

Zameranie a vyhotovenie 3D modelu dreveného kostolíka v Mirolí pomocou terestrického laserového skeneru

Katarína Pukanská¹ a Juraj Gajdošík²

Die Vermessung und die Ausfertigung des 3-D-Modells des Holzkirchleins in Mirola mit dem terrestrischen Lasersken-System

Terrestrische Lasersken-Systeme (TLS) haben in den letzten Jahren stürmische Entwicklungen aufgewiesen und sind erfolgreich für Design und industrielle Produktion, aber auch für Geodäsie, Baukunst und Architektur eingesetzt worden. Großer Vorteil des TLS ist hohe Genauigkeit, eine große Menge der zu messenden Punkte ohne Kontakt, kurze Sammlungszeit der großen Datenzahl, die Vermessung der unzugänglichen Objekte, die Einsetzung in den gesundheitsgefährdeten Räumen u.a. Neue Trends in der Ausnützung des TLS sind in der Vermessung der historischen Gebäude zu sehen, die für die Rekonstruktionarbeiten als Grundlage dienen und für Dokumentationsfassung des Objektes. Das Ziel der Arbeit war die Vermessung des Kulturdenkmales – des Holzkirchleins in Mirola, das auf die komplette Rekonstruktion wartet. Das 3-D-Digitalendmodell dient für die Grundlage des Denkmalms um die Daten zu archivieren. Die ganze Arbeit besteht aus der Datensammlung, also aus der Punktkoordinatenvernetzung und der Modellierung der Wolkenpunkte. Die Lehrstuhl für Geodäsie ist damit ein Partner bei der Präsentation, Rettung und Restaurierung dieser Kirche geworden.

Schlüßwort: 3-D-Laserskener, Prüfcomputeranlage, der Datenverarbeitung Softwaremodul, Skenparametern, Wolkenpunkte, 3-D-modellierung.

Úvod

V oblasti geodézie a spracovania dát do priestorových modelov popri tradičnej fotogrametrii a zbere dát pomocou geodetických totálnych staníc a GPS, sa v posledných rokoch začína úspešne aplikovať terestrické laserové skenovanie (TLS). Záujem o túto technologickú novinku prichádza z radov dopravného staviteľstva, podzemného meračstva, architektúry, archeológie a distribučných spoločností (energetika, plynárenstvo). Systém TLS je úspešne nasadzovaný pri modelovaní a vizualizácii zložitých stavieb, konštrukcií, podzemných priestorov, interiérov, ale aj zdravie ohrozujúcich priestorov. Svoje časté uplatnenie nachádza vďaka ľahkej obsluhu, rýchlemu zberu vysokého počtu dát bezkontaktným spôsobom, vysokej presnosti a bezpečnosti. Produktivita meračských a spracovateľských prác je týmto mnohonásobne zefektívnená.

Cieľom práce bolo použiť práve terestrický laserový skener CALLIDUS CP 3200 na zameranie kultúrnej pamiatky dreveného kostolíka v Mirolí a následné spracovanie do 3D modelu v programovom prostredí 3D Extraktor a Pointtools Viewer 1.6. Túto architektonickú pamiatku čaká komplexná rekonštrukcia a vypracovaný 3D model bude slúžiť ako archívacia pôvodného stavu pre pamiatkový úrad alebo podklad pre rekonštrukčné práce s cieľom dodržať pôvodnú podobu stavby.

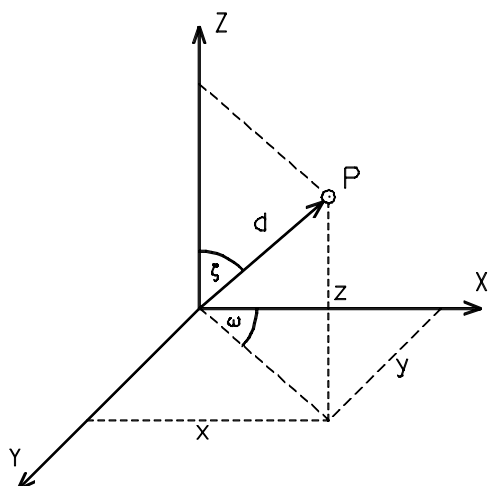
Princíp fungovania terestrických laserových systémov.

TLS systémy pri zameraní polohy bodu vychádzajú z priestorovej polárnej metódy [1], pričom merajú šikmú vzdialenosť d , horizontálny uhol ω a vertikálny uhol ζ (obr. 1). Výsledné súradnice x, y, z sú v lokálnom súradnicovom systéme prístroja. Orientácia horizontálneho uhla je určená polohou zrkadla v priestore, ktoré slúži ako vliovací bod na spájanie skenov a transformáciu súradníc bodov do iných súradnicových systémov.

$$\begin{aligned}x &= d \cdot \cos(\omega) \cdot \sin(\zeta) \\y &= d \cdot \sin(\omega) \cdot \sin(\zeta) \\z &= d \cdot \cos(\zeta)\end{aligned}$$

Obr. 1. Princíp priestorovej polárnej metódy.

Abb. 1. Das Prinzip der Raumpolarmethode.



¹ Ing. Katarína Pukanská, Katedra geodézie, Ústav geodézie a GIS, Fakulty BERG, Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 040 00 Košice, katarina.pukanska@tuke.sk

² Ing. Juraj Gajdošík, f.y. Geospol-Gajdošík, Košice, geospol@geospol.com
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3. 5. 2007)

Systémy využívajú najmodernejšiu pulznú laserovú technológiu šírenia monochromatického zväzku lúčov, ktorý je koherentný, intenzívne a vysoko smerový s využitím optickej sústavy [1]. Skladá sa z nasledujúcich častí:

*aktívne zosilňovacie prostredie,
zdroj energie vyvolávajúci excitáciu,
optický rezonátor odrážajúci fotóny zrkadlami.*

Popis skenera stredného dosahu CP 3200 – systém Callidus 1.2.

Systém pozostáva z častí:

- Hardvér
CP 3200 - 3D laserový skener,
LMS - priemyselný počítač,
Statív,
prepravné puzdro.
- Softvér
LMS - softvér na laserové skenovanie,
3D-EXTRACTOR - softvér na spracovanie
meraní.

CALLIDUS CP 3200 (obr. 2) umožňuje neselektívne merať 3D geometriu zložitých stavieb, konštrukcií, interiérov alebo ľubovoľného terénu s mimoriadnou presnosťou, rýchlosťou a kompletnosťou. Pracovná vzdialenosť 0,3 – 32 m zaručuje priestorovú presnosť ± 6 mm a presnosť modelovanej plochy je ± 2 mm.

Výsledkom merania je súbor nameraných dát, tzv. mračno bodov, niekoľko stotisíc bodov na jeden sken. Priestorová presnosť modelovanej plochy je ± 2 mm, čo je hodnota, ktorá je na prahu dosiahnuteľnosti akoukoľvek konvenčnou technológiou. Mračno bodov môže byť použité na priame meranie priestorových vzťahov medzi bodmi alebo na 3D vizualizáciu. Taktiež je možné transformovať ho do ľubovoľného trojrozmerného karteziánskeho súradnicového systému a týmto spôsobom spájať jednotlivé mračná bodov (skeny) do súvislého a konzistentného súboru, ktorý slúži na 3D modelovanie, tvorbu 2D výkresov, rezov, profilov. Tieto je možné exportovať do CAD aplikácii pre ďalšie spracovanie. Navyše je možné importovať projekt z CAD aplikácii do špecializovaných softvérov pre kontrolu a overenie geometrických parametrov a interferencií s už existujúcimi štruktúrami.

K celkovému zameraniu a vyhotoveniu 3D modelu je nutné ovládať aj spracovateľský softvér, čo sa týka ovládania skeneru, nastavenia parametrov merania v závislosti od presnosti a veľkosti skenovaného objektu a spracovania snímok, t.j. spájania skenov a modelovania objektov entitami.



Obr. 2. Systém Callidus CP 3200.
Abb. 2. Das Callidus CP 3200 System.



Obr. 3. Zameranie polohy TLS pomocou GTS.
Abb. 3. Die Positionabsteckung des TLS mit dem GTS.

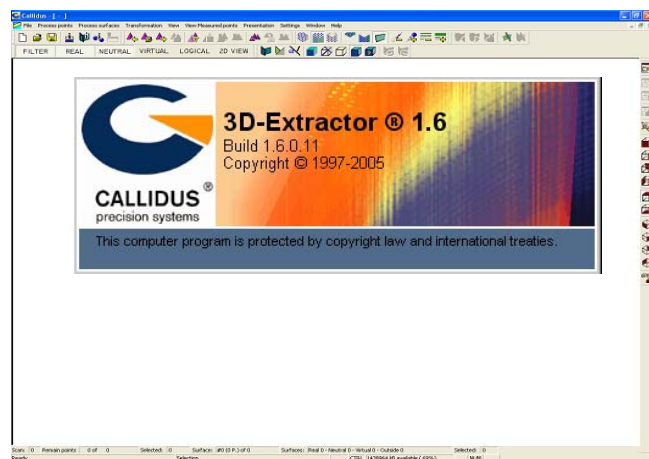
Meračské práce v teréne

Pred samotným začatím merania bolo nutné vykonať rekognoskáciu terénu a navrhnuť počet a polohu stanovísk skenera tak, aby bol realizovaný nutný počet meraní s dostatočným prekrytom a zohľadnením dosahu 32 m. Ako vličovacie body pre spájanie skenov slúžili odrazové zrkadlá, ktoré boli umiestnené

ľubovoľne v teréne. Ich poloha bola určená pomocou GTS v lokálnom súradnicovom systéme (obr. 3). Po uvedení prístroja do činnosti sa nastavili parametre merania – uhlový výrez, hustotu naskenovaných bodov a snímanie kamery pre hodnoty farebnej škály RGB.

Na každom stanovisku bol vykonaný zber dát, vlastné meranie je automatické, archivované dáta bolo možné priebežne kontrolovať a podľa nutnosti dopĺňať.

Spracovanie údajov v programovom prostredí 3D Extraktor:

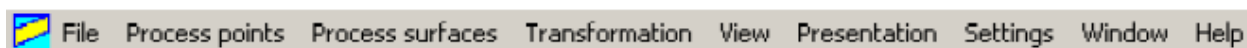


3D Extraktor umožňuje prácu s výsledkom 3D laserového skenovania mračnom bodov (obr. 4).

Obr. 4. Softvér 3D Extraktor.

Abb. 4. Die Software 3D Extraktor.

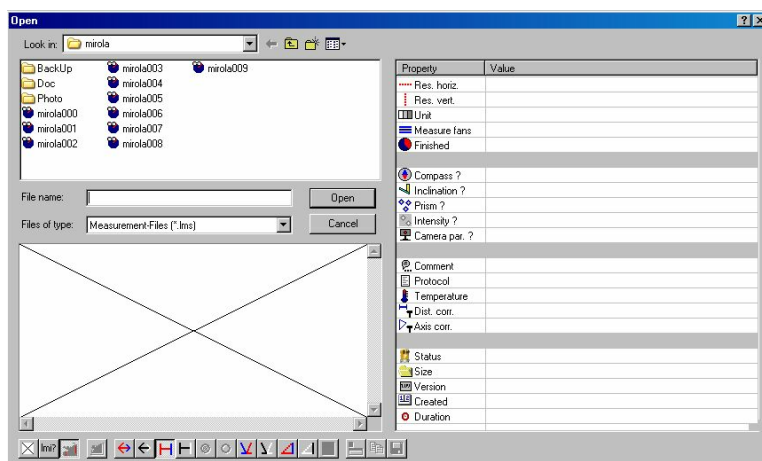
Hlavná ponuková lišta obsahuje základné nástroje [2]:



- **File** správa súborov
- **Process points** výber a manipulácia s mračnom bodov
- **Process surfaces** 3D modelovanie, zobrazenie, úprava a mazanie tvarov
- **Transformation** presun a otočenie mračna bodov
- **View** zmena pohľadu na mračno bodov
- **Presentation** nastavenie zobrazenia
- **Settings** všeobecné nastavenia programu
- **Window** usporiadanie okien
- **Help** pomoc

Obr. 5. Hlavná ponuková lišta.

Abb. 5. Die Hauptangebotsfläche.



Pre načítanie jednotlivých skenov sme použili funkciu Import measurement (obr. 6), ktorá dáva aj prehľad rôznych informácií o naskenovaných údajoch a ich vizuálnu kontrolu.

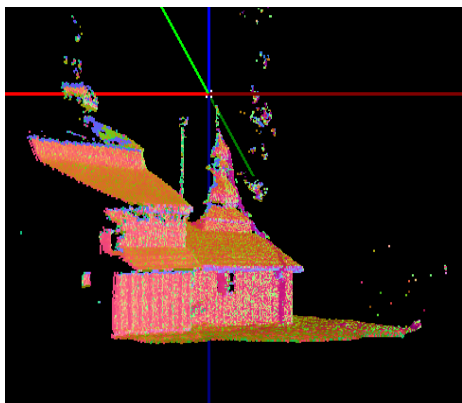
Obr. 6. Funkcia Import nameraných dát.

Abb. 6. Die Funktion Import der gemessenen Daten.

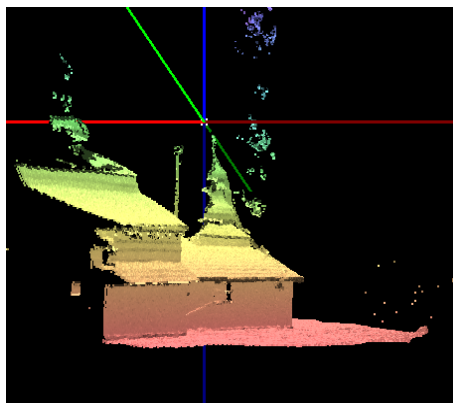
Načítané dáta sú vo forme mračna bodov v lokálnom topografickom systéme, kde počiatok sústavy je daný stanoviskom skenera a orientáciou na ľubovoľný bod v teréne, daný zrkadlom. Pri spájaní skenov je nutné pretransformovať, t.j. presunúť a pootočiť jednotlivé mračná bodov do jednotného súradnicového systému. V tomto prípade bolo za počiatok lokálneho súradnicového systému (LSS) zvolené prvé stanovisko. Pripojenie do systému S-JTSK nebolo realizované z časových dôvodov a nebolo podmienene nutné pre samotnú 3D vizualizáciu.

Mračno bodov môže byť zobrazené v rôznych farbách v závislosti od účelu skenovania, alebo spracovania:

- [1] Zobrazenie mračna v základných farbách (Default colours) (obr. 7) umožňuje pri modelovaní rýchlejšie sa zorientovať vo virtuálnom priestore. Je založený na normálach a zmena farby bodu je závislá na orientácii k severu.
 - o body so severnou orientáciou sú zobrazené magentou (fialová farba),
 - o plochy v zenite (nad hlavou) sú zobrazené modrou farbou,
 - o plochy v nadire (na zemi) sú zobrazené hnedou farbou.
- [2] Farebné zobrazenie mračna po jednotlivých výškových rovinách (Colours from height) (obr. 8) zlepšuje orientáciu vo vertikálnom členení objektu. Následne na to je možné vyselektovať jednotlivé výškové úrovne podľa farby a podľa potreby editovať, exportovať, atď.



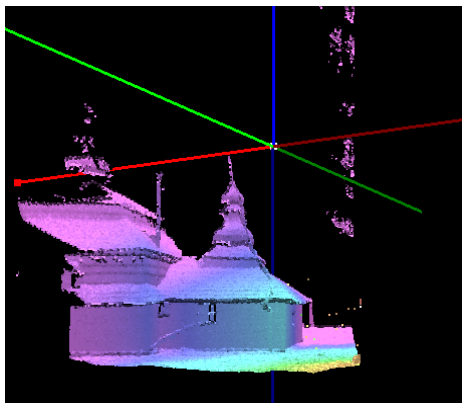
Obr. 7. Zobrazenie dát v základných farbách.
Abb. 7. Die Datendarstellung in den Grundfarben.



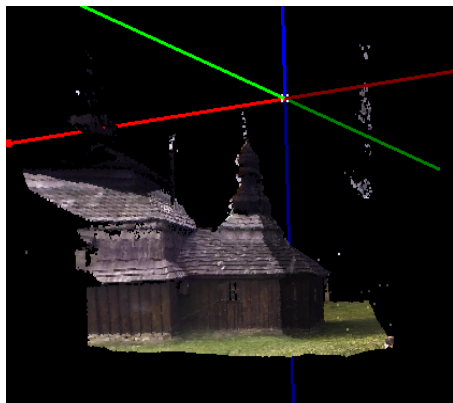
Obr. 8. Zobrazenie dát vo výškových rovinách.
Abb. 8. Die Datendarstellung in den Höhenebene.

Farebné zobrazenie mračna podľa vzdialenosti od prístroja (Distance colour) (obr. 9)

Zobrazenie mračna v skutočných farbách (RGB colours) (obr. 10) umožňuje reálne zobrazenie mračna bodov na základe kalibrovannej kamery, ktorá je integrovaná v skeneri. Toto zobrazenie je vhodné ako pri modelovaní tak aj pre vizualizáciu.



Obr. 9. Zobrazenie dát podľa vzdialenosti od prístroja.
Abb. 9. Die Datendarstellung des Gerätfentfernung gemäß.

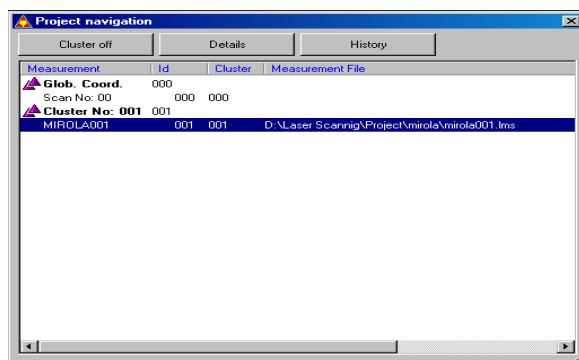


Obr. 10. Zobrazenie dát v skutočných farbách.
Abb. 10. Die Datendarstellung in den wahre Farben.

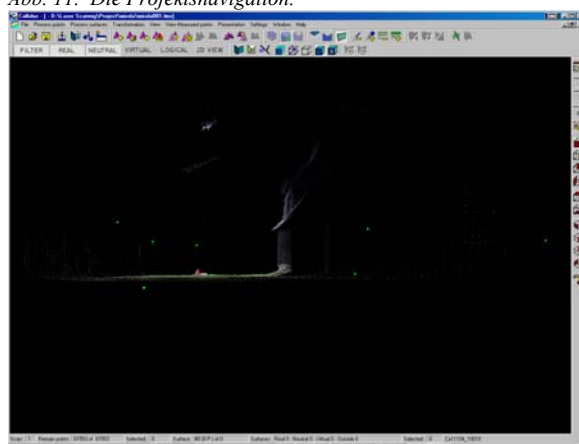
Po načítaní skenu v časti okna Projektová navigácia – manažér skenov, vyberieme funkciu Globálna transformácia a priradíme jednotlivým číslam bodov pozíciu skenera alebo zrkadla (obr. 11 a 12).

Výsledkom je transformovaný sken s vyobrazením sústavy polohy zrkadiel a stanovišťa skenera (obr. 13).

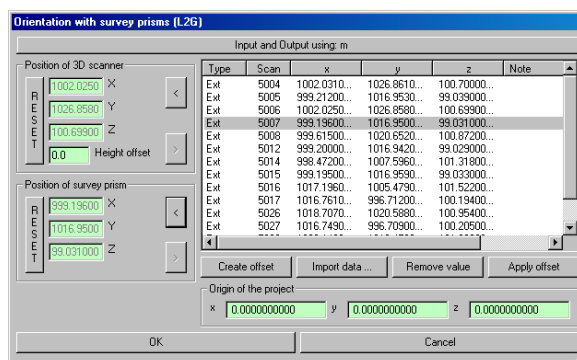
Tento postup je nutné opakovať pri načítaní všetkých skenov (obr. 14). Výsledkom je konečný 3D model objektu (obr. 15), ktorý je možné ľubovoľne otáčať, vykonávať na ňom merania, vykonávať rezy a modelovať geometrické útvary. Všetky naskenované údaje, alebo len vybranú časť, možno exportovať do textového súboru.



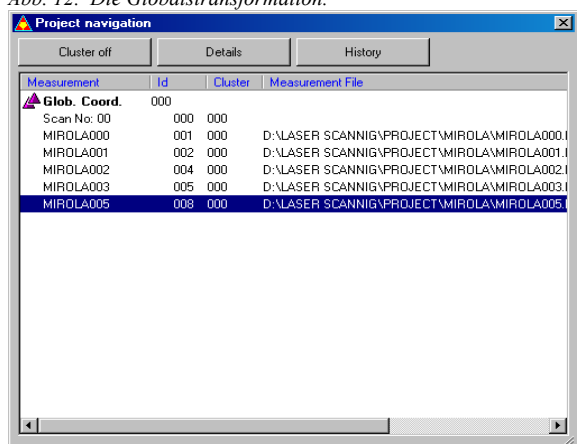
Obr. 11. Projektová navigácia.
Abb. 11. Die Projektsnavigation.



Obr. 13. Transformovaný sken.
Abb. 13. Dre transformierte Sken.



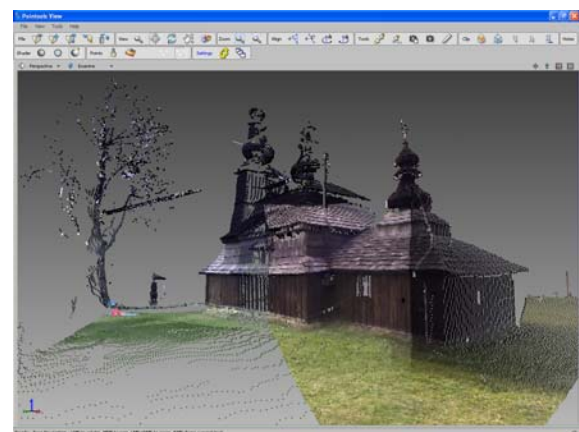
Obr. 12. Globálna transformácia.
Abb. 12. Die Globalstransformation.



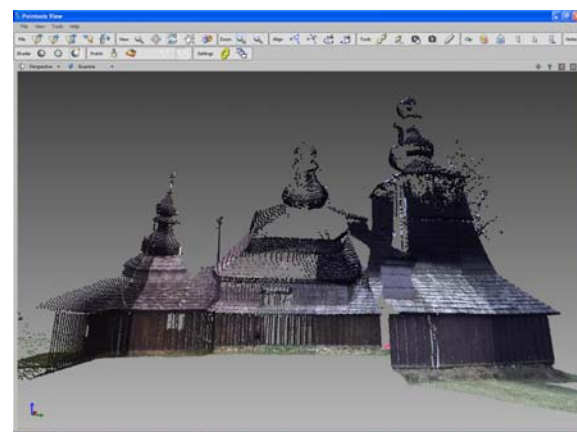
Obr. 14. Načítanie všetkých skenov.
Abb. 14. Die alle Skenszählung.

Štruktúra textového súboru je definovaná v dialógovom okne nastavenia exportu údajov. Nastaviť možno predponu a príponu, oddeľovač desatinných miest a požadované údaje o jednotlivom bode mračna bodov.

Exportovať možno aj model objektu alebo terénu, vyhotovený na podklade mračna bodov, a to do formátov najbežnejšie používaných CAD systémov (dxf, igs, model, obj, raw, sat, stl, stp, tsurf, vda a wrf).



Obr. 15. Výsledný 3D model objektu.
Abb. 15. Der Ergebnisbestand des Objektes -3D-modell.



Záver

Laserové skenovacie systémy si vďaka svojej funkčnosti našli významné miesto na trhu geodetických prístrojov. Výhody tejto progresívnej technológie, s ohľadom na produktivitu práce, skrátenie observačného času, obrovského množstva nameraných bodov, vysokej bezpečnosti a v neposlednom rade rýchleho

vyhotovenia modelov, napriek vysokej cene, radia TLS v súčasnosti na najpoprednejšie miesta prístrojových možností v tomto odbore.

Realizácia projektu zamerania drevených kostolíkov na Východnom Slovensku technológiou TLS bude pokračovať s cieľom zamerať postupne všetkých 27 pamiatok, aby boli jednotne dokumentované pre ďalšie generácie, pre účely pamiatkového úradu a kontrolu nezidealizovania rekonštrukčných prác. Nezisková organizácia na Záchranu a obnovu drevených kostolíkov pod Duklou, Karpatská nadácia Slovensko a fy. Geospol, ktorá prístroj zapožičala spolu s Katedrou geodézie FBERG TU v Košiciach sa stávajú partnermi v tomto jedinečnom projekte na Slovensku.

Literatúra – References

- [1] Kašpar, M. a kol.: Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. Hradec Králové Vega s.r.o., 2003, str. 9 a str. 14.
- [2] Firemná literatúra Callidus
- [3] CALLIDUS <http://www.callidus.de>
- [4] Pointtools View 1.6 <http://www.pointtools.com>