importovat ve formátu všech běžných záznamníků (Sokkia, Trimble, Leica apod.). Program Groma umožňuje měnit velké množství parametrů (jednotky, korekce, typy záznamníků, počty desetinných míst, souřadnicový systém, formát souřadnic atd.).

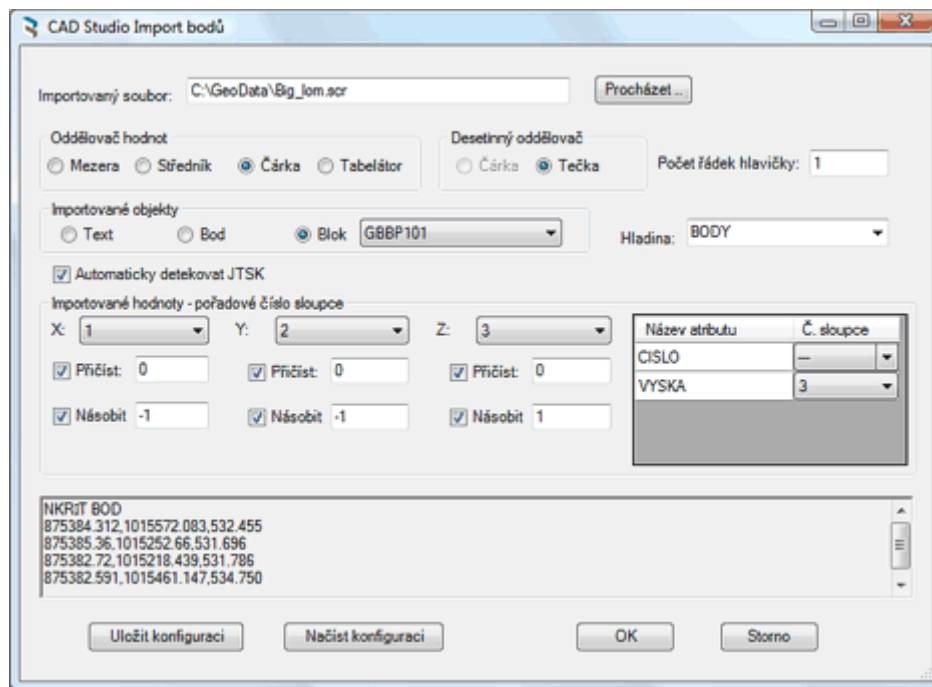
Program GROMA umožňuje pomocí dávky vypočítat celý seznam naměřených hodnot. Při výpočtu dávkou je nutné zadat vstupní a výstupní soubor a program vypočte souřadnice všech zaměřených bodů. V programu GROMA jsem vypočetl souřadnice přechodného stanoviska a souřadnice podrobných bodů. [14]

7.3. AUTOCAD

AutoCAD je určený pro vytváření technických výkresů a koncepčních 3D modelů všech profesí. AutoCAD je využíván ve stavebnictví, architektuře, strojírenství, elektrotechnice, geodézii a v dalších oborech. Formát výkresů AutoCAD *.dwg je standardem pro předávání technických výkresů a umožňuje tak bezproblémovou komunikaci mezi jednotlivými profesemi. Naprostá většina současných CAD aplikací nabízí možnost exportu a importu výkresů z AutoCADu. [15]

Pro import podrobných bodů z *.txt byla využita nástavba Import bodů. Import bodů je univerzální konverzní aplikace firmy CAD Studio určená pro zpracování souřadnicových dat z textových souborů v nejrůznějších formátech. Aplikace načítá bodová data a ze souřadnic XYZ vytváří body, texty nebo bloky s atributy.

Import lze využít pro mapové a projekční aplikace v programech založených na AutoCADu (DWG) - tedy zejména AutoCAD, AutoCAD Map, AutoCAD Architecture, Civil. Během importu lze provádět základní transformační operace *Obr. č. 17*, např. zpracování souřadnic S-JTSK, posun X-Y, zrcadlení kvadrantů, atd. [16]



Obr. č. 17: Prostředí CAD Studio Import bodů [16]

7.4. PHOTOMODELER

PhotoModeler 6 je softwarové prostředí pro tvorbu 3D modelů z 2D fotografií, které pořídíme z vlastního fotoaparátu. Program našel široké uplatnění v průmyslovém odvětví, architektuře, u vědeckých a inženýrských aplikací a taky u dopravní policie, nebo ve filmovém průmyslu. Novinkou je poslední verze Scanner, která navíc umožňuje automatické vyhodnocení 3D modelu. Výsledkem je husté mračno bodů, které reálně charakterizuje jakýkoliv tvar. Data mohou pocházet jak z digitálních fotoaparátů, či za pomoci scanneru převedených analogových fotografií.

Pro zpracování hrabyňského památníku byla využita verze PhotoModeler Scanner 6.

7.5. GOOGLE SKETCHUP

Google SketchUp je program na 3D modelování a tvorbu vizualizací. Tento program není vytvořen stejně jako jiné CAD systémy. Jeho odlišnost je ve způsobu vytváření, modifikaci a prohlížení 3D objektu. Dá se říci, že SketchUp je program na 3D skicování. Jeho využitelný v mnoha oborech, např. v architektuře, fotogrammetrii, DMT, výrobě nábytku, urbanismu, zahradní architektuře a dalších.

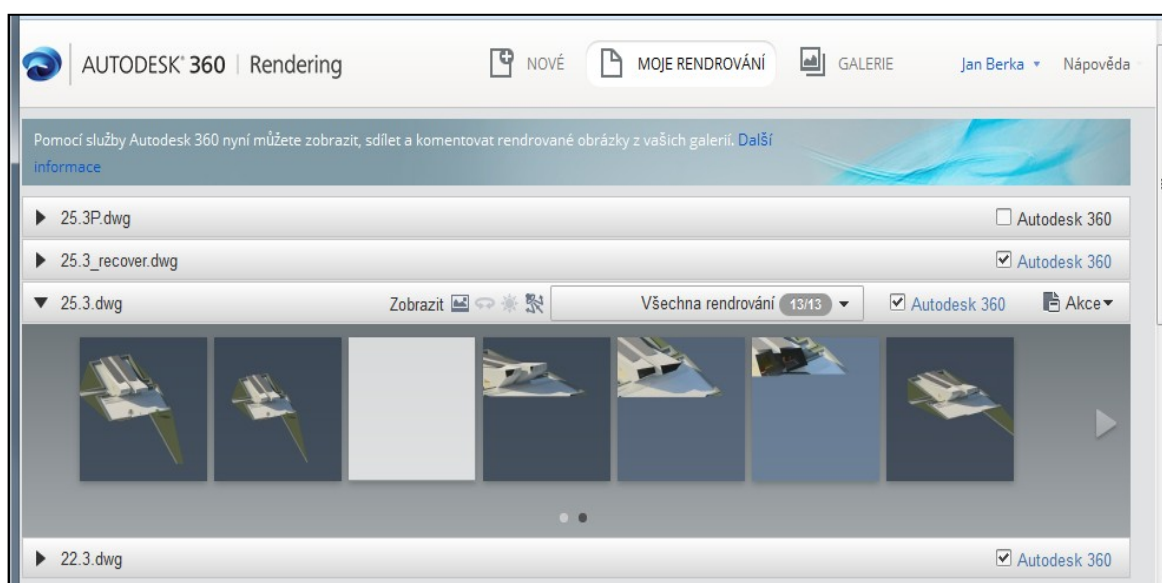
Google SketchUp je volně přístupný a zcela zdarma. Je zde možný export animací do formátu *.avi a *.mov. Program výborně spolupracuje s CAD a vizualizačními systémy. Google SketchUp využívá pro vizualizaci zobrazovací styly. Pomocí stylů můžeme zobrazit drátové modely, modely s připojenou texturou a různé kombinace nastavení. Tento způsob ale neodpovídá reálné situaci. Prostřednictvím online knihovny objektů můžeme vkládat do svého již vytvořeného projektu už dané prvky, jakými jsou lavičky, lampy, stromy, postavy, dopravní prostředky a další. Velice užitečná jsou výuková videa, která nás navedou od seznámení s prostředím programu po vytváření a vizualizaci daného objektu.



Obr. č. 18: Ukázka vizualizace v programu SketchUp od Ing. Aloise Rodiga [17]

7.6. AUTODESK® 360

Autodesk® 360 je online služba založená na web technologii. Umožňuje bezpečný dálkový přístup k úložnému prostoru a ke cloud službám, které nám pomohou zlepšit způsob, kterým navrhujeme, zobrazujeme a simulujeme. Cloud rendering šetří čas i výpočetní čas PC. Není nutno pořizovat výkonný hardware pro občasné renderování. Pomocí této služby využíváme výpočetní výkon cloudu za krátký časový úsek. S bezplatným účtem získáme 5 GB úložného prostoru.



Obr. č. 19: Prostředí služby Autodesk®360

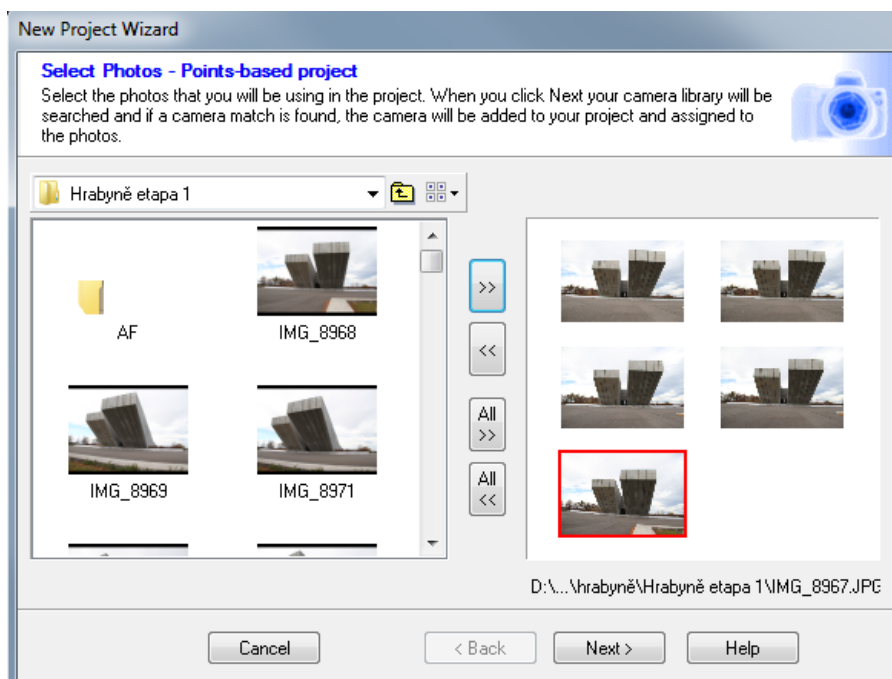
8. TVORBA 3D MODELU V PROGRAMU PHOTOMODELER SCANNER

Tvorba modelu sestávala z nesledujících kroků:

- Vytvoření nového projektu
- Načtení snímků a definování kamery
- Idealizace načtených snímků
- Identifikace identických bodů na sousedních snímcích
- Vzájemné zorientování snímků, resp. určení prvků vnější orientace
- Vytvoření linií
- Vytvoření ploch objektu – přiřazení textur

8.1. VYTVOŘENÍ PROJEKTU

Při vytváření projektu je nutné založit nový projekt Points-based project. Naimportujeme všechny snímky, které chceme použít. Program si vyžádá kalibrační soubor s příponou *.cam. V našem případě se jedná o výsledek kalibrace testovacího pole A1, který musí být vytvořen totožným fotoaparátem se shodným nastavením fotoaparátu. Při správném postupu se nám naimportují veškeré snímky do projektu.



Obr. č. 20: Načtení snímku do programu PhotoModeler Scanner 6

8.2. IDEALIZACE SNÍMKU

Tento proces musí být proveden se všemi snímky, které jsme importovali. Je to opravení zkreslení objektivu. Snímek se posune tak, aby hlavní bod snímku odpovídal jeho středu. Celý tento proces se děje na základě kalibračního souboru, který jsme vytvořili při kalibraci. Snímky, na kterých jsme provedli idealizaci, nemají žádné zkreslení objektivu. Tyto snímky mají příponu `_ideal`.



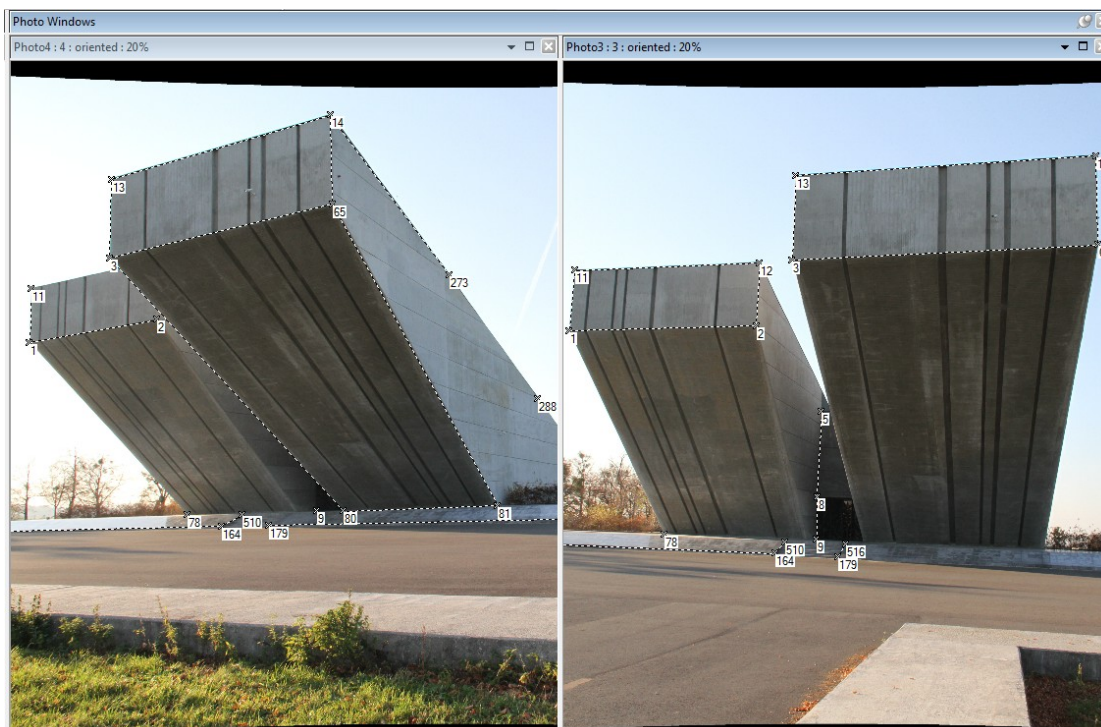
Obr. č. 21: Idealizovaný snímek

8.3. REFERENCOVÁNÍ

Je to proces, při kterém jsou označeny totožné body na více snímcích. Referencování provádíme k zorientování snímků v prostoru. Je nutné na dvou snímcích zreferencovat minimálně šest bodů, které jsou totožné. Pro vyšší přesnost modelu je výhodnější referencování z více snímků. Zvýšení přesnosti určení bodů závisí na počtu použitých snímků při referencování. Není vhodné referencovat všechny body na snímcích, a to z důvodu špatné identifikace způsobené např. větší vzdáleností, špatnou viditelností.

Při referencování jsem postupoval od hrubé stavby k detailům kvůli eliminaci hrubých chyb. Totožný bod zreferencovaný na různých snímcích má shodné číslo bodu. Po zreferencování několika bodů jsem vždy provedl výpočet modelu a zkontroloval hodnotu

Total Error. Před referencováním je vhodné si zapnout ikonu „*Visibility of Photo*“, kde nastavíme číslování zreferencovaných bodů. Proces referencování v programu PhotoModeler Scanner probíhá označením hlavního snímku (označen modrým obrysem). Spustíme funkci „*Reference Mode*“, označíme bod, který chceme referencovat na prvním snímku a označíme jej i na sousedních snímcích.

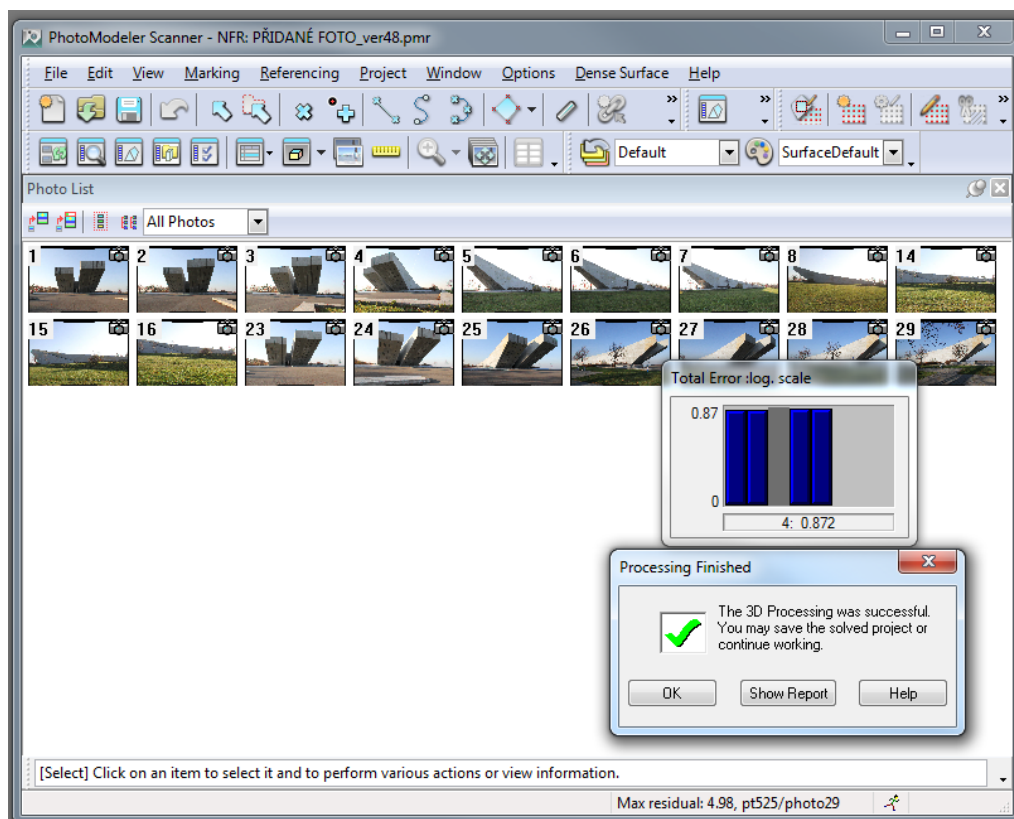


Obr. č. 22: Referencování

Při postupném označování identických bodů nabízí program pomocné čáry k určení polohy bodu na dalších snímcích. Pokud získáme dostatečný počet identifikovaných bodů, PhotoModeler oznámí možnost zorientování snímků. V případě, že máme zapnut automatický výpočet projektu, program snímky zorientuje automaticky. Avšak v případě většího počtu snímků se spíše doporučuje vypnutí této funkce. U obsáhlých projektů je vhodné mít co nejvíce výkonný počítač, protože výpočet projektu je velice náročný.

Po zreferencování několika identických bodů je vhodné provést výpočet modelu a zkontrolovat hodnotu „*TotalError*“. Pokud je hodnota vysoká, je vysoká pravděpodobnost, že vznikla hrubá chyba při referenci identických bodů. Jak už bylo zmíněno v *Kap. 6.2*, kvalita výpočtu projektu charakterizuje: celkové zkreslení objektivu (Overall Residual RMS), maximální (Maximum Residual RMS) a minimální zkreslení objektivu (Minimum Residual RMS), celková chyba (Total Error).

Bc. Jan Berka: 3D vizualizace Památníku II. světové války v Hrabyni na základě geodetického a fotogrammetrického měření



Obr. č. 23: Total Error

Hodnota Total Error by měl být < 1 . Tohoto cíle bylo dosaženo. Dále je kvalita určena směrodatnou odchylkou (Overall RMS), která je udávaná v pixelech. Její hodnota by měla být < 1 pixel. Této hodnoty bylo také dosaženo. Veškeré informace o přesnosti jsou obsaženy v Tab. č. 3.

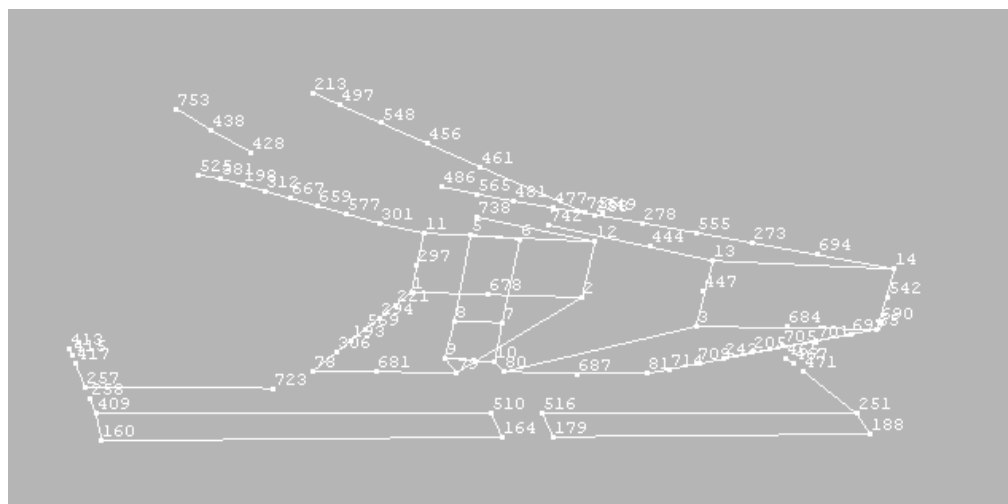
Tab. č. 3: Zhodnocení přesnosti modelu v PhotoModeler Scanner

ZHODNOCENÍ PŘESNOSTI MODELU V PHOTODELER SCANNER		
CHYBA		HODNOTA CHYBY
Total Error	FIRST	0,865
	LAST	0,872
RMS	OVERALL	0,971 pixels
	MAX	1,862 pixels
	MIN	0,362 pixels

Po úspěšném vyřešení orientace fotografie je vhodné její orientaci zafixovat, což provedeme nastavením "Use but no adjustment". Takto zabráníme případnému znehodnocení orientace během zpracování modelu po přidání nekvalitních bodů. Při problémových bodech, které však jsou potřebné pro zpracování vizualizace, je vhodné vypnout jejich použití při výpočtech orientace snímku. V programu PhotoModeler to umožňuje přepínač "Use in processing". Tímto způsobem program sice vypočítá jejich polohu v 3D, ale nepoužívá je pro orientaci snímku. Report výpočtu prostorového projektu a snímky, ze kterých byl vytvořen 3D model, jsou obsaženy v příloze č. 1b (DVD).

8.4. TVORBA DRÁTOVÉHO MODELU

Při vytváření drátového modelu tvoříme vektorovou kresbu, při které se spojují body různými geometrickými útvary, jako je linie, křivka apod. Drátové modely se sestávají pouze z bodů, úseček a křivek, které popisují hrany objektu. Tento typ modelování může být často časově nejnáročnější, protože každý objekt, z něhož se drátový model skládá, musí být nezávisle nakreslen a umístěn. V programu PhotoModeler jsem využil funkci „Mark Lines Mode“, kdy spojujeme jednotlivé body linií. V mém případě je drátový model v programu PhotoModeler Scanner vytvořen jen částečně. Větší část drátového modelu byla vytvářena v programu AutoCad.



Obr. č. 24: Drátový model v PhotoModeler Scanner 6

Tab. č. 4: Statistika prvků vytvořených v programu PhotoModeler Scanner

STATISTIKA PRVKŮ VYTVOŘENÝCH V PHOTOMODELER SCANNER	
TYP PRVKU	POČET PRVKŮ
BOD	92
LINIE	69
3D PLOCHA	30

8.5. PŘIPOJENÍ MĚŘÍTKA

Vytvořený 3D model je v obecné poloze. Abychom mohli proměřovat skutečné rozměry prvků objektu, je nutné model připojit do měřítka. To se provádí v záložce „3D Scale and Rotation“ – „Units and Scale“, kde můžeme nastavovat jednotky a rozměr, pomocí kterého model do měřítka připojíme. Je důležité připojit model pomocí nejdelších délek. Já jsem si zvolil délku mezi body 65 – 81, která činí 25,316 m. Je také možné model připojit do souřadnicového systému. Tento proces jsem provedl v programu AutoCad, na tři identické body, bližší informace k tomuto procesu je v Kap. 9. V Tab. č. 3 jsou uvedené veškeré prvky vytvořené v programu PhotoModeler Scanner.

8.6. DEFINOVÁNÍ TEXTUR

Po připojení do měřítka jsem přistoupil k definování jednotlivých ploch objektu. Pokud máme vytvořený např. obvod stěny, můžeme vytvořit plochu pomocí funkce "Path mode", kdy označíme jednotlivé linie, popř. body obvodu a kdy se nám tato plocha uzavře. Program automaticky přiřadí dané ploše reálnou texturu ze snímků, kde je obvodová stěna viditelná. V případě překrytí textury překážkou, např. stromu, stožáru apod., lze vybrat snímky, ze kterých program použije texturu, a tím eliminujeme překážku.

Model s texturou byl exportován pomocí funkce "Export 3D Viewer Animation" do video formátu *.avi, který je přílohou č. 1c. Pohledy vyhodnoceného 3D modelu v programu PhotoModeler Scanner jsou obsaženy v příloze č. 3.

V mém případě je drátový model v programu PhotoModeler Scanner vytvořen jen částečně. Větší část drátového modelu byla vytvářena v programu AutoCad.



Obr. č. 25: 3D model památníku v PhotoModeler Scanner

8.7. EXPORT DO PROGRAMU AUTOCAD

Velká část bodů, které jsou nutné pro vizualizaci celého objektu, nebylo možné určit fotogrammetricky v programu PhotoModeler Scanner. Tyto body buď nejsou viditelné na dvou a více snímcích, nebo jsou pod úrovní terénu. Jedná se hlavně o spodní část památníku a zadní část, kterou nebylo možno zreferencovat z důvodů velkého množství keřů. Referencování boční strany památníku bylo rovněž obtížné a prakticky neproveditelné z důvodu velkého množství vojenské techniky, která zakrývala výhled na památník. Proto bylo přistoupeno k exportu fotogrammetricky vyhotovené části památníku do programu AutoCad.

9. DOPRACOVÁNÍ 3D MODELU V PROGRAMU AUTOCAD

Tato kapitola se zabývá dopracováním 3D modelu, který byl vytvořen fotogrammetricky. Fotogrammetrický model, který je připojen pouze do měřítka, byl exportován do prostředí programu AutoCad. K němu byly připojeny podrobné body měřené geodeticky. Podrobné body jsem importoval pomocí programu “*Import bodu*“ viz. Kapitola 7.3. Po importu všech podrobných bodů bylo nutné oddělit body památníku, které jsou nutné pro vytvoření 3D modelu a jeho okolí.

Připojení modelu z PhotoModeler Scanner do souřadnicového systému v AutoCadu jsem provedl pomocí funkce “3D Srovnej“, použil jsem 3 identické body. Tímto způsobem se model správně připojil do souřadnicového systému.

Pomocí funkce “Linie“ jsem dokončil drátový 3D model. Navazující část tvoří vytváření ploch a přidání textur, které by věrohodně doplňovaly vyhodnocenou fotogrammetrickou část 3D modelu. Celková náročnost práce v programu AutoCad je zřejmá z Tab. č. 3, kde jsou uvedeny veškeré prvky, pomocí nichž byl vypracován 3D model.

Tab. č. 5: Celková náročnost prací v programu AutoCad

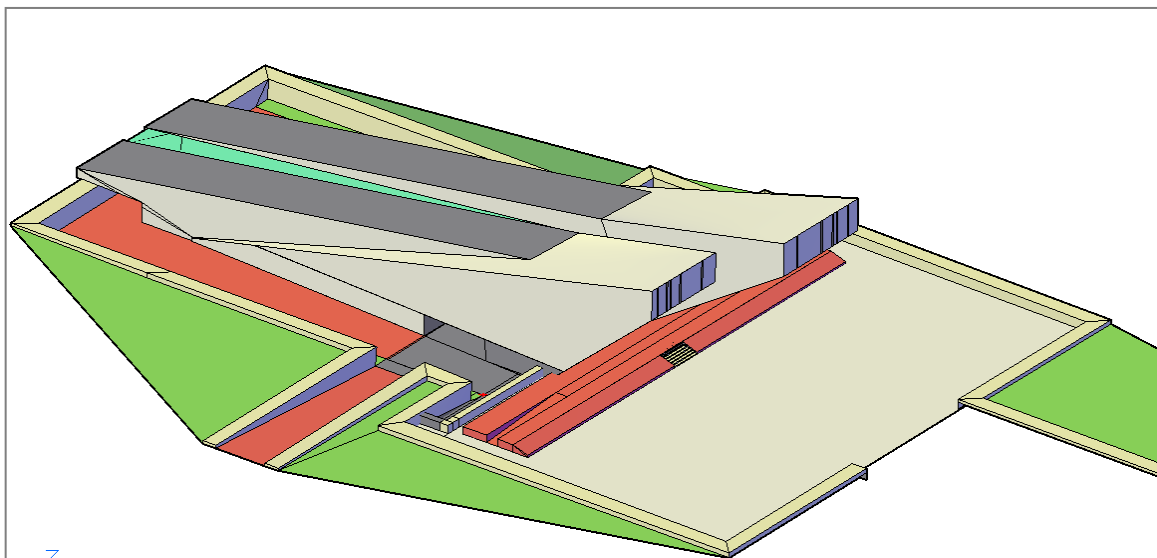
CELKOVÁ NÁROČNOST PRÁCE V PROGRAMU AUTOCAD 2014	
TYP PRVKU	POČET PRVKŮ
SÍŤ	5
PRODLOUŽENÝ POVRCH	17
POVRCH NURBS	182
BOD	732
3D PLOCHA	150
3D KŘIVKA	7
USEČKA	510

Plochy v programu AutoCad můžeme realizovat několika způsoby, a to prostřednictvím povrchu či sítě. Oba způsoby můžeme realizovat funkcemi podle daného problému, např. vytvořením povrchu mezi několika průřezy, vytvořením 3D plochy, vytažením 2D či 3D křivky, vytvořením sítě podle čtyř sousedících hran apod.

V případě nevhodného překrytí více ploch lze využít další doplňkové funkce, můžeme např. oříznout, prodloužit nebo vytvarovat povrch. Pomocí funkce “Oříznout“ ořízneme část povrchu, ve kterém se tento povrch protíná s jiným povrchem.

Funkce “Vytvarování povrchu“ ořízne a sjednotí povrchy, které ohraničují oblast a vytvoří plné a uzavřené těleso.

Funkce “*Prodloužení povrchu*“ prodlouží povrch tak, aby byl ve styku s jiným objektem. Drátový model a plošný model s připojenou texturou je obsažen v příloze č. 4.



Obr. č. 26: plošný 3D model konceptní zobrazení

10. VIZUALIZACE

Vizualizací se rozumí zobrazit objekt podle skutečnosti, nebo ji k ní přiblížit. Můžeme ji rozdělit do několika bodů, jako první přiřazení textur, materiálu či bloků, jako druhá nastavení osvětlení a třetí rendrování.

Úkolem je získat obraz z 3D modelu nerozpoznatelný od reálného světa. Celý vizualizační proces je velice náročný na počítačové vybavení, a to díky zobrazení reálných stínů.

Možnost vizualizace je velice široká. V dnešní době se čím dál více objevují přístupné verze různých rendrovacích softwarů jako je Google SketchUp, AutoCad, 3Ds Max, Autodesk® 360, Kerkythea, V-ray, Artlantis, ve kterých můžeme také vytvářet dané objekty a modelovat je.

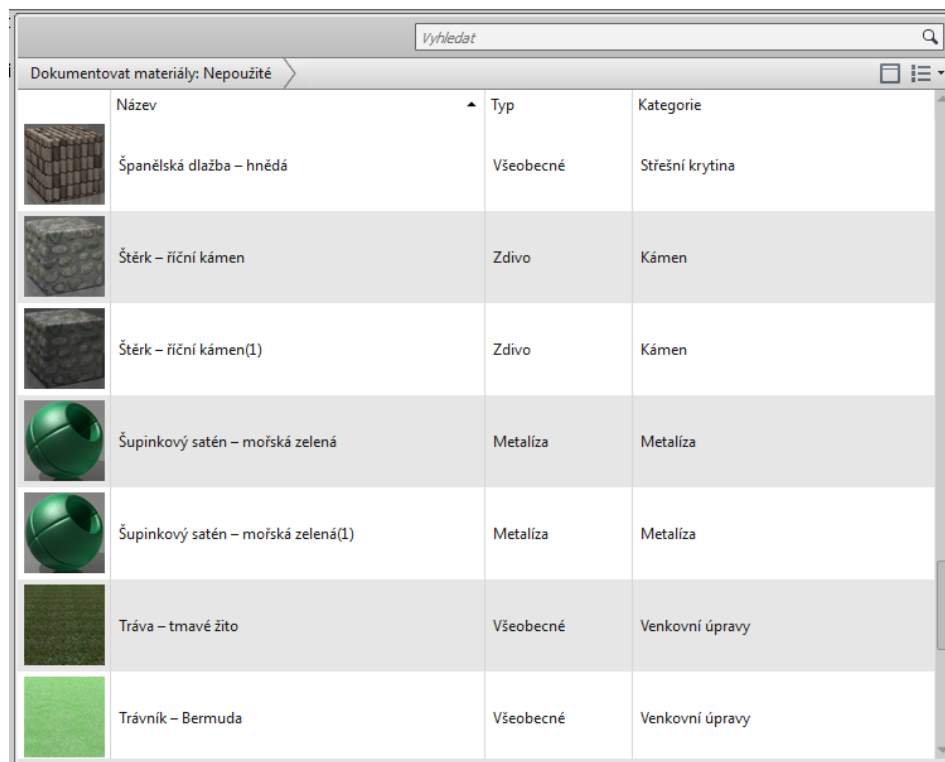
10.1. VIZUALIZACE V PROGRAMU AUTOCAD 2014

10.1.1. PŘÍŘAZOVÁNÍ TEXTUR – VKLÁDÁNÍ BLOKŮ AUTOCAD

Přiřazení textur je velice důležitá součást vizualizace, při níž můžeme využít materiály obsažené v daném softwaru, nebo použít fotografické podklady a vytvořit si z nich nový materiál podle dané fotografie.

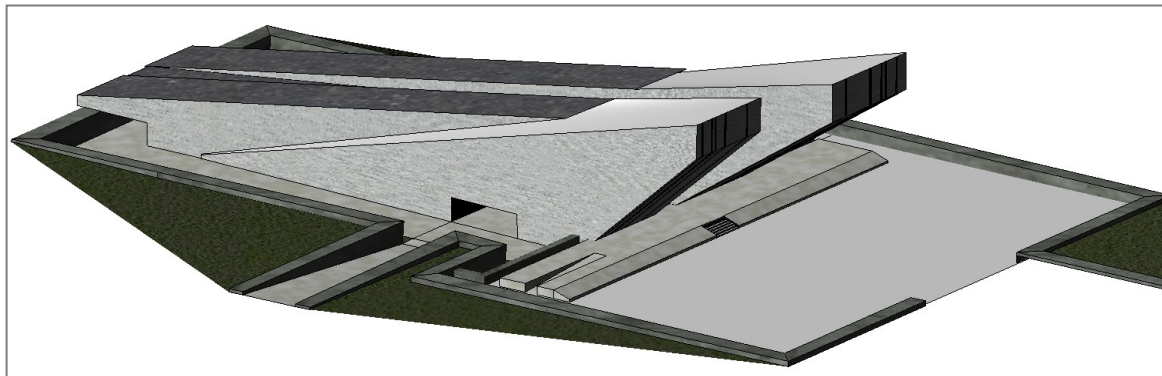
Pokud využijeme možnosti vytvořit si vlastní materiál pomocí fotografických snímků, musíme být pozorní na místa styku stejných textur, mapuje-li se vedle sebe několikrát stejná textura. Zde vzniká nesoulad, který snižuje kvalitu vizualizace. V některých případech tomu lze předejít tím, že materiál svisle a vodorovně odzrcadlíme.

Každý materiál má odlišně nastavené hodnoty odraznosti, průhlednosti, nerovnosti, barvy apod. Na *Obr. č. 23* je ukázka části knihovny materiálu v prostředí AutoCad 2014. Tato knihovna obsahuje stovky definovaných materiálů, které jsou děleny do jednotlivých kategorií, jako je střešní krytina, venkovní úpravy a další. Je zde také další možnost rozšíření této knihovny na internetových stránkách výrobce nebo na cadforu.



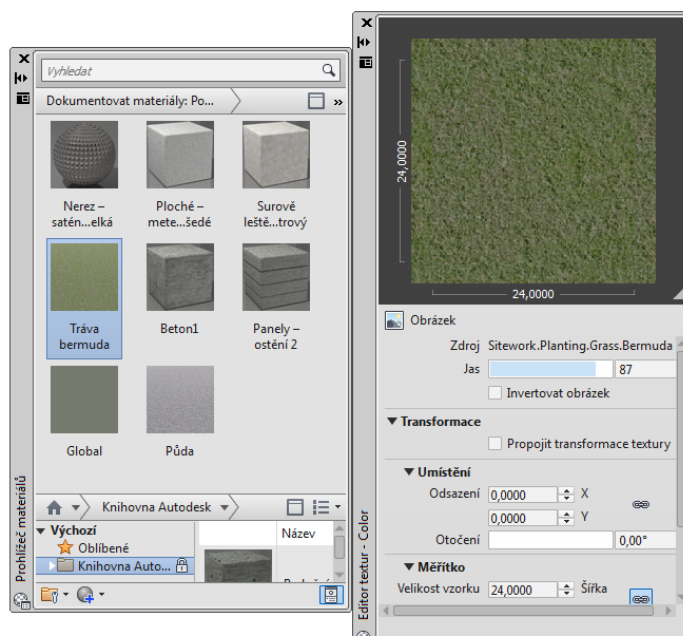
Obr. č. 27: Knihovna materiálů v programu AutoCad 2014

Při mém přiřazování materiálu jsem využil program AutoCad 2014. Použil jsem již vytvořené materiály. Snažil jsem se vždy vybírat materiál, který je co nejvíce autentický reálnému materiálu, např. beton, asfalt, žula, vegetace apod.



Obr. č. 28: 3D model s přiřazenými texturami

Na 3D model památníku bylo využito 8 předdefinovaných materiálů. Jejich miniatury jsou zobrazeny na Obr. č. 25. Při otevření některého z materiálů, můžeme měnit přednastavené hodnoty a upravit si materiál podle svých nároků. Také je možné daný materiál otevřít v editoru textur, kde můžeme měnit měřítko vzorku, jas nebo umístění.

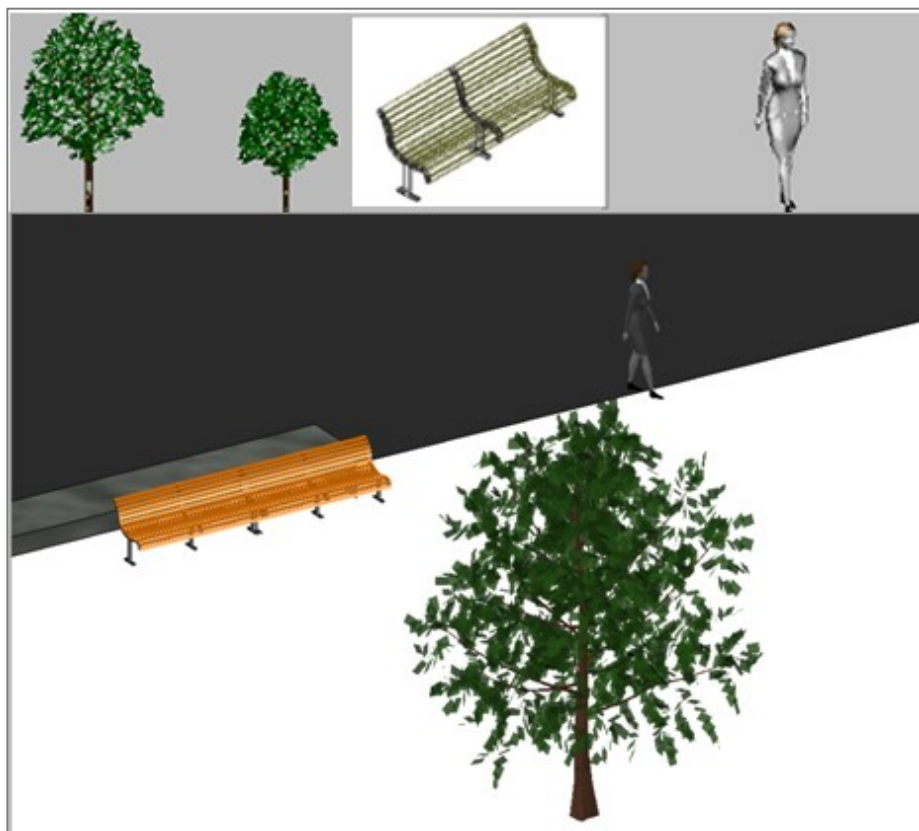


Obr. č. 29: Prohlížeč materiálů – editor textur

Dalším bodem je vkládání bloků. Blok je balíček entit, které jsou obsaženy v jediném souboru. Blok můžeme libovolně měnit, můžeme ho přejmenovat, měnit měřítko, můžeme jej rozdělit na více částí a lze jej velice snadno vložit do výkresu.

Blok může být lidská postava ve 3D, strom, lampa, dveře apod. Tyto bloky posouvají vizualizaci dále k vyšší autentičnosti.

V mém případě jsem si stáhnul z katalogu cadforum několik bloků, které jsem využil pro svůj model *Obr. č. 28*. Můžeme zde najít bloky vhodné pro kuchyně, ložnice, ploty, okna průmysl a další. Tento katalog, který obsahuje cca 10 000 bloků, je přístupný všem zaregistrovaným uživatelům. Je velice snadné tyto bloky stáhnout a nainportovat je do již vytvořeného výkresu. Bloky jsou většinou ve formátu *.dwg, nebo *.rfa. Na internetových stránkách cadforu jsou dostupné např. lidské postavy, stromy, lavičky apod. Tyto bloky je nutné ještě upravit tak, aby jejich měřítka korespondovala se skutečností.

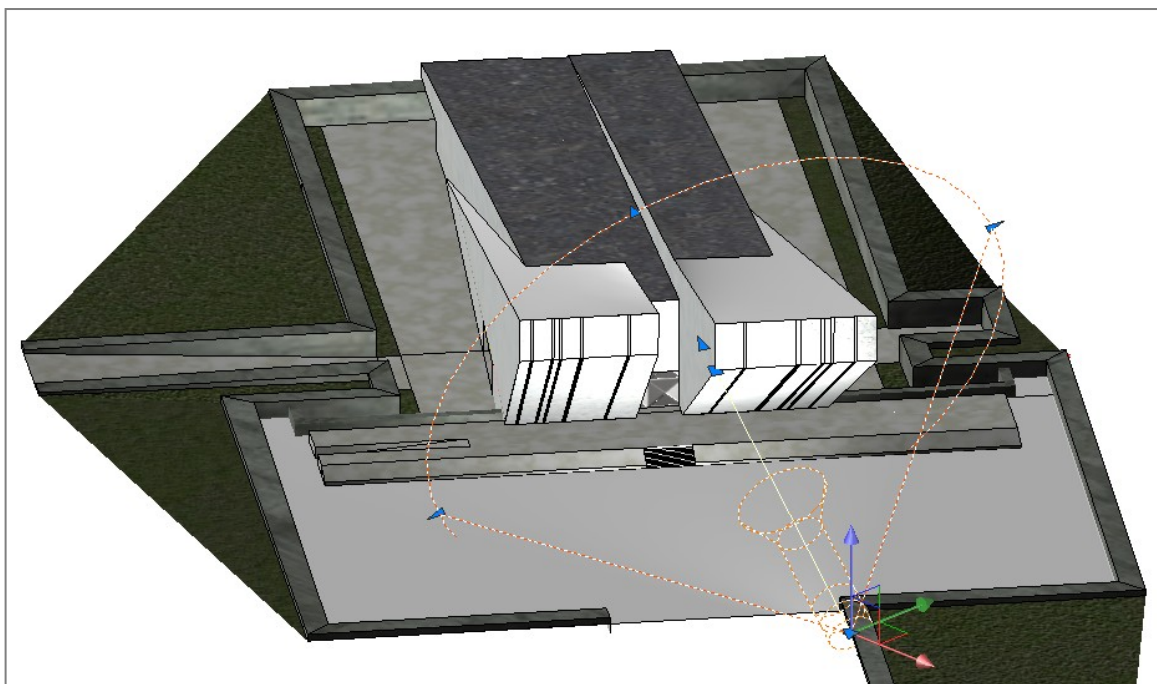


Obr. č. 30: Použité 3D bloky a jejich zobrazení v prostředí AutoCad

10.1.2. NASTAVENÍ OSVĚTLENÍ

Dalším bodem je nastavení osvětlení. V programu AutoCad 2014 máme pět možností osvětlení. Můžeme ponechat automatické osvětlení a začít rendrovat, nebo můžeme nastavit osvětlení podle svých kritérií.

Máme na výběr několik zdrojů světla. Což je: bodový zdroj světla, vzdálený zdroj světla, síťové světlo a kužel světla. Všechny tyto zdroje můžeme přesouvat a měnit jim faktor intenzity záření, barvu filtru, útlum nebo můžeme těchto zdrojů vytvořit více. Každý z těchto zdrojů má svůj symbol, jehož zobrazení a velikost můžeme měnit v základním nastavení programu. Na *Obr. č. 24* je zobrazen symbol kuželového zdroje světla. Pomocí šipek kuželu můžeme měnit rozsah, počátek a cíl světelných paprsků.



Obr. č. 31: Nastavení počátku a intenzity kuželového zdroje světla

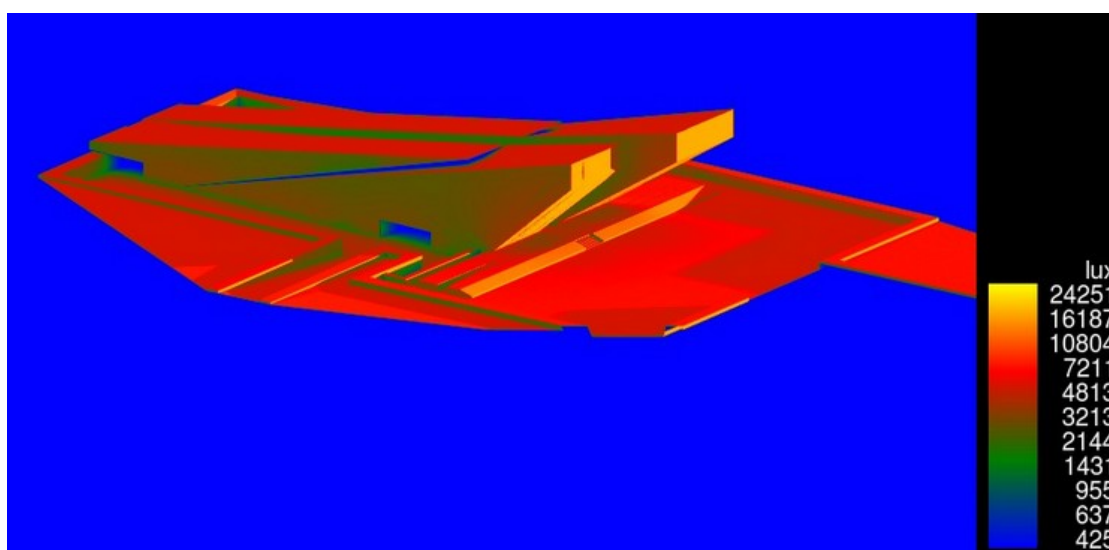
10.1.3. RENDROVÁNÍ

Rendrování je proces, při kterém se tvoří reálný obraz objektu. Při tomto procesu se vypočítávají reálné stíny a upravují se použité materiály tak, aby byly realistickými. Tento proces je náročný nejen na čas, ale také na počítačový hardware.

Díky tomuto důvodu jsem využil nový cloudový program Autodesk® 360, který rendruje objekt dálkově. Přistoupil jsem k tomuto řešení nejen z důvodu rychlejšího a kvalitnějšího rendrování, ale i z důvodu nedostatečného hardwarového vybavení PC. Tak jsem se vyvaroval špatnému rendrování z mého vlastního počítače, který při vysokém zatížení grafické karty a RAM kolaboval.

Průměrná doba rendrování jednoho pohledu 3D modelu památníku je zhruba 38 minut a zabírá cca 40 MB (podle nastavení). Po vizualizaci pohledu přijde uživateli email s informací o úspěšném dokončení. Poté je možné měnit velikost, prostředí, expozici, formát souboru či velikost obrázku. Veškeré rendrované pohledy se ukládají do galerie, kde jsou přístupné pro další úpravy. Služba Autodesk® 360 nabízí také vytvoření dvou analýz, vytvoření panoramatické fotografie a statického obrazu.

Intenzita osvětlení je analýza, která znázorňuje intenzitu denního světla na daný objekt Obr. č. 27. Při nastavení této analýzy máme mnoho možností, jak měnit kritéria a hodnoty (definování oblohy, jednotek, rozsah apod.). Veškeré výstupy z programu Autodesk® 360 jsou součástí přílohy č. 4a .

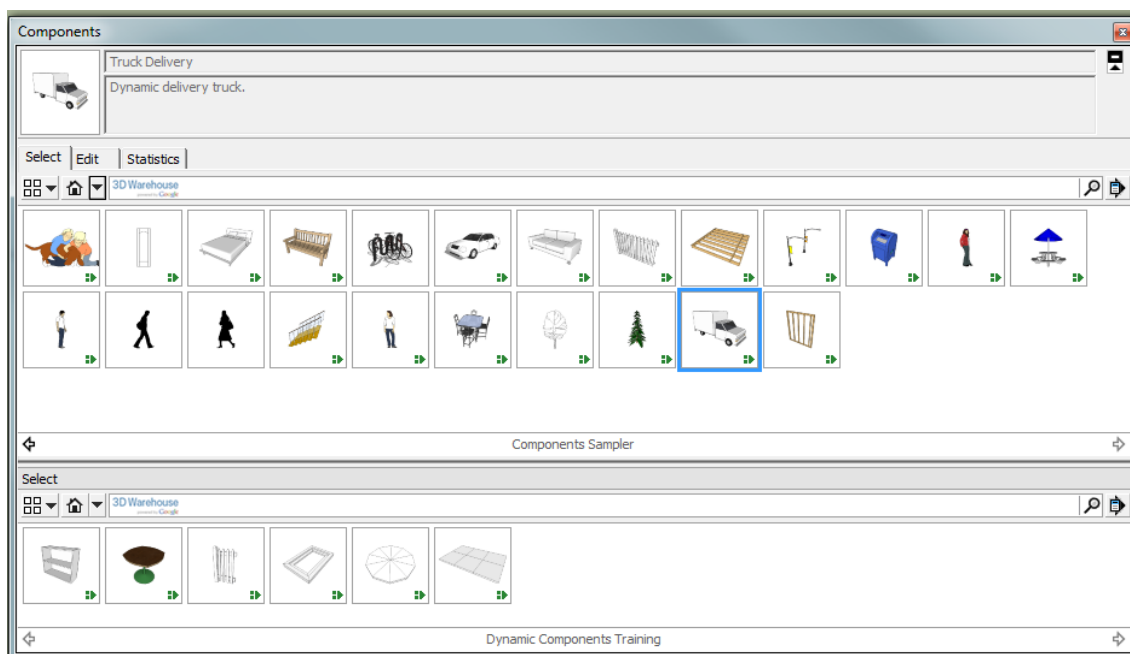


Obr. č. 32: Analýza intenzity osvětlení

10.2. VIZUALIZACE V PROGRAMU GOOGLE SKETCHUP 2013

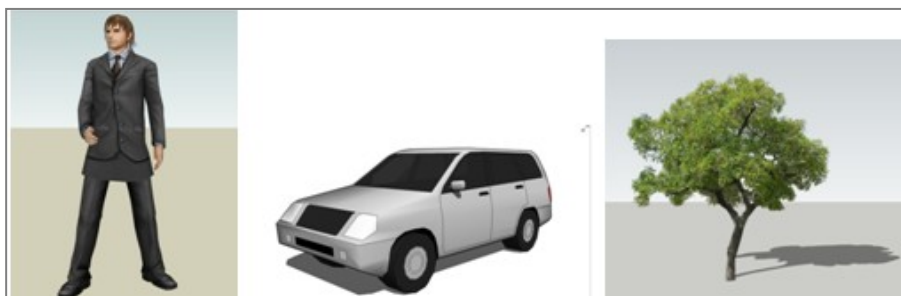
10.2.1. PŘÍŘAZOVÁNÍ TEXTUR – VKLÁDÁNÍ BLOKŮ

V programu Google SketchUp přiřazujeme textury – materiály velice podobně jak u programu AutoCad. SketchUp obsahuje také základní katalog materiálů a bloků *Obr. č. 33*, ale oproti AutoCadu je jich mnohem méně. Avšak velkou výhodou je dálkové spojení s online knihovnou 3D Warehouse přes samotný program. Daný materiál či blok se automaticky stáhne přímo do prostředí programu. Celková knihovna materiálů a bloků je obsáhlejší a z vizualizačního hlediska kvalitnější.



Obr. č. 33: Základní knihovna bloku v prostředí Google SketchUp

Do Google SketchUp můžeme vkládat velice zajímavé bloky (lidi, auta, letadla, nábytek, elektroniku a další) ve velice dobré kvalitě *Obr. č. 34*.



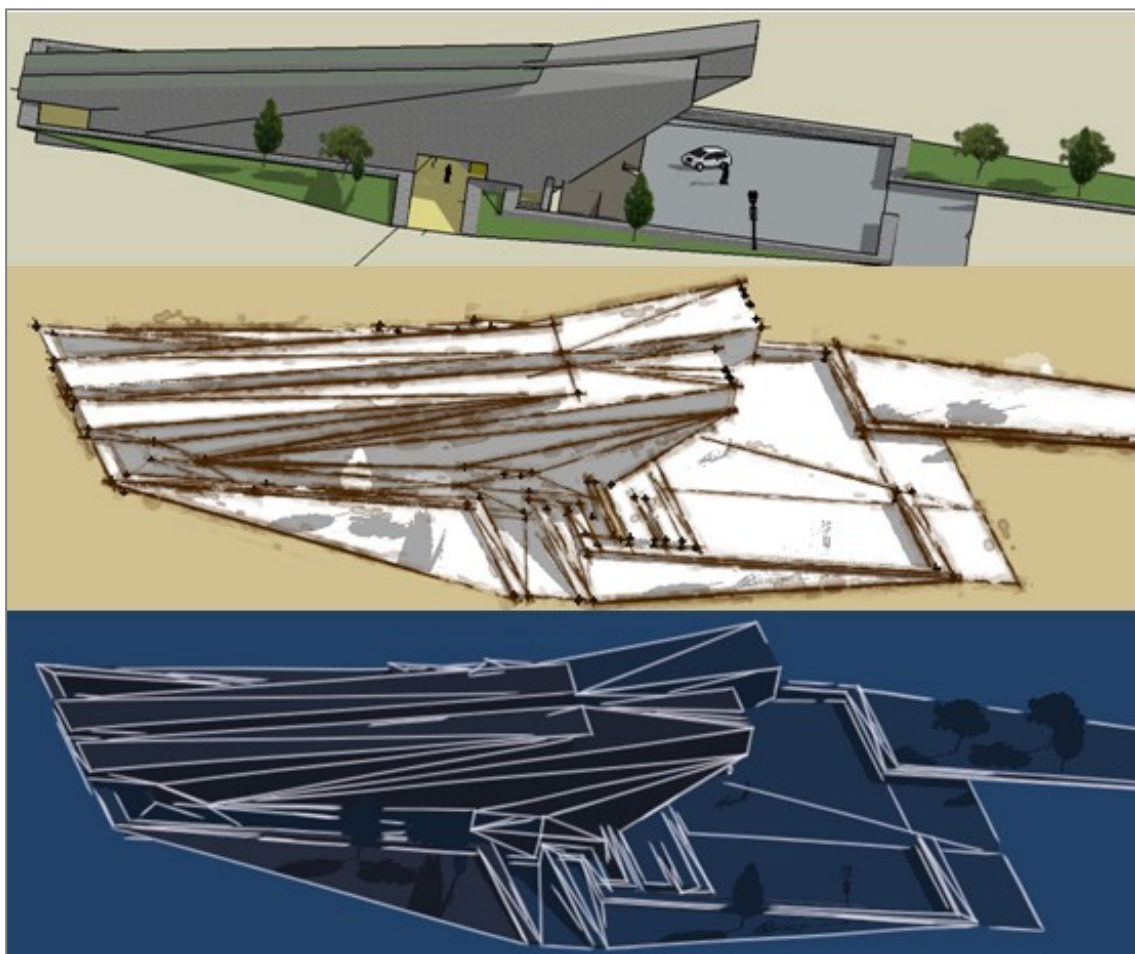
Obr. č. 34: Bloky z katalogu 3D Warehouse

10.2.2. NASTAVENÍ OSVĚTLENÍ

Ke kvalitnímu nastavení osvětlení je nutné nainstalovat plugin s názvem “*Render in*“. Samotný SketchUp má jednoduché nastavení osvětlení, kdy nastavujeme intenzitu slunečního osvětlení, podle zeměpisné polohy 3D modelu, ročního období, data apod.

10.2.3. KONEČNÁ VIZUALIZACE

Jak už bylo nastíněno v Kap. 7.5, SketchUp používá k vizualizaci (rendrování) sadu stylů, které mění zobrazení daného modelu *Obr. č. 35*. V případě, že budeme chtít mít vizualizaci více kvalitní, je nutné nainstalovat už zmíněný plugin “*Render in*“, nebo přistoupit k vizualizaci v jiném programu. Díky kvalitnímu exportu do různých formátů je velice snadné 3D objekt vizualizovat. Díky tomu, že SketchUp a Google Earth vyvíjí totožná firma, je jednoduché exportovat model do Google Earth. Vizualizované pohledy z prostředí Google SketchUp jsou obsaženy v příloze č. 4b.



Obr. č. 35: Tři různé vizualizační styly z programu SketchUp

11. GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ

11.1. ZÍSKÁNÍ GEODETICKÝCH ÚDAJŮ A REKOGNOSKACE

Etapa, která předcházela samotnému vytvoření měřické sítě, a která je jeho neoddělitelnou součástí, je získání mapových podkladů v místě měření. Tyto mapové podklady jsem získal v Geoportálu ČÚZK, což je komplexní internetové rozhraní pro přístup k prostorovým datům pořizovaným a aktualizovaným v resortu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Informace můžeme získat o základních, podrobných, zhušťovacích či přidružených bodech polohového i výškového bodového pole. Na tomto Geoprohlížeči ČÚZK jsem si našel bodové pole, které se nachází u zájmového objektu. Aby bylo možné celý model připojit do S-JTSK a Bpv., bylo nutné získat souřadnice jednotlivých bodů polohového a výškového pole. Použité mapové podklady jsou přílohou č. 1d.

Následující etapa se zabývá tzv. rekognoskací. Je to důležitá část v terénu, kdy se zjišťuje soulad mezi mapovými podklady, které jsme získali na stránkách ČÚZK a skutečností v terénu. Zjištěné informace jsou podkladem pro vytvoření vhodné měřické sítě, vybrání vhodné geodetické metody apod. Bez této etapy nelze s přesností určit, jestli mapové podklady při měření nalezneme nebo nebudou poškozeny (pro měření nevyhovující).

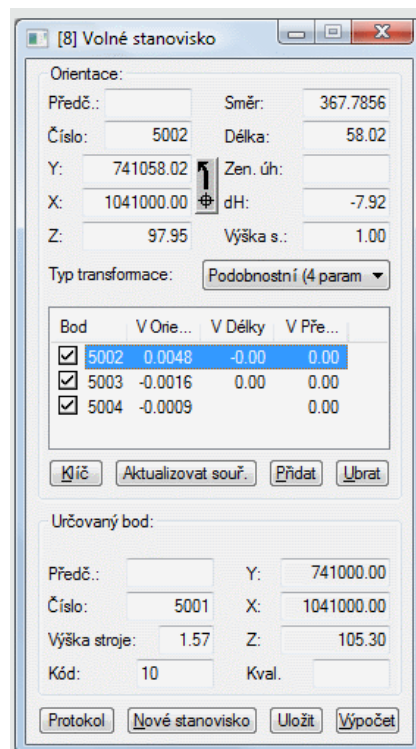
11.2. MĚŘICKÁ SÍŤ

Před zahájením vlastního měření objektu a okolí, byla vybudována měřická síť. Měřická síť byla volena s ohledem na přehlednost terénu, dobrou viditelnost na body měřické sítě, zájmový objekt a na dostupné body bodových polí, které poslouží k připojení, jak do polohového souřadnicového systému S-JTSK, tak výškového systému Bpv. Jako nejvhodnější měřickou síť jsem zvolil uzavřený polygonový pořad, který splňuje všechny podmínky pro komplexní zaměření okolí a objektu. Měřická síť je obsažena v příloze č. 1e.

11.3. PŘECHODNÉ STANOVISKO

Přechodné stanovisko je stanovisko, u kterého nejsou dosud známé souřadnice. V terénu je nutné si přístroj postavit na bod nestabilizovaný či přechodně stabilizovaný a poté změřit směry a délky na body známé [18]. Při měření z přechodného stanoviska se zorientujeme nejlépe na ten nejvzdálenější bod. Důvodem je fakt, že u takového bodu není nutná změřená vzdálenost. Přechodné stanovisko č. 4001 bylo určeno ve dvou polohách dalekohledu. Bod č. 4001 byl vypočten z orientací na TB č. 21, který se vztahuje na střed makovice kostela. Dále na TB č. 17 a na podrobný bod č. 516.

Pro výpočet přechodného stanoviska jsem využil geodetický software GROMA, pomocí níž jsme připojili bod č. 4001 do souřadnicového systému S-JTSK a výškové systému Bpv. Protokol o výpočtu přechodného stanoviska je součástí přílohy č. 1f.



Obr. č. 36: Prostředí výpočtu přechodného stanoviska v programu GROMA

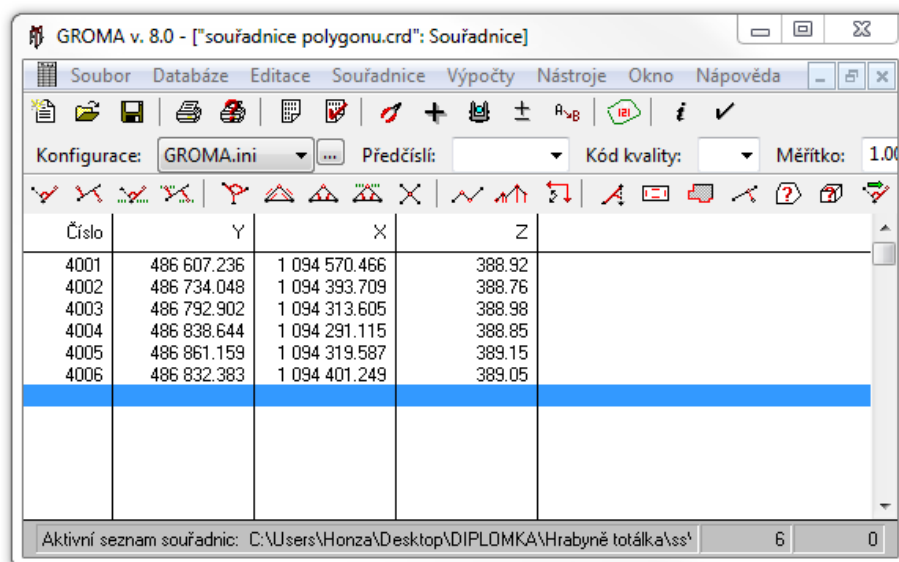
11.4. POLYGONOVÝ POŘAD

Jak už bylo výše zmíněno, tak byl zvolen uzavřený polygonový pořad s počátečním bodem č. 4001, který byl určen, jako přechodné stanoviště. Měření proběhlo 14. 11. 2013 – 18. 11. 2013 při teplotě 15 °C a polojasném počasí.

Bylo měřeno šest polygonových bodů. Stanoviště uzavřeného polygonu 4001, 4002, 4006 byla stabilizována geodetickým hřebem do zpevněných částí chodníku, stanoviště 4003-4005 kovovou trubkou do nezpevněné části terénu.

Všechny body uzavřeného polygonového pořadu byly označeny barevným sprejem, který zviditelnil polygonové body při možném doměření dalších podrobných bodů. Při každém přesunutí na další stanoviště bylo nutné natáčet odrazné hranoly, tak aby byla záměrná přímka totální stanice kolmá k odraznému hranolu. Celé měření polygonového pořadu nám ulehčilo větší počet stativů (4) a odrazných hranolů (3).

Výšky stanovišť byly měřeny trigonometricky. Body polygonového pořadu byly připojeny do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Protokol o výpočtu polygonového pořadu je součástí přílohy č. 1g.



Číslo	Y	X	Z
4001	486 607.236	1 094 570.466	388.92
4002	486 734.048	1 094 393.709	388.76
4003	486 792.902	1 094 313.605	388.98
4004	486 838.644	1 094 291.115	388.85
4005	486 861.159	1 094 319.587	389.15
4006	486 832.383	1 094 401.249	389.05

Obr. č. 37: Výsledné souřadnice PP v programu GROMA

11.5.ZAMĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ

Podrobné body jsou zaměřovány ze stanovisek uzavřeného polygonového pořadu. Celkem bylo měřeno přes devět set bodů *Tab. č. 4*. Velká část těchto bodů byla tvořena stromy, hranami objektu, body chodníku a cest, kanalizačních vpustí, body betonových valů, stožárů, osvětlení, terénních hran, výškových bodů, dopravního značení apod. Při zaměřování např. stromů je vhodné tento druh zaměřovaných bodů kódovat. Ulehčuje a zrychluje to práci při navazujících kancelářských pracích. Měřené podrobné body můžeme rozdělit na dvě kategorie podle způsobu využití.

První kategorie slouží pro vytvoření účelové mapy, která je podkladem pro fotogrammetrické měření. Vytvořená účelová může sloužit k dalším účelům, jako např. pro analýzu rozsahu zastínění vzrostlými stromy, památníkem. Tato data umožňují získat specifickou informaci o konkrétní lokalitě. Účelová mapa je součástí přílohy č. 5. Tyto podrobné body byly měřeny na trasírku s odrazným hranolem.

Druhá kategorie měřených podrobných bodů slouží k dotvoření 3D modelu památníku. Většina zájmových objektů je velice složitá, jak z architektonického hlediska, tak z hlediska špatné viditelnosti na některé důležité body stavby, které nelze dobře fotogrammetricky vyhodnotit. To je důvod, proč doplňujeme fotogrammetrické měření měřením geodetickým.

Body památníku byly měřeny pomocí bezodrazného systému (pasivní odraz). Dobře viditelné body památníku byly měřeny pro kontrolu z různých stanovisek. Tím bylo zaručeno velké množství nadbytečného měření. Protokol o výpočtu podrobných bodů dávkou je součástí přílohy č. 1h. Měřický náčrt je obsažen v příloze č. 1i.

Tab. č. 6: Počet zaměřených podrobných bodů - rozdělení

CELKEM BODŮ	910
Z TOHO	
LAMPA	32
KANALIZAČNÍ VPUSŤ	10
STROM	81
BODY VYUŽITÉ KE KONSTRUKCI LINIÍ	787

Bc. Jan Berka: 3D vizualizace Památníku II. světové války v Hrabyni na základě geodetického a fotogrammetrického měření

Porovnáním vzdáleností vřícovacích bodů, vypočtených z geodetického měření a vypočtených z fotogrammetrického měření, byla provedena kontrola kvality 3D modelu. Výpočet odchylek probíhal v programu Microsoft Office Excel 2007.

Celkem bylo porovnáno 22 vzdáleností. Tyto vzdálenosti byly rozloženy rovnoměrně na fasádě památníku. Střední hodnota rozdílů vzdáleností je $\pm 0,032$ m. Maximální rozdíl vzdáleností 0,053 m byl na straně 446-398, která měří 18,756 m. Minimální rozdíl 0,001 m byl vypočten mezi body 442-443, tato vzdálenost měří 3,987 m.

Tab. č. 7: Kontrola kvality fotogrammetrického vyhodnocení modelu

n	Strana	Délka [m]		ϵ [m]	$\epsilon\epsilon$ [m ²]
		Geodet.	Fotog.		
1	422-421	4.320	4.278	0.042	0.002
2	431-432	4.190	4.162	0.028	0.001
3	409-398	11.952	11.903	0.049	0.002
4	399-398	3.850	3.810	0.040	0.002
5	442-443	3.988	3.987	0.001	0.000
6	408-409	3.810	3.781	0.029	0.001
7	478-477	4.073	4.04	0.036	0.001
8	460-471	12.523	12.474	0.049	0.002
9	479-476	4.075	4.026	0.049	0.002
10	476-473	27.977	27.95	0.027	0.001
11	446-398	18.756	18.703	0.053	0.003
12	471-432	25.316	25.345	-0.029	0.001
13	445-443	6.636	6.604	0.032	0.001
14	442-444	6.635	6.613	0.022	0.000
15	471-463	6.347	6.334	0.013	0.000
16	453-446	4.929	4.917	0.012	0.000
17	458-459	3.996	4.016	-0.020	0.000
18	444-445	3.987	3.950	0.037	0.001
19	413-398	5.199	5.202	-0.003	0.000
20	438-421	6.917	6.88	0.037	0.001
21	399-413	6.459	6.450	0.009	0.000
22	490-493	3.432	3.445	-0.013	0.000
SUMA $\epsilon\epsilon$			0.023		
STŘEDNÍ CHYBA [m]			0.032		
MAXIMÁLNÍ ROZDÍL [m]			0.053		
MINIMÁLNÍ ROZDÍL [m]			0.001		

12. ZÁVĚR

Pokud se ohlédnu zpět na začátek diplomové práce, dovolím si tvrdit, že vytyčené cíle práce byly splněny podle zadávacího protokolu. Jsem rád, že výstupy, které z této závěrečné práce vzešly, nebyly vytvářeny zbytečně a poslouží i potřebám Slezského zemského muzea v Opavě. Po dohodě se zástupci Slezského zemského muzea bude 3D model památníku umístěn na jejich internetových stránkách. Vytvořená účelová mapa bude využita pro další výsadbu stromů na jejich území. Model je možno umístit do programu Google Earth. Export do různých 3D formátů je častým jevem, jež neslouží pouze ke zdokumentování objektu. Může posloužit např. jako podklad pro tvorbu PC her či filmů.

Přínos této práce pro mou osobu spatřuji hlavně v rozšíření mých dosavadních zkušeností v softwarech, jakými jsou AutoCad, Groma, Kokeš a PhotoModeler Scanner. Díky diplomové práci jsem se měl také šanci zlepšit ve vytváření a vizualizaci 3D modelů pomocí odlišných softwarů (fotogrammetrických, geodetických a vizualizačních).

Z důvodu nutnosti využít všech dostupných metod při zaměření objektu památníku si myslím, že objem dat a kancelářských prací při fotogrammetrickém a geodetickém měření se několikanásobně liší. Výhody fotogrammetrických metod oproti geodetickým spočívají ve velké úspoře času, možnosti zachycení reálných textur, bezkontaktním měření a úspoře terénních prací. K vyhotovení části památníku bylo využito 18 fotogrammetrických snímků a pro tvorbu tematické mapy a dotvoření 3D modelu bylo nutno zaměřit cca 900 bodů.

Vytvořený model Památníku II. světové války v Hrabyni byl exportován do video formátu *.avi v různých stádiích práce a tato videa jsou obsažena v přílohách. Geodetické měření bylo vykonané s dostatečnou přesností. Mezní odchylky a geometrické parametry stanovené pro práci v katastru nemovitostí byly dodrženy.

Fotogrammetrická část je definovaná hodnotou Total Error, která byla u 3D modelu 0,872. Tím byla splněna podmínka hodnoty Total Error menší než 1.

13. SEZNAM LITERATURY

- [1] *Hrabyně - Historie obce*. [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z:
< http://www.mistopisy.cz/historie_hrabyne_10220.html >
- [2] Google: *Mapová data – Hrabyně*. Mapový portál. [online]. [cit. 2014-02-31]. Dostupné z:
<<https://www.google.cz/maps/place/Hrabyn%C4%9B/@49.8792164,17.9875776,11z/data=!4m2!3m1!1s0x4713de34287b77ef:0x400af0f66151a50>>
- [3] Mapy.cz, a.s.: *Hrabyně*. Mapový portál. [online]. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z:
<<http://www.mapy.cz/#!x=18.053178&y=49.885510&z=14&l=15>>
- [4] *Památník II. světové války v Hrabyni*. [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Pam%C3%A1tn%C3%ADk_II._sv%C4%B9tov%C3%A9_v%C3%A1lky_v_Hrabyni>
- [5] Slezské zemské muzeum v Opavě: *Památník II. světové války Hrabyně*. Fotogalerie. [online]. [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <<http://www.szm.cz/rubrika/31/expozicni-arealy/pamatnik-ii-svetove-valky-hrabyne/fotoalbum.html>>
- [6] Topcon: *řada GPT – 7000*. Prospekt. [online]. [cit. 2014-03-31]. Dostupné z:
<<http://igdm.vsb.cz/igdm/topcon/man/GPT-7000Info.pdf>>
- [7] Canon: *Canon EOS 7D*. [online]. [cit. 2014-01-21]. Dostupné z:
< http://www.canon.cz/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_7D/>
- [8] PAVELKA, K.. *Fotogrammetrie 10*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 194 s. ISBN 80-010-2649-3.
- [9] FAŠÁNEK, M.: *3D vizualizace románského kostela Sv. Pavla v Ostravě - Vítkovicích*. Ostrava, 2012, 8 s., signatura 201300141. Diplomová práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce: Ing. Roman Kapica Ph.D.
- [10] BITTERER, L.: *Základy fotogrammetrie*. Učební text. [online]. [cit. 2014-01-21]. Dostupné z: < <http://svf.utc.sk/kgd/f,2005,209s.> >
- [11] Eos Systems Inc.: *Crime Scenes - Print Scanning*. [online]. [cit. 2014-02-31]. Dostupné z: < http://www.photodeler.com/applications/accident_recon/default.html>
- [12] KAPICA, R.: *Fotogrammetrie, návody do cvičení I, II* VŠB-TUO Ostrava, 2009, 57 s., ISBN 978-80-248-2067-5

- [13] BÍROVÁ, K.: *Vyhotovení fotogrammetrické dokumentace Kostela sv. Pavla v Ostravě - Vítkovicích*. Ostrava, 2010, 21 s., signatura 201002302. Diplomová práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce: Ing. Roman Kapica Ph.D.
- [14] BERKA, J.: *Zaměření vnějšího opláštění budovy v areálu vědeckotechnologického parku v Ostravě*. Ostrava, 2012. Signatura 201300058. Bakalářská práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce: Ing. Jiří Pospíšil.
- [15] Autodesk: *Produkty AutoCAD*. [online]. [cit. 2014-01-21]. Dostupné z: <<http://www.autodesk.cz/adsk/servlet/pc/index?id=18322656&siteID=551663&mktvar004=465722>>
- [16] CAD Studio: *Import bodů pro AutoCAD*. [online]. 2014 [cit. 2013-12-16]. Dostupné z: <<http://www.cadstudio.cz/apps/import-bodu/>>
- [17] RODIG, A, 3E Praha Engineering, a.s.: *Urbanismus*. [online]. [cit. 2014-02-31]. Dostupné z: <<http://www.3epraha.cz/sketchup/reference-sketchup?gal=131>>
- [18] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí [online]. Praha 2012: VÚGTK - Terminologická komise ČÚZK, [cit. 2014-01-21]. Dostupné z: <<http://www.vugtk.cz/slovník>>

14. SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. č. 1: Lokalita obce Hrabyně</i>	3
<i>Obr. č. 2: Areál památníku</i>	4
<i>Obr. č. 3: Památník 2. světové války v Hrabyni</i>	4
<i>Obr. č. 4: Interiér expozice</i>	5
<i>Obr. č. 5: Technické parametry přístroje TOPCON GPT 7001</i>	6
<i>Obr. č. 6: Canon EOS 7D</i>	7
<i>Obr. č. 7: Princip průsekové fotogrammetrie</i>	8
<i>Obr. č. 8: Umělá signalizace vlivovacích bodů pro automatickou identifikaci</i>	9
<i>Obr. č. 9: Využití umělých vlivovacích bodů při vytvoření 3d modelu stopy boty</i>	10
<i>Obr. č. 10: Nasnímané testovací pole</i>	11
<i>Obr. č. 11: Kalibrace</i>	13
<i>Obr. č. 12: Pozice kamer při snímkování kalibračního pole</i>	14
<i>Obr. č. 13: 3D zobrazení kalibračního pole A1 se zapnutým zobrazením elipsy chyb</i>	14
<i>Obr. č. 14: Schéma měření metodou kruhu</i>	15
<i>Obr. č. 15: Schéma měření metodou více kruhů</i>	15
<i>Obr. č. 16: Prostředí programu KOKEŠ</i>	16
<i>Obr. č. 17: Prostředí CAD Studio Import bodů</i>	18
<i>Obr. č. 18: Ukázka vizualizace v programu SketchUp od Ing. Aloise Rodiga</i>	19
<i>Obr. č. 19: Prostředí služby Autodesk®360</i>	20
<i>Obr. č. 20: Načtení snímku do programu PhotoModeler Scanner 6</i>	21
<i>Obr. č. 21: Idealizovaný snímek</i>	22
<i>Obr. č. 22: Referencování</i>	23
<i>Obr. č. 23: Total Error</i>	24
<i>Obr. č. 24: Drátový model v PhotoModeler Scanner 6</i>	25
<i>Obr. č. 25: 3D model památníku v PhotoModeler Scanner</i>	27
<i>Obr. č. 26: plošný 3D model koncepční zobrazení</i>	29
<i>Obr. č. 27:Knihovna materiálů v programu AutoCad 2014</i>	30
<i>Obr. č. 28: 3D model s přiřazenými texturami</i>	31
<i>Obr. č. 29: Prohlížeč materiálů – editor textur</i>	31
<i>Obr. č. 30: Použité 3D bloky a jejich zobrazení v prostředí AutoCad</i>	32
<i>Obr. č. 31: Nastavení počátku a intenzity kuželového zdroje světla</i>	33
<i>Obr. č. 32: Analýza intenzity osvětlení</i>	34
<i>Obr. č. 33: Základní knihovna bloku v prostředí Google SketchUp</i>	35
<i>Obr. č. 34: Bloky z katalogu 3D Warehouse</i>	35
<i>Obr. č. 35: Tři různé vizualizační styly z programu SketchUp</i>	36
<i>Obr. č. 36: Prostředí výpočtu přechodného</i>	38
<i>Obr. č. 37: Výsledné souřadnice PP v programu GROMA</i>	39

15. SEZNAM TABULEK

<i>Tab. č. 1: Parametry a specifikace snímače</i>	<i>7</i>
<i>Tab. č. 2: Parametry a specifikace objektivu.....</i>	<i>7</i>
<i>Tab. č. 3: Zhodnocení přesnosti modelu v PhotoModeler Scanner</i>	<i>24</i>
<i>Tab. č. 4: Statistika prvků vytvořených v programu PhotoModeler Scanner.....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. č. 5: Celková náročnost prací v programu AutoCad</i>	<i>28</i>
<i>Tab. č. 6: Počet zaměřených podrobných bodů - rozdělení</i>	<i>40</i>
<i>Tab. č. 7: Kontrola kvality fotogrammetrického vyhodnocení modelu</i>	<i>41</i>

16. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – DVD

1a – Report výpočtu kalibrace fotoaparátu Canon EOS 7D

1b – Report výpočtu modelu a fotogrammetrické snímky památníku

1c – Video ukázky z programu PhotoModeler Scanner

1d – Použité mapové podklady

1e – Měřická síť

1f – Protokol výpočtu přechodného stanoviska

1g – Protokol výpočtu polygonového pořadu

1h – Protokol výpočtu podrobných bodů dávkou

1i – Měřické náčrty

Příloha č. 2 – Pohledy vyhodnocené části modelu s texturami v PhotoModeler Scanner

Příloha č. 3 – Pohledy vyhodnoceného 3D modelu v programu AutoCad

Příloha č. 4 – Vizualizace

4a – Výstupy vizualizace vytvořené ve službě Autodesk 360

4b – Výstupy vizualizace z vytvořené v programu Google SketchUp

Příloha č. 5 – Účelová mapa Památníku 2. světové války v Hrabyni