

## **3. UŽITÉ LSS A SOFTWARE**

Kapitola přináší informace o systémech užitých v rámci zpracování diplomové práce. V první části jsou detailně popsány výrobky firmy Leica Technologies Inc. – laserový skenovací systém Cyrax 2500 a software Cyclone. Další část je věnována LSS Callidus 1.1, jeho ovládacímu softwaru LMS a vyhodnocovacímu programu RealWorks Pro Version.

### **3.1. LASEROVÝ SKENOVACÍ SYSTÉM CYRAX 2500 – PARAMETRY A PŘÍSLUŠENSTVÍ**

Celý měřicí systém se skládá z vlastního laserového skeneru, notebooku s ovládacím programem Cyclone, stativu, elektrického zdroje, kabelů a sady odrazných terčů - viz obrázek č. 3.1.

Skener Cyrax 2500 je přístroj kamerového typu s dosahem až do vzdálenosti 100 m. Při výrobce doporučené prostorové vzdálenosti 1,5 až 50 m od přístroje, Cyrax dosahuje prostorové přesnosti 6 mm na jeden měřený bod, 2 mm pro následně modelovanou plochu. Tato přesnost se skládá z přesnosti měřených délek 4 mm a směrů 3,8 mgon.

Skener používá pulsní laser zelené barvy v 2. bezpečnostní třídě (dle CFR 1040), který lze použít za jakýchkoliv světelných podmínek. Velikost laserové stopy je 6 mm na vzdálenost 50 m. Jediným omezením pro skenování za ztížených světelných podmínek je zabudovaná digitální kamera s rozlišením 480 x 480 pixelů. Pomocí kamery jsou snímány náhledy sloužící k určení zorného pole skenování, které může být maximálně 40° x 40°, což představuje plochu 35 x 35 m (1225 m<sup>2</sup>) na vzdálenost 50 m od skeneru.

V horizontálním a vertikálním směru lze hustotu bodů volit nezávisle, definuje se počtem bodů v řádku a sloupci zorného pole. Kombinace malé stopy a vysoké hustoty skenování je výhodná pro určování jemných hran a detailů objektů.

Maximální počet bodů v jednom skenu nemůže přesáhnout hodnotu součinu 1000 x 1000. Rychlost měření je 1000 bodů za sekundu. U každého bodu mračna jsou změřeny směry a vzdálenost od přístroje, takže je přesně určena jeho prostorová poloha. Vzdálenost se určuje z tranzitního času. Pro dosažení deklarované přesnosti skener měří čas s rozlišením na pikosekundy. Rozmítání laserového paprsku zajišťuje dvojice zrcátek. V době každého pulsu je známo natočení zrcátek v laserové optické soustavě, neboli vodorovný a svislý směr paprsku. Cyrax měří i intenzitu přijatého záření, podle které je jednotlivým bodům přiřazena barva při zobrazení, což umožňuje odlišovat v obraze objekty s různými povrchy.

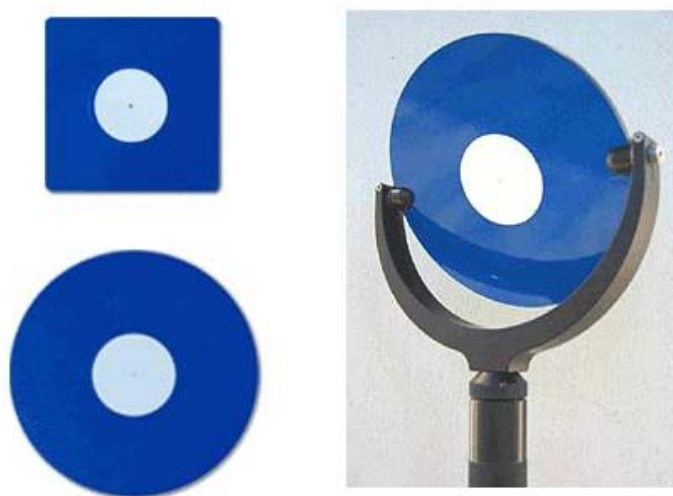


Obr. č. 3.1: Laserový skenovací systém Cyrax 2500

Skener se může otáčet kolem své osy o 360°, vertikální rotace je od + 105° do – 90°. Přístroj váží 20 kg, k napájení využívá externí zdroj o váze 7 kg. Součástí standardního vybavení skeneru jsou kabely, dvě baterie, nabíječka baterie a skenovací software Cyclone - Scan. Spotřeba energie je 100 W, s oběma plně nabitými bateriemi lze při teplotě 20 °C měřit 8 hodin.

Parametry HDS 2500 byly převzaty z [8], [9] a [10].

Leica Geosystem HDS ke skenerům dodává speciální terče sloužící k signalizaci vlíčovacích resp. spojovacích bodů. Terče mají vysokou odrazivost v opačném směru než je směr dopadu laserového paprsku. Vyrábí se ve dvou variantách - polokulové a rovinné. Mohou být magnetické či nalepovací a v důsledku toho jsou jednoduše umístitelné na jakýkoliv druh povrchu. Skener tyto terče detekuje bezprostředně po dokončení skenovacího procesu, doskenuje je s vyšším rozlišením, na základě kterého je určena jejich přesná prostorová poloha.



Obr. č. 3.2: Terče HDS

Skener je ovládán pomocí softwaru Cyclone, který umožňuje i registraci a vyhodnocení (viz. kapitola 3.2).

## 3.2. SOFTWARE CYCLONE

Do základní sestavy systému patří i software na zpracování dat Cyclone, který řídí skenovací proces, umožňuje vzájemné spojení mračen bodů, jejich orientaci a podporuje automatické modelování jednoduchých geometrických prvků. Je tvořen z **několika modulů**:

**Cyclone – SCAN** je standardně dodáván se skenerem, řídí skenovací proces v terénu (viz. kapitola č. 3.2.2).

**Cyclone – REGISTER** je modul pro spojení mračen bodů pořízených z různých pozic a transformuje mračna do požadovaného souřadnicového systému. Modul vypočte transformační prvky a následně provede chybovou analýzu.

**Cyclone – MODEL** nabízí kompletní sadu nástrojů pro zpracování mračna bodů do podoby konečných produktů a export výsledku do CAD systémů. Obsahuje funkce pro aproximaci mračna bodů objekty jako jsou válce (trubky), kolena, ventily, přírubby apod. Lze v něm též vytvářet trojúhelníkové sítě, libovolné řezy a počítat kubatury.

**Cyclone – SURVEY** je podmnožinou modulu Cyclone – MODEL. Oproti němu nemá nástroje pro modelování potrubních technologií. Je vhodný pro tvorbu trojúhelníkových sítí (viz. *příloha č. 1*), řezů, vrstevnic, výpočtu kubatur apod.

**Cyclone – SERVER** umožňuje současnou práci až deseti operátorů na jednom projektu. Změny, které provede jeden operátor, se ihned projeví u všech ostatních.

**Cyclone - VIEWER** je freewarová verze softwaru Cyclone umožňující obvyklé pohledové funkce (rotace, translace, zoom) při prohlížení mračen a hotových modelů.

#### 3.2.1. ZÁKLADNÍ POJMY V SOFTWARE CYCLONE

Předtím, než budou vysvětleny funkce a možnosti programu, je potřeba definovat základní pojmy, které se v programu Cyclone často vyskytují.

**Database** – soubor s příponou \*.IMP. obsahující veškeré informace o zakázce, může obsahovat několik projektů.

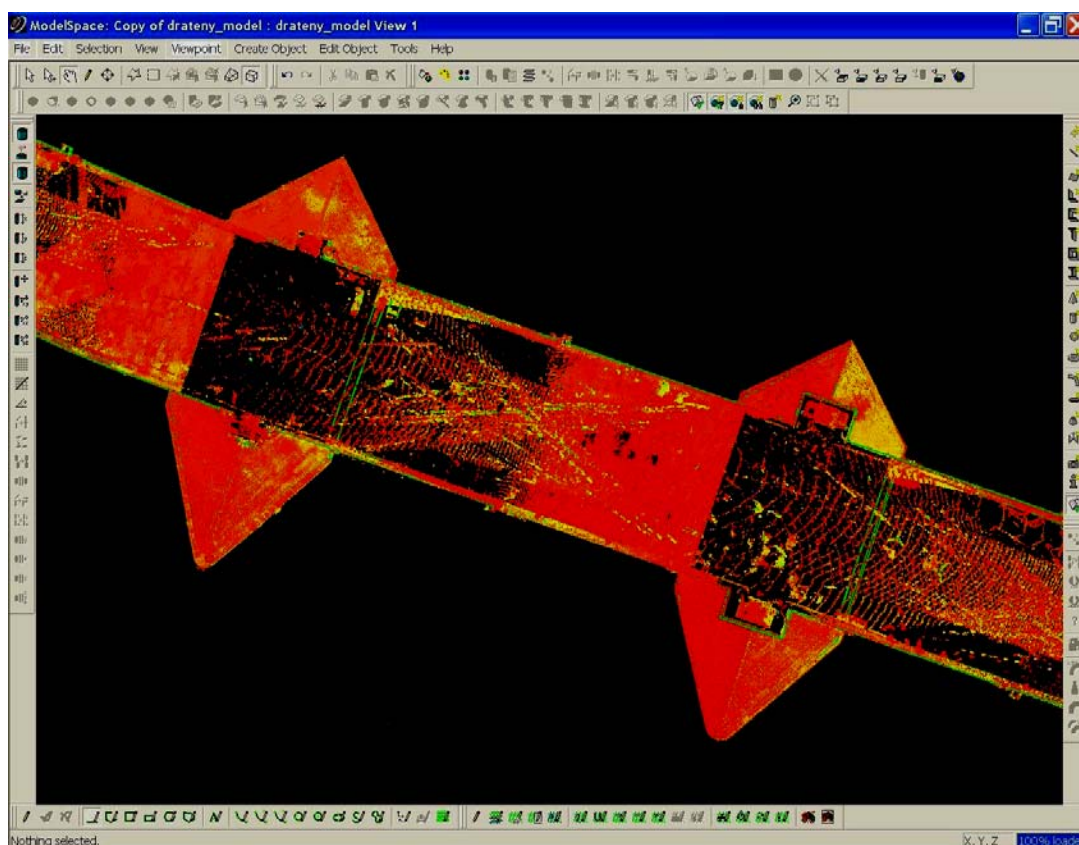
**Project** – projekty v databázi, oddělují prostorové či časové celky

**ScanWorld** – mračno bodů pořízené při jednom postavení skeneru

**ModelSpace** – prostor pro práci s mračnem bodů

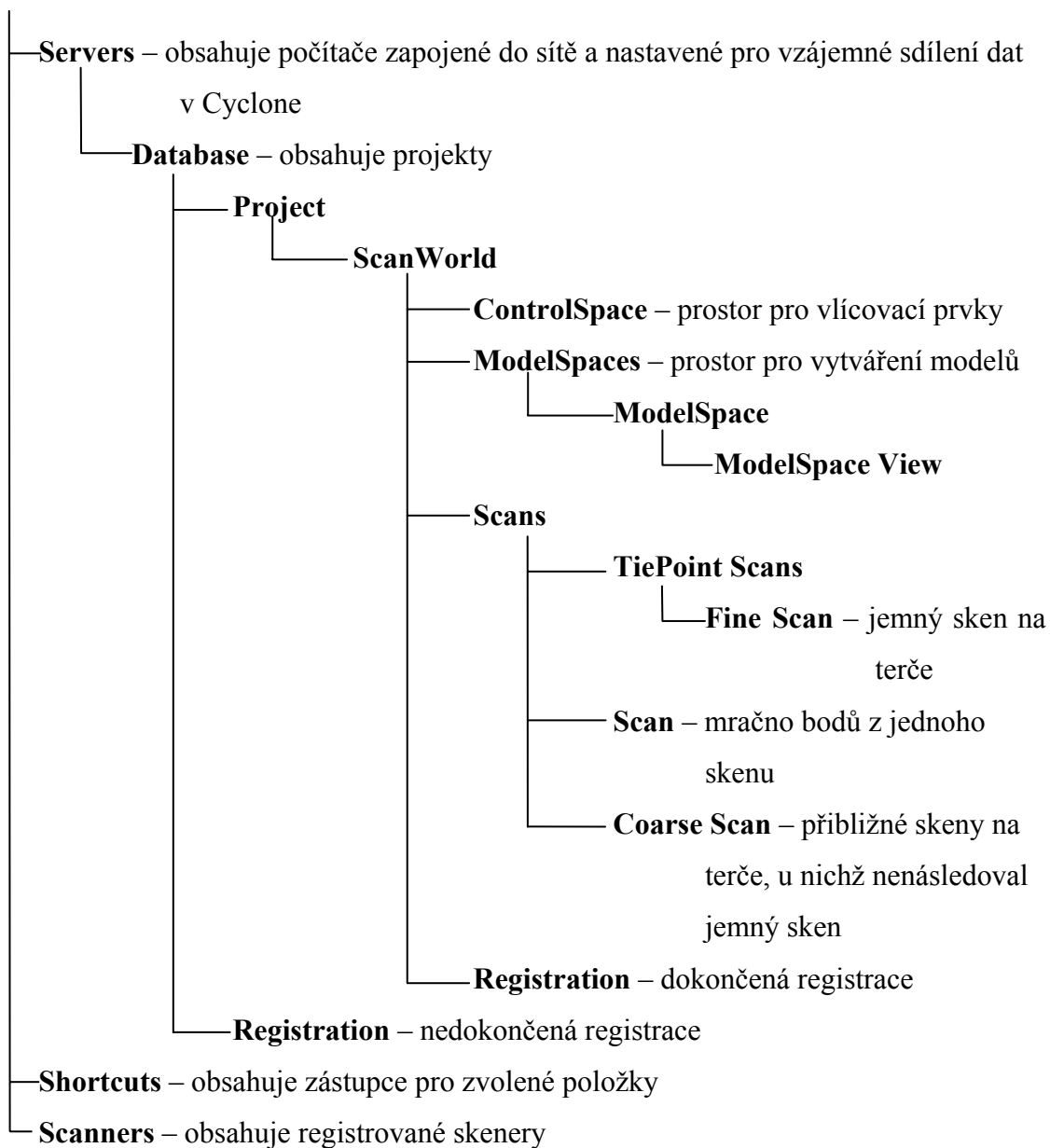
**ControlSpace** – prostor obsahující vše, co má být zaregistrováno (konkrétně mračna bodů a vřícovací prvky)

**Registration** – transformace mračen do zvoleného souřadnicového systému



Obr. č. 3.3: Pracovní okno Cyclone

V současné době je nejnovější verzí Cyclone 5.2.1. Po spuštění aplikace se otevře okno *Navigator*, které obsahuje několik podúrovní, řazených do následující stromové struktury.



#### 3.2.2. PRÁCE V TERÉNU

Vlastnímu skenování předchází rekognoskace předmětu zájmu a následné rozvržení stanovisek, tak aby bylo pokryto celé zájmové území nebo objekt. Stanoviska se volí s ohledem na možnosti přístroje. Omezením Cyraxu 2500 je jeho malé zorné pole, musí se tedy počítat s poměrně malým záběrem. Dalším hlediskem volby stanovisek je maximální dosah přístroje. Pro dosažení výrobcem deklarované prostorové přesnosti určení bodu 6 mm, by vzdálenost stanovisek od skenovaného objektu neměla výrazně přesáhnout 50 m.

Jestliže jsou zvolena stanoviska, lze přistoupit ke skenování. Pro práci se skenerem slouží skenovací modul Cyclone – Scan, po jeho spuštění se objeví základní okno Navigátoru. V něm se pod položkou *Scanners* nachází aplikační okno pro obsluhu skeneru. Měření začíná navázáním komunikace mezi notebookem a skenerem a výběrem projektu, do kterého se bude skenovat. Pomocí zabudované kamery se vytvoří snímek. Jelikož přístroj nemá hledáček, směr skenování lze předem nastavit jen přibližně, tudíž první náhled většinou slouží k doladění nasměrování skeneru. Na další fotografii se pomocí ohrady definuje oblast skenování a nastaví se hustota skenu (tj. počet skenovaných bodů v řádku a sloupci zadané oblasti skenování).

Pokud jsou v zájmové oblasti umístěny terče, přístroj je po ukončení měření doskenovává s větší hustotou. V pohledovém okně je třeba ručně vyznačit jejich přibližné polohy a zadat identifikační čísla.

#### 3.2.3. REGISTRACE

Každé mračno bodů je skenováno v místním souřadnicovém systému skeneru. Při registraci program vypočte transformační klíč a natransformuje všechna mračna bodů do společného souřadnicového systému.

Pokud jsou geodeticky zaměřeny vlčovací body, z textového souboru (formát ID, -Y, -X, Z) se jejich souřadnice naimportují se do prázdného *ScanWorld*. Během registrace se tento sken zvolí za referenční, mračna se natransformují do souřadnicového systému tohoto skenu.

Pro vzájemné spojení mračen musí být v překrytových částech minimálně tři vlíčovací prvky. Vzhledem k tomu, že registrační licence dovoluje modelovat základní matematicky definovatelné tvary objektů, vlíčovacími prvky nemusí být jen terče, ale i vymodelované části mračna. Po vytvoření vazeb následuje výpočet transformačního klíče a jsou vypočteny chyby jednotlivých vazeb. V případě, že některá z vazeb vykazuje nepřiměřené odchylky a vazeb je nadbytečný počet, lze ji vypustit a transformační klíč přepočítat. Při registraci se vytvoří *ModelSpace* obsahující všechna zaregistrovaná mračna.

#### 3.2.4. ZPRACOVÁNÍ DAT

Všechny možnosti modelování jsou obsaženy v modulu pro modelování. Obecně platí, že jeden den skenování odpovídá přibližně čtyřem dnům základního modelování. Program Cyclone obsahuje množství funkcí umožňujících práci s mračnem, které jsou detailně popsány v [2]. Mezi často využívané funkce patří automatické modelování geometrických struktur, tvorba trojúhelníkových sítí, kreslení polylinií, výpočet ploch a kubatur, měření vzdáleností mezi jednotlivými body, atd.

V následujících odstavcích jsou uvedeny funkce používané při tvorbě drátového modelu Karlova mostu.

**Kopie ModelSpace** se utvoří příkazem *Copy Selection/Fenced to New ModelSpace*, kopírovaný prvek se otevře v novém okně (Copy of ModelSpace).

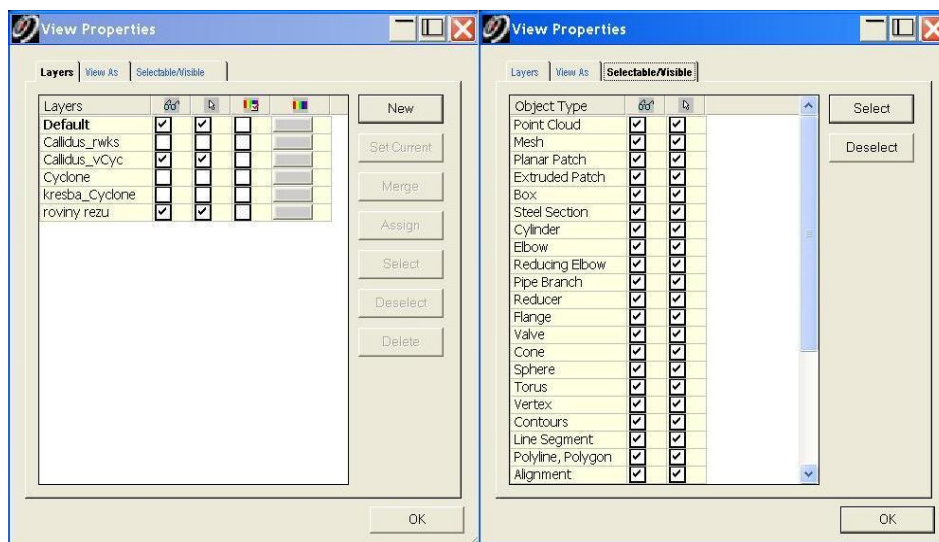
**Segmentace** - tj. výběr části mračna bodů odpovídajícího konkrétnímu objektu oříznutím nepotřebných bodů pomocí ohrady.

Při **modelování geometrických tvarů** (roviny, válce, koule apod.) existují tři základní principy tvorby prvku:

- Grow – využívá maximální automatizace, operátor pouze označí jeden bod objektu a určí, jaký typ objektu se má vložit
- Fit – operátorem je předpřipraven výřez mračna bodů odpovídající konkrétnímu objektu a segmentovaným částí mračna je objekt proložen
- Insert – vkládá objekty bez návaznosti na mračno bodů

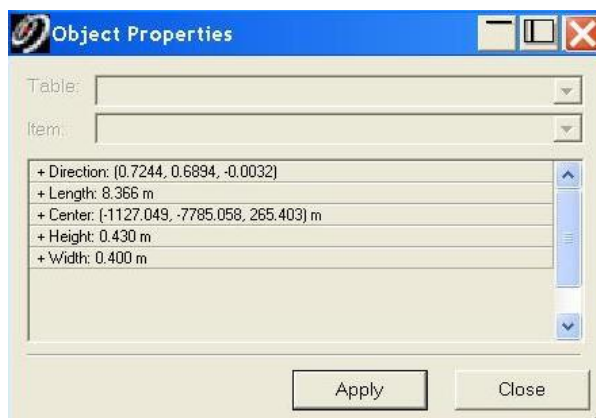


**Selekci** mračna, případně prvku, lze provést třím způsobem: výběrem objektu funkcí *Pick mode*, selekcí pomocí obdélníkové či nepravidelné ohrady a výběrem dle vrstvy či typu objektu v menu *View Properties* (obr. č. 3.4)



Obr. č. 3.4: Práce s vrstvami v Cyclone

**Změna vlastností prvku** – Program neumožňuje vytvoření prvku konkrétní velikosti, tímto příkazem lze editovat rozměry vytvořených geometrických těles.



Obr. č. 3.5: Změna vlastností prvku

Při **2D kreslení ve 3D**, tzn. tvorbě linií a polylinií se označí body, kterými má linie vést, a poté se linie vykreslí. Druhou možností je kreslení linií nezávisle na bodech do předem nadefinované roviny.

**Nadefinování referenční roviny kreslení** - rovinu lze vložit do jedné z souřadných os, do pohledu, na objekt, apod.

### **3.3. LASEROVÝ SKENOVACÍ SYSTÉM CALLIDUS**

#### **1.1 - PARAMETRY A PŘÍSLUŠENSTVÍ**

Celý systém je tvořen laserovým skenerem, řídicím počítačem s ovládacím programem LMS, stativem, elektrickým zdrojem a kabely - viz obr. č. 3.6.

Systém Callidus 1.1 je panoramatický skener s praktickým dosahem měření 32 m. Přístroj kombinuje data z bezkontaktního dálkoměru, snímače úhlů a snímače sklonu, z nichž počítá prostorové souřadnice snímaných bodů. Vzdálenost určuje pomocí tranzitního času. Zorné pole skeneru je  $360^\circ \times 180^\circ$ . Krok úhlu ve směru horizontálním lze zvolit z možností  $0,0625^\circ$ ,  $0,125^\circ$ ,  $0,25^\circ$ ,  $0,5^\circ$  a  $1,0^\circ$ , posun je zajištěn pomocí servomotorů, které rotují s hlavou skeneru. S každým krokem laser snímá vertikální rovinu v rozsahu  $130^\circ$ , posun laserového paprsku ve vertikálním směru umožňuje rotující zrcátko. Minimální úhel ve vertikálním směru lze volit pouze ze tří možností -  $0,25^\circ$ ,  $0,5^\circ$  a  $1,0^\circ$ . Maximální počet bodů naměřených s krokem úhlu  $0,25^\circ$  v obou osách je 1 111 782. Skener využívá infračerveného laseru o vlnové délce 906 nm, zařazený do 1. bezpečnostní třídy. Lze s ním měřit za jakýchkoliv světelných podmínek. V závislosti na vzdálenosti objektu od skeneru dosahuje Callidus řádově milimetrové přesnosti při dosahu do 32 m, centimetrové při dosahu 80 m a decimetrové s dosahem 100 m. Rychlost měření je 2700 bodů za sekundu. Skener lze upevnit na stativ, či pomocí stavitelných nožiček postavit přímo na pevnou podložku (viz. obr. č. 3.6 vpravo).



Obr. č. 3.6: Laserový skenovací systém Callidus 1.1

V přístroji je zabudována CCD kamera s dvanáctinásobným zoomem, pomocí níž skener snímá panoramatické fotografie skenovaných objektů a detailů. Snímky jsou ukládány do souboru s příponou \*. *LMF*, mračno bodů do souboru \*.*LMS* a informace o terčích ve formátu \*.*PRP*.

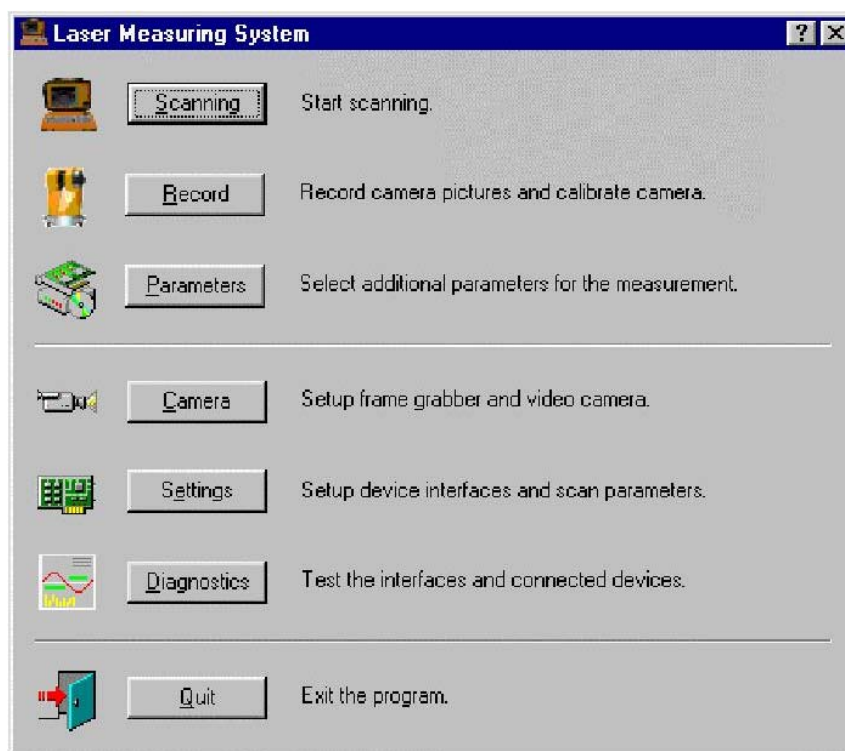
K signalizaci identických bodů využívá odrazné hranoly. Jeho hmotnost je 13 kg a je napájen z externí baterie.

Uvedené informace byly získány v [3] a [11].

## 3.4. SOFTWARE LMS – PRÁCE V TERÉNU

Stejně jako při měření LSS Cyrax 2500, vlastnímu skenování objektu předchází rekognoskace a předběžné rozvržení stanovisek.

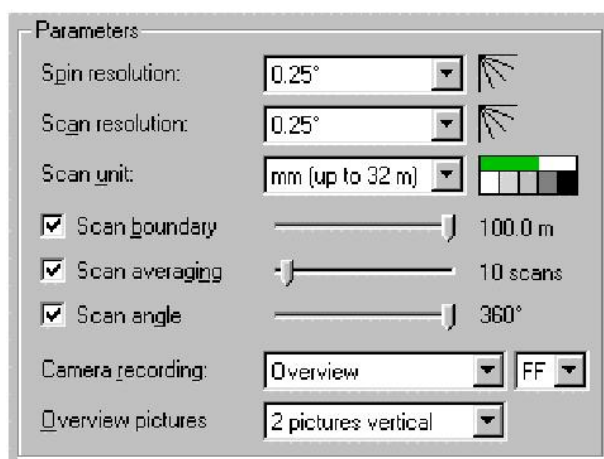
Samotné měření je řízeno pomocí notebooku v programu **Laser Meß System (LMS)**, který funguje pod operačním systémem Windows 98SE. Po spuštění se otevře hlavní dialogové okno, které obsahuje několik možností voleb. Při skenování se využívají hlavně první tři menu *Scanning*, *Record* a *Parameters*.



Obr. č. 3.7: Základní okno programu LMS

---

V menu *Parameters* se před zahájením skenovacího procesu nadefinuje adresář a název skenu, případně lze nastavit i další parametry měření - velikost kroku vodorovného a svislého posunu, pracovního dosahu a z něj vyplývající řádovou přesnost měření. Dále se volí hraniční hodnota (měření za touto hranicí nejsou zaznamenána), počet měření délky v každém bodě (výsledná vzdálenost je aritmetickým průměrem dílčích hodnot) a nadefinováním horizontálního a vertikálního úhlu velikost zorného pole. Digitální kamerou jsou pořizovány panoramatické snímky, jejichž parametry lze přenastavit – viz. [3].



Obr. č. 3.8: Nastavení parametrů skenování v LMS

Při skenování LSS Callidus nasnímá vodorovnou pozici skeneru, poté se přesune o krok ve vodorovné rovině a provede další měření. Toto opakuje dokud se nezaměří celé zadané zájmové území. Po dokončení skenování program uloží vytvořené soubory a pomocí servomotoru nastaví laserové snímací zařízení a videokameru do výchozí polohy, čímž je přístroj připraven pro další užití.

V programu lze aktivovat měření intenzity. Provádí se po ukončení skenování, pro každý již naskenovaný bod do vzdálenosti 8 m je změřena a uložena jeho intenzita.

Pokud je v programu nadefinováno, že v zájmové oblasti jsou odrazné hranoly, skener je identifikuje na základě odrazu s vyšší intenzitou. Rozpoznané oblasti jsou po ukončení skenování znovu skenovány s vyšším rozlišením. Lze je též naskenovat před vlastním zaměřením objektu. Skenování terčů probíhá ve dvou krocích. Nejprve je hranol vyhledáván s relativně hrubým rozlišením, a poté naskenován s vyšším rozlišením. Rozlišení pro hledání a skenování hranolů lze nastavit.

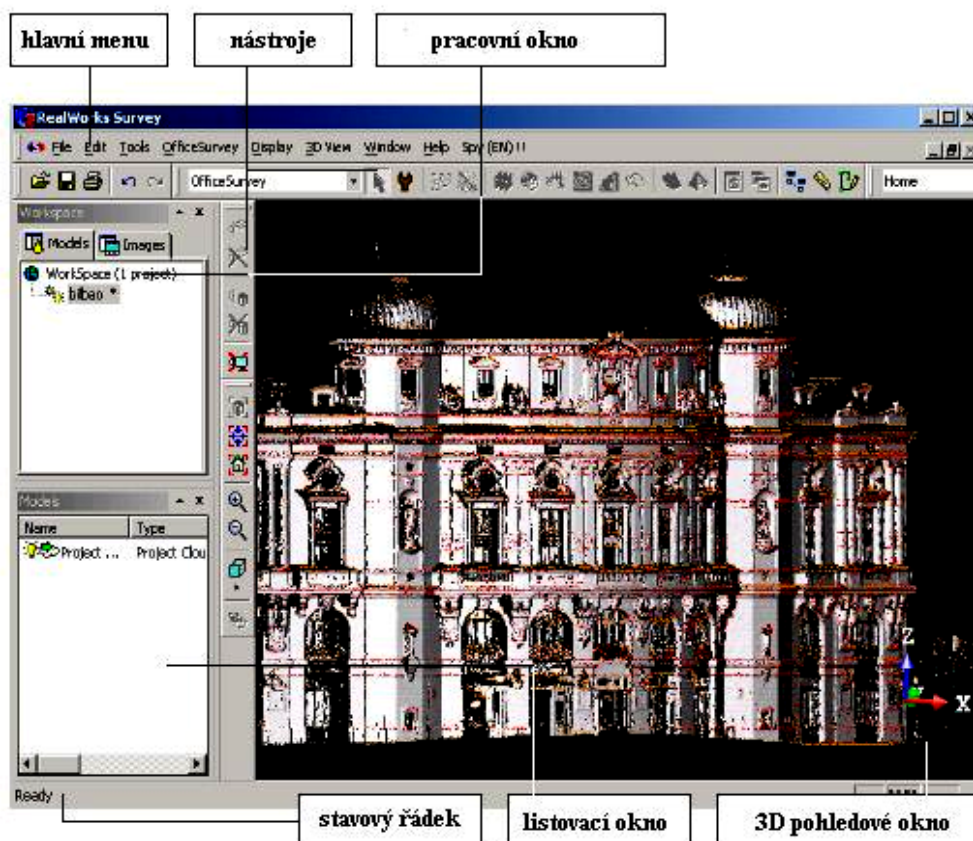
### 3.5. SOFTWARE REALWORKS

Firma Trimble dodává software 3DExtractor, který pracuje pouze s daty pořízenými systémem Callidus. Jelikož v době zadání diplomové práce neměla škola platnou licenci pro tento program, bylo rozhodnuto, že pro zpracování dat bude použit modelovací software RealWorks Pro Version. Software obsahuje funkce pro manipulaci s mračnem (rotaci, translaci a zoom), jejich vizualizaci a základní zpracování dat.

Po spuštění aplikace se otevře okno, které je děleno na několik částí – viz obrázek č. 3.9.

Prvním krokem je založení projektu, jenž je tvořen ze tří souborů:

- \*.*RWP* – soubor představující projekt
- \*.*RWC* – soubor obsahující databázi mračen bodů
- \*.*RWI* – soubor obsahující skenerem pořízené snímky



Obr. č. 3.9: Pracovní prostředí RealWorks

Hlavní menu obsahuje dva základní režimy – *Registration* či *OfficeSurvey*. První z nich se využívá pro spojení naskenovaných mračen bodů do jednoho celku, v *OfficeSurvey* jsou data zpracovávána.

*WorkSpace Window* slouží k hierarchickému uspořádání dat do tzv. *Project Tree*. Toto okno je tvořeno čtyřmi podsložkami (skeny, snímky, terče a modely) a každá z nich slouží k organizaci jiného typu dat. Každý objekt je identifikován pomocí ikony, jména a dalších vlastností.

#### 3.5.1. REGISTRACE

K spojení dvou mračen slouží nástroj *Registration*. Mračna lze registrovat pomocí terčů, bodů mračen, či lze provést registraci do známého souřadnicového systému.

Registrace s užitím terčů (*Target-Based Registration Tool*) se využije v případě dostatečného počtu naskenovaných vlíčovacích bodů (minimálně 3 VB společné pro oba skeny). Zvolí se dvě stanoviště, definují se terče a program provede výpočet registrace a vytvoří protokol vypovídající o kvalitě registrace.

V případě, že nejsou VB zaměřeny, volí se registrace pomocí společných bodů mračen – tzv. *Cloud-Based Registration Tool*. Na základě selekce identických bodů je vypočtena počáteční registrace a mračna jsou na sebe natransformována.

Poslední způsob registrace umožňuje transformaci mračna, případně více mračen, do známého souřadnicového systému. K tomuto účelu slouží *Geo-Referencing Tool*. Minimálně třem vybraným bodům mračna (terčům) se přiřadí známé souřadnice, program vypočte transformační klíč, provede transformaci pomocí MNČ a v tabulce se zobrazí odchylky na jednotlivých vlíčovacích bodech.

#### 3.5.2. ZPRACOVÁNÍ DAT

Program obsahuje funkce umožňující např. tvorbu řezů, vrstevnic, ortofot, kreslení polylinií, výpočet objemů a tvorbu trojúhelníkových sítí. Umožňuje export do různých formátů (\*.DGN, \*.DXF, \*.MAC, \*.OBJ, \*.VRML, atd.).

Pro tvorbu drátěného modelu, byly využity tyto funkce:

**Segmentace** - pomocí níž lze mračno rozdělit na jednotlivé logické celky a je samostatně zobrazovat.

**2D kreslení** - vykreslení linií pomocí snapu na body mračna.

**Měření** - měření základních veličin (úhel, vzdálenost dvou bodů, prostorové souřadnice, orientace) v naskenovaném mračnu

Více informací o možnostech zpracování dat v programu RealWorks pojednává [4].