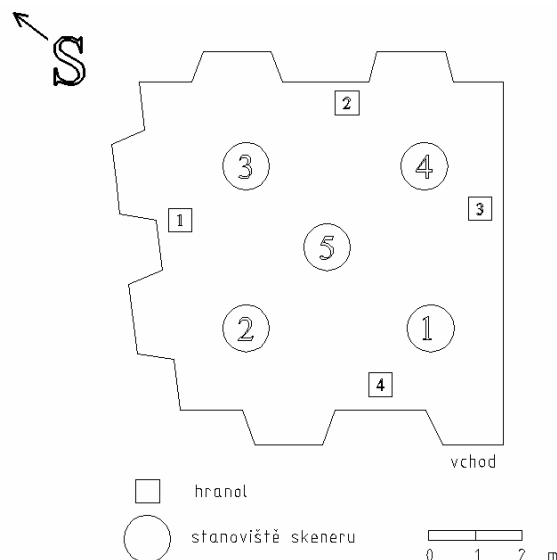


6 Vlastní práce na projektu

6.1 Měření v terénu

Měření bylo provedeno dne 18.11.2005 v sále v prvním patře (kde se nachází pozdně-gotická klenba) Popovické tvrze u Benešova. Pro zaměření klenby bylo zvoleno pět stanovišek tak, aby byla zaměřená celá plocha klenby, tedy aby všechny části klenby byly alespoň na jednom skenu. Hustota bodů byla dostatečná, a to nejen díky velkým překrytovým oblastem jednotlivých skenů. Hranoly byly také zaměřeny totální stanicí Trimble DR 3606 (její poloha byla uprostřed trojúhelníku tvořené stanovišti skeneru č.2, 3 a 5; její poloha není na náčrtu zobrazena, protože nakonec její měření nebylo využito pro spojení mračen).



Obr. č. 6.1 - Schematický náčrt volby stanovišť skeneru a umístění hranolů

Před spuštěním vlastního skenování se nejprve musely v programu Laser Measuring System nastavit tyto parametry v menu Parameters: velikost kroku úhlového posunu (skenovací rozlišení); pracovní dosah a z něj vyplývající přesnost měření; maximální vzdálenost (měření za touto hranicí nejsou zaznamenána); počet měřených délek k jednomu bodu (výsledná vzdálenost je aritmetickým průměrem změřených hodnot); velikost horizontálního zorného pole a parametry pořizování panoramatických snímků (jejich počet atd.).

V menu Scanning se v podmenu (mimo jiné) dají nastavit parametry přesného vyhledání a zaměření odrazných hranolů. Důležité z těchto parametrů jsou: velikost horizontálního a vertikálního pole, ve kterém má skener hledat hranoly; rozlišení skenování hranolu a jeho nejbližšího okolí v případě, že skener hranol detekuje; skenování intenzity odraženého záření (volitelný parametr).

6 Vlastní práce na projektu

Samotný postup skenování na každém stanovisku se dá shrnout do několika kroků. Po urovnání skeneru, nastavení hranolů a nastavení parametrů v programu Laser Measuring System lze skenování rozdělit do tří skupin:

- 1) vyhledání hranolů, jejich přesné doměření a výpočet jejich polohy (s možností vyřazení „falešných“ hranolů);
- 2) změření intenzity záření odraženého od jednotlivých bodů;
- 3) vlastní skenování a pořízení panoramatických snímků.

Pořadí těchto bodů je orientační, lze jej měnit a případně ještě přidat měření navíc (například měření azimutu k severu).

Všechny skeny byly pořízeny se stejnou velikostí kroku úhlového posunu (skenovacím rozlišením) jak ve směru horizontálním, tak i ve směru vertikálním, tedy $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Na stanovisku č.5 byl změřen navíc ještě jeden sken (č.6) se skenovacím rozlišením $0,0625^\circ \times 0,25^\circ$.

Sken č.1 (A a B)*	hodnota
velikost kroku úhlového posunu (horizontální, vertikální)	$0,25^\circ \times 0,25^\circ$
pracovní dosah a z něj vyplývající přesnost měření	32 m, mm
maximální vzdálenost od skeneru nastavena na	12 m
počet měření délky pro jednotlivý bod	5
velikost horizontálního zorného pole	360°
parametry pořizování panoramatických snímků (počet)	4 x 12 (tj. po 30° horizontálně)
velikost horizontálního a vertikálního pole pro vyhledávání hranolů (horizontálně x vertikálně)	různé x 90° až 120°
podrobnost skenování hranolu a jeho okolí (čtvercová pravidelná síť)	$0,0018^\circ$
skenování intenzity	ano

Tabulka č. 6.1 - Nastavení LSS Callidus 1.1 pro sken č.1

*Při skenu A bylo navíc skenování intenzity, při skenu B bez intenzity a bez vyhledání a zaměření odrazných hranolů

Sken č.2,3,4,5	hodnota
velikost kroku úhlového posunu (horizontální, vertikální)	$0,25^\circ \times 0,25^\circ$
pracovní dosah a z něj vyplývající přesnost měření	32 m, mm
maximální vzdálenost od skeneru nastavena na	12 m
počet měření délky pro jednotlivý bod	5
velikost horizontálního zorného pole	360°
parametry pořizování panoramatických snímků (počet)	4 x 12 (tj po 30° horizontálně)
velikost horizontálního a vertikálního pole (pro vyhledávání hranolů)	různé x 90° až 120°
podrobnost skenování hranolu a jeho okolí (čtvercová pravidelná síť)	$0,02^\circ$
skenování intenzity	ne

Tabulka č. 6.2 Nastavení LSS Callidus 1.1 pro sken č.2 až 5

Sken č.6	hodnota
velikost kroku úhlového posunu (horizontální, vertikální)	0,0625° x 0,25°
pracovní dosah a z něj vyplývající přesnost měření	32 m, mm
maximální vzdálenost od skeneru nastavena na	12 m
počet měření délky pro jednotlivý bod	5
velikost horizontálního zorného pole	360°
parametry pořizování panoramatických snímků (počet)	4 x 12 (tj po 30° horizontálně)
velikost horizontálního a vertikálního pole pro vyhledávání hranolů (horizontálně x vertikálně)	různé x 90° až 120°
podrobnost skenování hranolu a jeho okolí (čtvercová pravidelná síť)	0,02°
skenování intenzity	ne

Tabulka č. 6.3 - Nastavení LSS Callidus 1.1 pro sken č.6

pořízení jednoho skenu při skenovacím rozlišení 0,25° x 0,25° (bez skenování intenzity)	cca 15 min
pořízení jednoho skenu při skenovacím rozlišení 0,0625° x 0,25°	cca 30 min
vyhledání hranolů a výpočet jejich středu (grid 0,0018°)	cca 15 min
vyhledání hranolů a výpočet jejich středu (grid 0,02°)	cca 5 min
skenování intenzity odraženého záření	cca 15 min

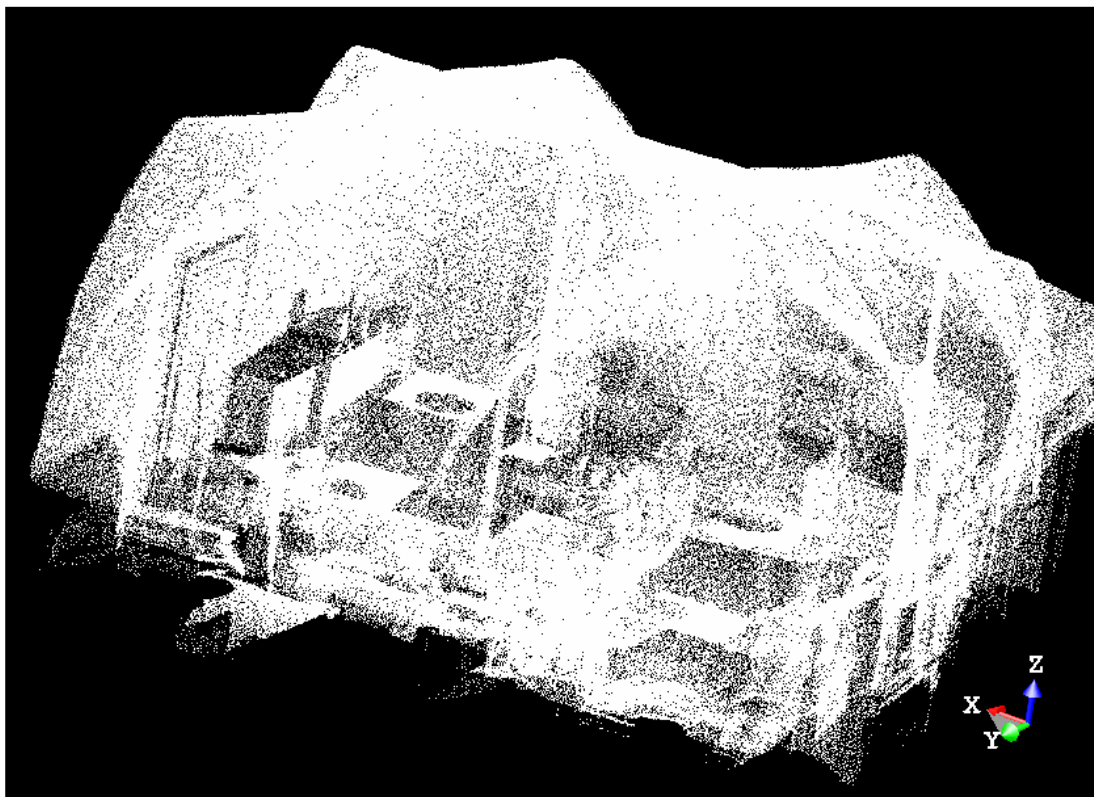
Tabulka č. 6.4 - Přibližné časy jednotlivých úkonů provedených při skenování

Výsledek skenování je uložen do 3 druhů souborů, a to: .lms, který obsahuje údaje o neskenovaných bodech, .lmf, který obsahuje panoramatické foto skenované oblasti a .prp, který obsahuje informace o poloze detekovaných hranolů.

6.2 Spojení skenů (registrace)

Pro vytvoření jednotného mračna bodů byly nakonec použity pouze skeny č. 1.B, 2, 3 a 4. Ostatní skeny nebyly použity, protože jednak hustota bodů byla dostatečná (celkový počet bodů přesahoval 2 miliony), sken č.6 měl různé vertikální a horizontální rozlišení, sken č.5 zaměřil oblasti pokryté všemi ostatními skeny a nakonec sken č.1A byl vyloučen, protože byl duplicitní.

Jednotlivé skeny jsem chtěl spojit pomocí podobnostní transformace přes vlčovací body (hranoly), které byly vyhledány skenerem a taktéž zaměřeny totální stanicí (šlo o 4 body, na obr. č. 6.1 označeny jako 1 až 4). Pro tento úkol se jevil software 3D-Extractor, což je produkt výrobce Callidus 1.1, jako nejvhodnější. 3D-Extractor umožňuje registraci přes skenerem vyhledané hranoly (minimální počet 3 body, mnou použity 4). Pokud je nadbytečný počet bodů, dojde k vyrovnání (s vysokou pravděpodobností MNČ, tajemství výrobce software). Jenže při „registraci“ v 3D-Extractor v jednom okamžiku manuál tvrdil něco, co ve skutečnosti nešlo provést a celá procedura spojování skenů zůstala na mrtvém bodě.



Obr. č. 6.2 - Spojené „nevyčištěné“ mračno bodů

Žádný jiný software než 3D-Extractor informace o skenech (tedy informace o poloze hranolů, který je součástí formátu .lms) neotevře, a proto jsem se obrátil na ing. Bronislava Kosku, který vytvořil program pro výpočet 3D podobnostní transformace. Při této transformaci vzniklo tedy mračno složené ze 4 skenů. Skeny byly transformovány do globálního systému definovaného tak, že počátek byl reprezentován polohou totální stanice a osa x zvolena do směru na hranol č.1. Při výpočtu nastaly tyto komplikace:

1. Délky měřené dálkoměrem byly o konstantní hodnotu delší.

Řešení: Po proměření hranolu na základně zjištěno, že minihranol od firmy Zeiss má (při použití totální stanice Trimble DR 3606) konstantu hranolu - 30 mm.

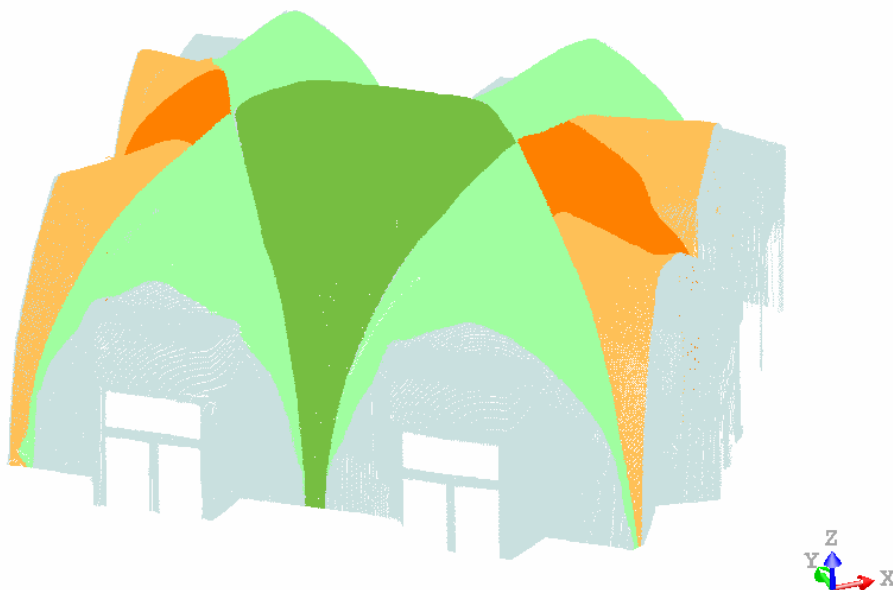
2. V globálním systému nesmyslně vůči sobě natočené skeny.

Řešení: Bylo zjištěno, že skener Callidus ukládá vodorovné úhly (v souboru formátu .prp) vztahované k ose y a navíc že je to matematicky definovaný systém (opačná orientace než u systému S-JTSK).

Po vyřešení těchto dvou problémů bylo konečně vytvořeno jedno globální mračno bodů (č.1). Další práce byly prováděny v programu Realworks Survey (RS). Nejdříve bylo třeba zbavit se bodů odražených od předmětů, které s klenbou neměly nic společného (pohovky, židle, řetězy visící od stropu atd.). To jsem provedl manuálně, protože u tak různorodého objektu, jako je klenba, veškeré filtrační algoritmy selhávají, respektive nemůže být ani žádný algoritmus naprogramován, protože jedině zpracovatel ví (např. z fotografií), zda výstupek (např. lustr – nežádoucí nebo plastika lilie – žádoucí) má v modelu zůstat nebo ne. Data jsem neredukoval (např. prostorovým filtrem - spatial filter – který filtruje data na

základě maximální vzdálenosti budoucích sousedních bodů), protože jsem chtěl mít co nejvěrnější a nejpočetnější (co se bodů týče) vzorek pro prokládání mračna primitivy. Také jsem odřízl spodní část celého sálu (až na úroveň, kde začíná vlastní klenba vystupovat ze stěn) ve výšce 1,25 m od podlahy. Učinil jsem tak proto, že při skenování bylo v sále do této výšky mnoho předmětů (a tedy málo bodů reprezentovalo skutečně stěny) a také proto, že dokumentace se týká pouze klenby.

Bohužel při bližším zkoumání relativně rovné stěny bylo zjištěno, že její „tloušťka“ byla větší než byla očekávaná přesnost. Provedl jsem vodorovný řez mračnem (ve skutečnosti vodorovná vrstva bodů o tloušťce 5 mm), ve kterém bylo vidět, že „tloušťka“ stěny (neboli vodorovná vzdálenost mezi krajními body) je někdy dokonce 6 cm. Z tohoto důvodu jsem registraci provedl (mnohem méně pracněji) pomocí registrace přes společné (překrytové) části mračna v programu Geomagic Studio (menu Tool/Registration/Manual Registration),



Obr. č. 6.3 - Upravené mračno bodů (barevně odlišené části klenby)

s globální směrodatnou jednotkovou odchylkou transformace 1,1 cm. Transformace je založena na metodě nejmenších čtverců, při které se počítá nejmenší průměrná vzdálenost mezi spojovanými mračny (označí se přibližně tři identické body v mračnech a algoritmus dopočítá co nejlepší „napasování“ mračen do sebe, ukazatel kvality spojení mračen může být směrodatná odchylka jednotková (globální) anebo např. průměrná vzdálenost obou mračen). Během transformace se bohužel nevytváří žádný protokol. Důkazem lepšího výsledku je tabulka č. 6.5., v níž jsou výsledky proložení stejných částí dvou relativně rovných stěn rovinou. Z maximální absolutní chyby např. vyplývá, že teoretická „tloušťka“ stěny v některých místech (globální mračno (č.1)) byla až 8 cm, zatímco u globálního mračna (č.2) jen 4,2 cm. U tohoto globálního mračna (2) jsem opět provedl stejné manuální úpravy jako s předchozím mračnem (č.1). Velikosti směrodatné jednotkové odchylky korespondují s výrobcem udávanou směrodatnou odchylkou délky skeneru

Callidus, nicméně současná teorie ani dostupné software nástroje dosud neumožňují jednoznačně statistickým testem prokázat příslušnost zaměřeného mračna ke geometrickému tělesu. Jinými slovy, směrodatné odchylky slouží jen k relativnímu posouzení přesnosti (neboli ke zjištění, že plocha s menší směrodatnou jednotkovou odchylkou je s větší pravděpodobností proloženým tělesem), jejich vypovídající absolutní hodnota je neznámá. Tato teze platí pro všechny níže udávané směrodatné jednotkové odchylky proložených těles.

Cyclone/SPATFIG

Globální mračno (č.1) - Registrace provedená přes hranoly

Část stěny u výseče	počet bodů	σ [m]	max a.ch.[m] *
č.6	37461	0,010	0,039
č.7	36160	0,011	0,040

Globální mračno (č.2) -

Registrace provedená přes společné (překrytové) části mračna

Část stěny u výseče	počet bodů	σ [m]	max a.ch.[m] *
č.6	33938	0,005	0,016
č.7	36160	0,005	0,021

* maximální absolutní chyba (max. vzdálenost bodu od proložené roviny)

Tabulka č. 6.5 – Výsledky testování globálních mračen (proložením rovin částmi stěn), σ - směrodatná jednotková odchylka

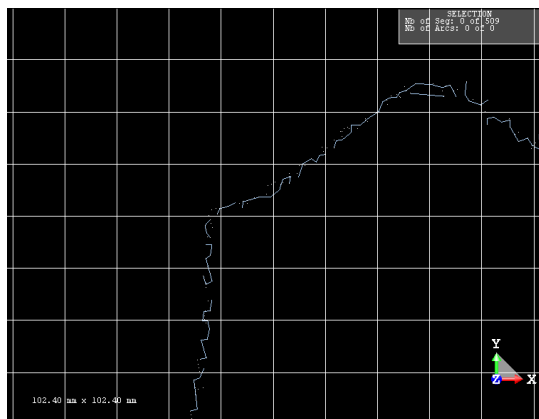
6.3 Vrstevnicový model

Pro první seznámení s klenbou a zjištění její některých detailů slouží již samotné mračno bodů. Nicméně dalším krokem pro její dokumentaci a pro lepší zjišťování jejího geometrického tvaru a postupu stavby bylo vytvoření vrstevnicového modelu. Model byl vytvořen opět v programu Realworks Survey pomocí nástroje „cutting plane tool“, které „nařeže“ označené mračno (nebo jeho část) na vodorovné vrstvy, jejichž tloušťku a odstup si uživatel zvolí. Vrstvami se následně dají prokládat linie (nástroj 2D-Easyline tool).

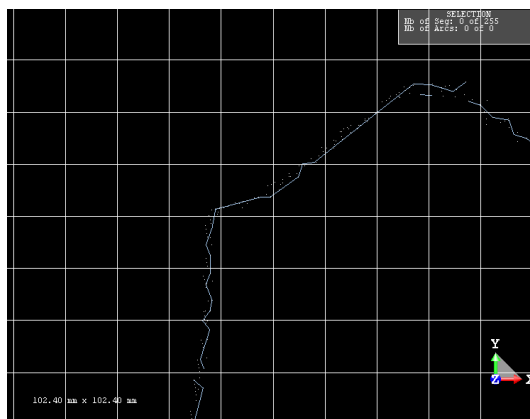
Model byl zpracováván bez výklenků pro okna a dveře (výklenky v půdorysu), protože byly dostaveny v baroku a nejsou předmětem dokumentace. Klenba byla rozdělena na tři části (souhlasí s rozdělením na neckové části a centrální valenou klenbu), a tím i vrstevnice na tři skupiny. Základní interval vrstevnic byl zvolen 10 cm, ale posléze byl doplněn v neckových částech a v horních partiích valené klenby (pro zjištění více detailů), takže nakonec byl 5 cm. Vrstevnice po půl metru a po 10 centimetrech jsou barevně odlišeny (viz obr. č. 6.6). Vrstvy kterými se prokládaly linie, byly o různé tloušťce – 5, 2 a 1 mm. Ve svislejších partiích 5 mm (protože zde v menší tloušťce bylo málo bodů pro vystižení tvaru vrstevnice), a tam, kde řez procházel skoro již vodorovnou částí klenby (blízko vrcholu), byla zvolena tloušťka 1 mm. Samotné proložení nařezaných částí mračna vrstevnicemi bylo poměrně náročné. Sice nástroj 2D-Easyline tool je automatický, ale jen do určité míry. Pro věrný tvar vrstevnic bylo potřeba do automatického procesu vstupovat

6 Vlastní práce na projektu

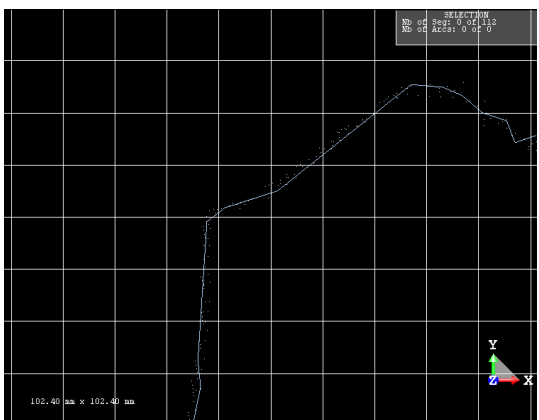
a každou vrstevnici ručně editovat. 2D-Easyline tool má více parametrů, které se dají volit, nicméně nejdůležitějším byl threshold (práh). Jeho hodnota rozhodovala mezi přílišnou generalizací na jedné straně a nespojitostí a přílišnou podrobností vrstevnice na straně druhé, ale stejně bylo vždy potřeba editace a konečný tvar byl dán zkušeností vyhodnocovatele. Více již řeknou obrázky (obr.č. 6.5).



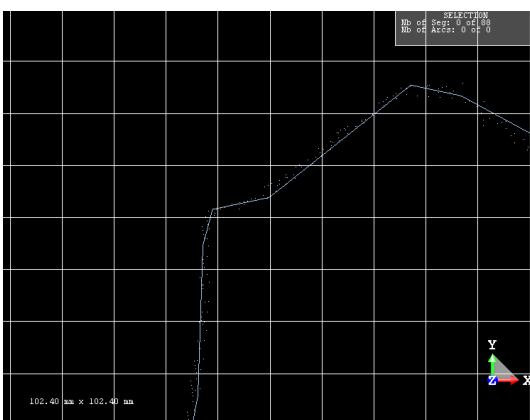
1 mm



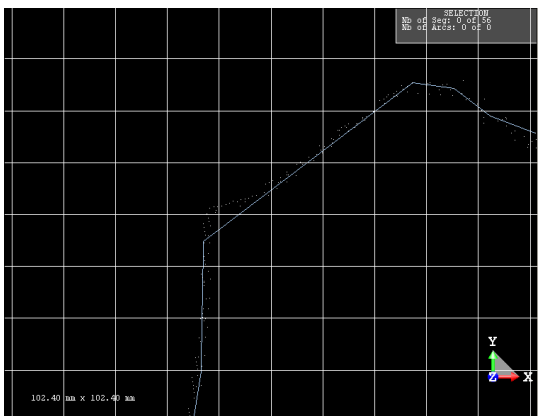
2 mm



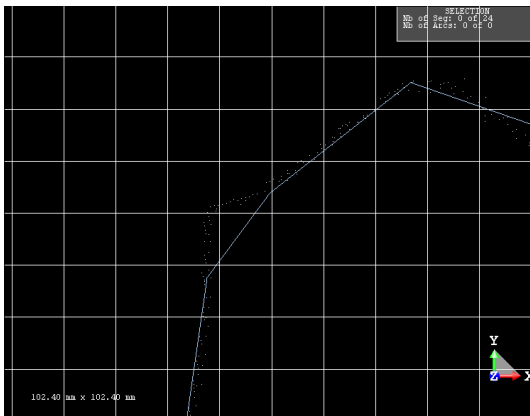
4 mm



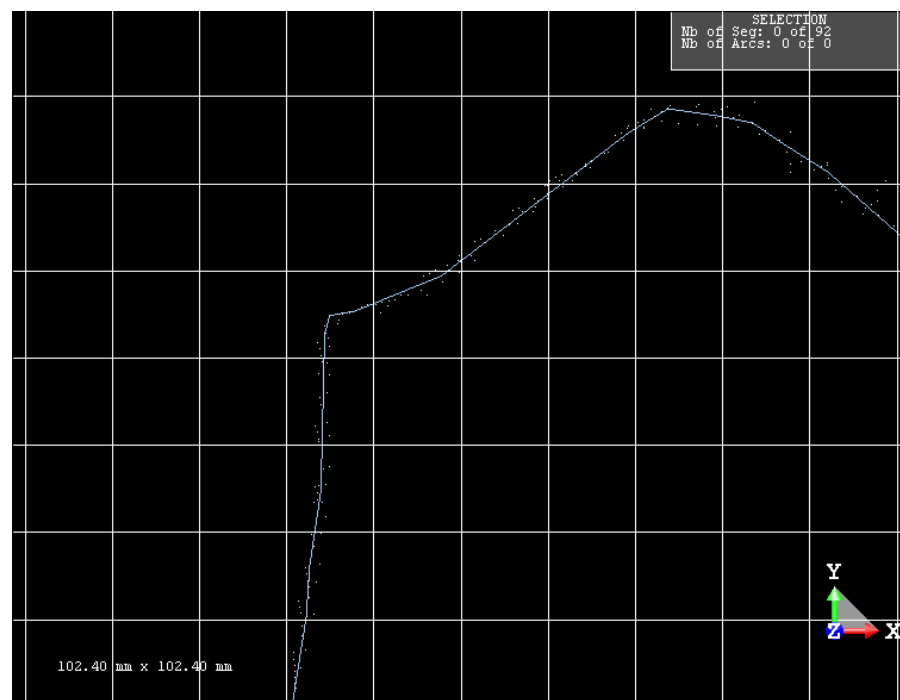
5 mm



8 mm

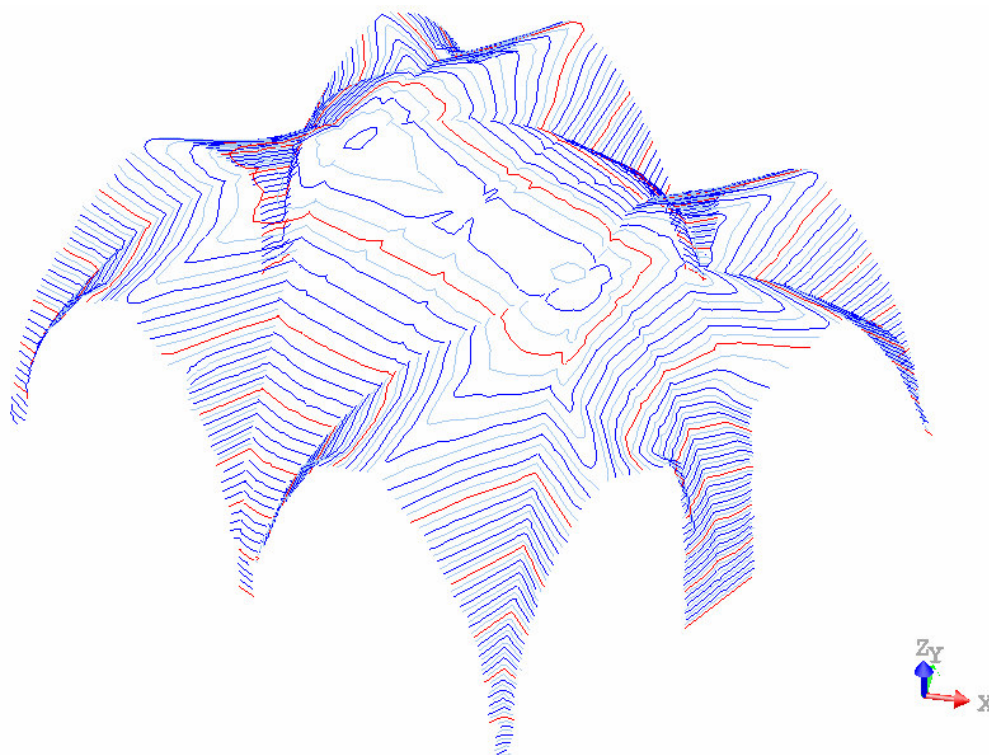


16 mm



5 mm a editace

Obr. č. 6.5 - Realworks Survey – 2DEasyline tool – různé hodnoty parametru threshold (rozměr mřížky 102.4 mm x 102.4 mm)

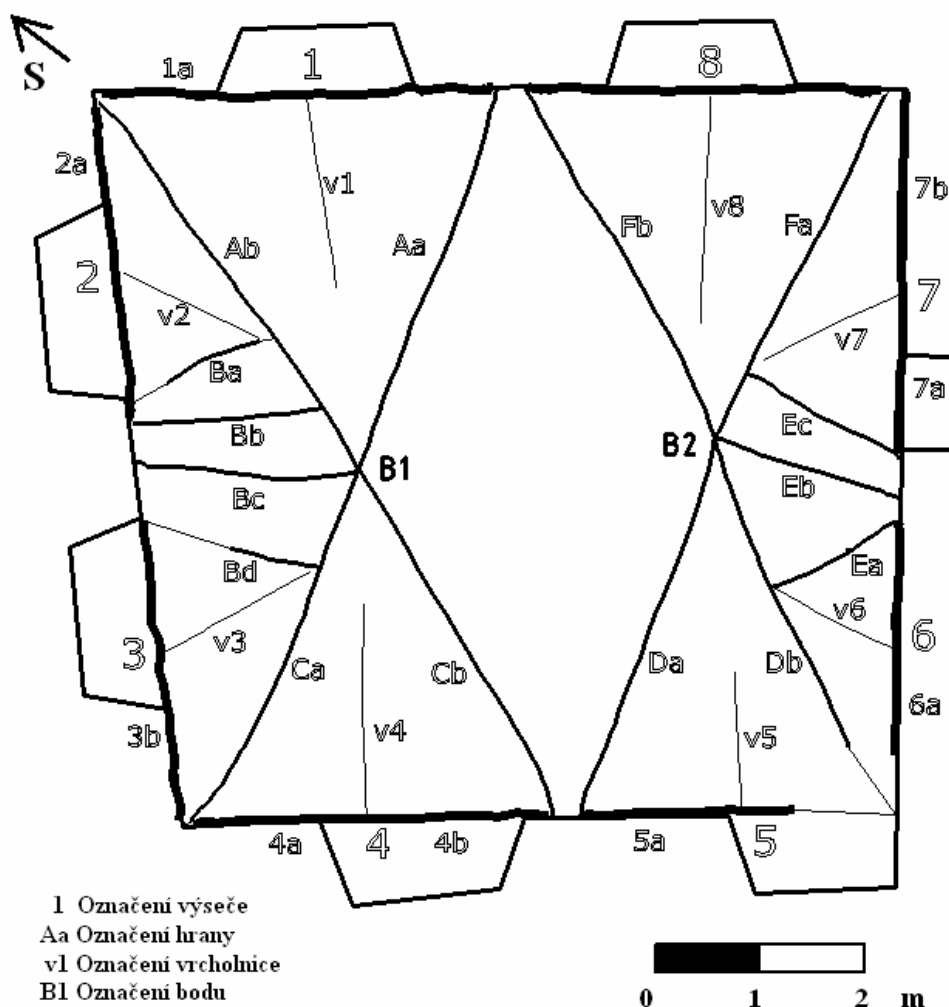


Obr. č. 6.6 - Realworks Survey -Vrstevnicový model

6.4 Drátový model

Pro zvýraznění a určení hlavní geometrie, nebo-li nejdůležitějších hran, jsem zhotovil drátový model klenby. Model je opět vytvořen v programu Realworks Survey. Jeho součástí jsou důležité hlavní konstrukční hrany, čela a vrcholnice výsečí. Všechny tyto křivky byly vytvořeny nástrojem „polyline drawing tool“. Tento nástroj umožňuje sestavení pouze „polylines“ (na sebe navazujících úseček), nicméně při volbě délky úseček dostatečně krátkých se „polyline“ v menším měřítku jeví jako křivka. Body „polylines“ jsem volil ručně, s co největší pečlivostí (není takto snadné sestavit křivku v 3D, vyžaduje to hodně kontrolních pohledů z různých stran a následných editací).

Hrany a čela výsečí jsem takto sestavil po předchozím zjišťování jiných variant. Tento způsob jsem zvolil také proto, že skutečný tvar hran atd. se jen vzdáleně podobá jednoduchým 2D útvarům (elipsa, kruh - tedy jak by hrany vypadaly, kdyby byla klenba postavena bez chyb) a také proto, že v RS lze najednou v jednu modelů zobrazit jak vrstevnice tak křivky (nemluvě o mračně bodů). Například Cyclone sice umožňuje konstrukci křivek (splines), ale jejich tvar dostatečně nekopíroval skutečný průběh hrany

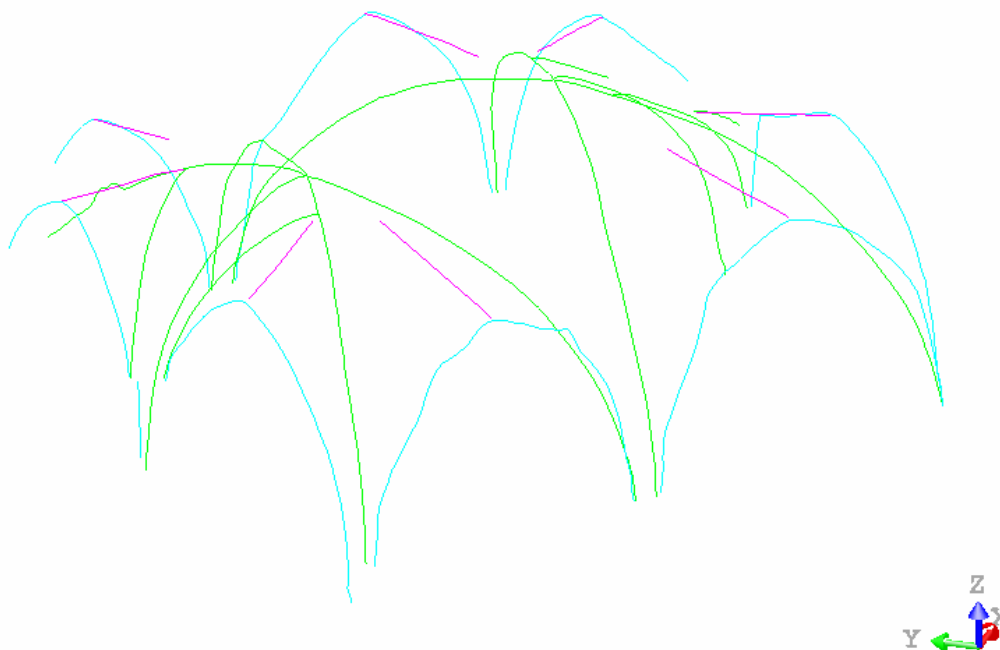


Obr. č. 6.7 – Microstation - půdorys sálu s ortogonálním průmětem hlavních konstrukčních hran

. Microstation nabízí také „splines“, jenže není schopen načíst větší množství bodů (má již potíže načíst více než 10 000 bodů, takže při dvou milionech bodů ho bylo nemožné použít). Geomagic Studio má dokonce nástroj pro automatické vyhledávání křivek, jenže toto je možné až s mesh modelem (= jistý stupeň generalizace). Křivky hledá v místech extrémní změny křivosti plochy (nastavitelná citlivost), ale vyhledané oblasti jsou buď nespojité, nebo příliš široké. Proto jsem se tedy nakonec rozhodl pro manuální tvorbu zmíněných křivek.

Vrcholnice jsem vytvořil trochu jiným postupem. Vrcholnice v mračně bodů nejsou tak dobře viditelné (na rozdíl od hran), a proto jsem opět použil nástroj „cutting plane tool“, kterým jsem provedl vodorovné řezy mračnem, tentokrát s vertikálním rozestupem 2 cm. Výběžky (analogie jedné z čar terénní kostry – hřbetnice) pak bylo třeba jen pozorně pospojovat.

Kostra posloužila jako podklad půdorysu v Microstation – křivky byly exportovány do formátu .dgn a následně z nich vytvořen jen 2D model (ortogonální průmět na půdorysu). Na obr. č. 6.7 je půdorys sálu a na obr. č. 6.8 drátový model.



Obr. č. 6.8 - Realworks Survey -Drátový model

6.5 Testování ploch

Dalším krokem při determinaci geometrie klenby byla snaha zjistit, jakým plochám se vybrané části klenby nejvíce blíží. Testována byla základní plocha valené klenby, sklípkově prolomená část neckového čela (takto přesná definice nebyla před testováním známa, název byl odvozen právě od výsledků testování) a nakonec výseče ve valené klenbě, a to konkrétně plocha mezi křivkami v4-Cb a Da-v5; tyto části byly nejvhodnější, protože byly neporušené mladšími stavebními zásahy nebo stavební dispozicí, neboli např. přítomností dveří či nepravidelného půdorysu). Testování bylo provedeno v programu

3Dipsos, Cyclone a pomocí knihovny tříd a funkcí SPATFIG (více o SPATFIG viz. kapitola 4.8). Směrodatná odchylka jednotková v programu 3Dipsos, jak je již psáno v kapitole 4.5, je definována jinak (neznámo jak) než v Cyclone/SPATFIG (střední kvadratická vzdálenost), a navíc samotné jednotky nejsou odhadnutelné (protože hodnoty jsou stejné u proložení mračna válcem a kružnicí, což je nesmysl). Z toho důvodu nebudou přesnosti proložení u výsledků 3Dipsos uváděny, nicméně věrohodnost např. poloměru válce je prokazatelná (viz Tabulka č. 6.5). Střední kvadratická vzdálenost se vzhledem k velkému počtu měření prakticky rovná směrodatná odchylce jednotkové, proto jsou tyto pojmy v textu brány jako rovnocenné.

Základní plochou valené klenby byl proložen válec a kužel, tedy tvary které byly nejvíce pravděpodobné. Výsledky viz Tabulka č. 6.5. Z vrstevnicového modelu bylo zjištěno, že střední část plochy je propadlá (stalo se tak již při stavbě). Protože poloměry kužele jsou skoro stejné (malá pravděpodobnost že by to byl stavitelský záměr), a směrodatná odchylka jednotková kužele je menší, lze téměř s jistotou říci že tato plocha byla stavěna se záměrem vytvořit válcovou plochu.

3Dipsos

válec	
r [m]	σ [?]
3,550	???

Cyclone/SPATFIG

válec	
r [m]	σ [m]
3,553	0,017

Cyclone/SPATFIG

kužel			
r 1 [m]	r 2 [m]	výška	σ [m]
3,375	3,681	3,356	0,018

Tabulka č. 6.5 – Výsledky testování – Základní plocha valené klenby - σ směrodatná odchylka jednotková

Výseče ve valené klenbě byly proloženy taktéž kuželem a válcem. Při vizuální kontrole v Cyclone není příliš ideální. Z vizuální kontroly mračna v Geomagic bylo zjištěno (z viditelných otisků prken), že jde o exaktně nedefinovatelnou plochu blízkou kuželu.

Cyclone/SPATFIG

v4Cb	r 1 [m]	r 2 [m]	výška	σ [m]	komentář
válec	5,106	-	-	0,020	
kužel	3,339	6,840	2,692	0,022	
Dav5	r 1 [m]	r 2 [m]	výška	σ [m]	Pravděpodobně ani jedno z těles. Na vizualizaci mračna bodů a na vrstevnicovém plánu se objevují otisky prkenného bednění, propisující se skrze tenkou omítku. Prkna bednění se rozvírají od čela klenby směrem do prostoru a vytvářejí exaktně nedefinovatelnou plochu blízkou kuželu. Úhel kladení cihel neodpovídá úhlu bednicích prken.
válec	4,557	-	-	0,019	
kužel	4,354	6,051	3,109	0,021	

Tabulka č. 6.6 – Výsledky proložení – Výseče ve valené klenbě - σ směrodatná odchylka jednotková

Sklípkově prolomená část neckového čela byla rozdělena na dvě části (hranou Bc resp. Eb) a tyto části byly testovány zvlášť (protože hrana Ba není přesně identifikovatelná, byla jako hraniční křivka plochy použita snadno viditelná hrana Bb). Z výsledků (viz tabulka č. 6.7) a hlavně z vizuální kontroly mračna v programu Geomagic (zřetelné vzdutí ploch viditelné i ve vrstevnicovém modelu) plyne, že plocha pravděpodobně není žádným prokládaným tělesem (spíše nebyla za tím účelem stavěna). Ing. arch. Rykl se domnívá, že hrany ve sklípkově prolomené části neckového čela byly vytvořeny pouhým vzpříčením prken a prostor mezi nimi byl vyzděn z ruky (tedy exaktně nedefinovatelná část klenby).

	plocha mezi hranami:			
těleso	Bb-Bc	Bc-Bd	Ea-Eb	Eb-Ec
válec	0,017	0,018	0,023	0,014
kužel	0,015	0,015	0,025	0,011

Tabulka č. 6.7 – Výsledky proložení – Prolomené části neckových čel – velikosti σ směrodatné odchylky jednotkové proloženého tělesa v [m]

6.6 Testování hran a čel výsečí

Testování hran byl nesnadný úkol, a to hned z několika důvodů. Především proto, že samotné hrany byly reprezentovány jen několika body, a tudíž celkový průběh křivky musel být generalizován. Zároveň bylo těžké určit, odkud se hrana stavěla pomocí ramenátu a kam ještě byla stavěna přechlenkovitě (a neměla tedy nějaký lehce definovatelný tvar). Nástroj „cutting plane tool“ také nešlo použít, protože hrany nejsou ani v půdorysu dostatečně rovné. Proto jsem se musel uchýlit ke generalizaci průběhu hran, a to pomocí aproximace pásem bodů 10 až 20 cm širokého. Tuto myšlenku podpořil ing. Arch. Rykl tím, že při stavbě měl ramenát podobnou šířku jako „můj“ pás a do velké míry musel ovlivnit tvar plochy kterou přímo podepíral.

Výsledky proložení kružnicí a elipsou v 3Dipsosu (hlavně tedy velikosti poloměru kružnice) jsou v porovnání s výsledky z proložení válcem v Cyclone/SPATFIG podobné (program Cyclone proložení kružnicí ani elipsou nepodporuje, proto jsem celou záležitost obešel tím, že jsem prokládal válec bez podmínky nebo válec s podmínkou). Nicméně přesnost proložení válci je absolutně nízká (není však možné, s odkazem na poslední odstavec v kapitole 6.2, stanovit maximální velikost směrodatné odchylky jednotkové, podle které by se dalo rozhodnout o jaké těleso jde), takže nelze s jistotou říci, o jakou křivku se jedná. Zda na tento závěr měla velký vliv zvolená metoda pásů anebo přečnělková část pásu zahrnutá omylem v testovacím vzorku, či zda tvar hrany neodpovídá žádnému testovanému křivce, na to nelze dát přesnou odpověď. Po vizuální kontrole proložených mračen se přikláním k názoru, že hrany jsou těžko definovatelné křivky blíží se elipsám, protože by měly být šikmými řezy válcovou plochou.

Testování čel výsečí bylo snazší, protože reprezentativní vzorek jeho tvaru se lehce získal z mračna úzkým pásem (5 mm) pomocí nástroje „cutting plane tool“. Touto skupinou bodů šla snadno proložit kružnice nebo elipsa v programu 3Dipsos. Program Cyclone však proložení kružnicí ani elipsou nepodporuje, a proto jsem opět vytvořil pásy podobné šířky jako u hran a testoval proložení válcem a koulí. Očekávalo se, že čela kápí (kápě = polovina výseče rozdělené vrcholnicí) jsou kružnice, a proto byla proložena pouze kružnicemi nebo válci. V mnoha případech prokládání v Cyclone selhalo, pokud ne, proložený válec byl lehce natočen. Pravděpodobně tedy šlo opět o nepřesně provedený hrotitý oblouk (viz. kapitola 3.3.2).

3Dipsos

Cyclone

	kružnice	elipsa		válec	válec bez podmínky *		válec s podmínkou **		
hrana	r [m]	a [m]	b [m]	r [m]	r [m]	σ [mm]	r [m]	σ [mm]	komentář
Aa	3,747	3,432	2,566	3,738	3,471	11	3,779	32	blízké elipse
Aa-Ca	3,967	3,837	3,515	3,982	3,637	28	3,987	32	nelze
Ab	4,178	3,543	2,725	4,199	2,614	17	4,208	26	blízké elipse
Ab-Cb	4,319	4,157	3,741	4,319	3,834	21	4,322	29	nelze
Ba	-	-	-	-	0,474	48	-	-	nesmyslné
Bb	2,311	-	-	2,311	2,684	30	2,518	30	nelze, nesm.
Bc	2,925	-	-	-	2,931	21	2,949	21	něco jiného
Bd	-	-	-	-	-	-	-	-	nelze
Ca	3,898	3,535	2,804	3,884	3,469	30	3,958	32	nelze
Cb	3,916	3,535	3,059	3,916	3,390	14	3,933	16	blízké elipse
Da	3,985	4,059	3,685	3,986	3,849	17	4,009	20	blízké elipse
Da-Fa	3,925	3,855	3,656	-	3,924	25	3,926	25	nelze
Db	3,868	1,654	0,585	0,667	2,433	10	4,023	11	kružnice
Db-Fb	3,967	3,582	2,985	3,968	3,250	12	3,971	20	blízké elipse
Ea	2,316	-	-	-	-	-	-	-	nelze
Eb	3,182	-	-	3,182	3,263	15	3,209	17	blízké elipse
Ec	2,615	1,469	0,683	2,616	2,216	10	-	-	blízké elipse
Fa	3,675	6,570	4,486	3,675	2,913	20	3,702	25	nelze, nesm.
Fb	3,802	5,768	4,162	3,804	3,272	12	3,828	22	blízké elipse

σ směrodatná odchylka jednotková

* válec bez podmínky, tedy natočený (tj. analogie proložení elipsou)

** válec s podmínkou - osa válce kolmá na profil hrany (tj. analogie proložení kružnicí)

Tabulka č. 6.8 – Výsledky proložení – Hrany

3Dipsos

Cyclone/SPATFIG

kružnice		válec		komentář
čelo	r [m]	r [m]	σ [m]	
1a	2,887	2,380	0,008	lehce natočené, elipsa ??
1b	-	-	-	torzo
2a	3,001	2,961	0,013	lehce natočené, elipsa ??
2b	-	-	-	torzo
3a	-	-	-	torzo
3b	2,573	-	-	nesmyslné proložení
4a	2,664	-	-	nesmyslné proložení
4b	-	-	-	torzo
5a	3,070	2,393	0,010	lehce natočené, elipsa ??
5b	-	-	-	torzo
6a	1,793	-	-	torzo
6b	2,271	1,401	0,007	hodně natočené, elipsa ??
7a	3,327	-	-	torzo
7b	2,936	-	-	torzo
8a	-	-	-	torzo
8b	-	-	-	torzo

σ směrodatná odchylka jednotková

torzo = téměř žádné zbytky původního tvaru, přetvořeno v baroku

Tabulka č. 6.9 – Výsledky proložení – Čela výsečí

6.7 3D model v programu Geomagic studio

Geomagic Studio (GS) je, jak je zmíněno v kapitole 4.8, program určený spíše pro automobilový a strojírenský průmysl vůbec, protože se pomocí jeho mesh modelů dají s vysokou přesností vytvářet nepravidelné plochy (například karosérie automobilu). Proto tento program klade důraz na vizualizaci, kterou jsme náležitě ocenili a využili. V programu v menu „View/shading“ se zapne nástroj“stínování“, které zobrazí mračno tak, že má kovový vzhled a dají se na něm krásně odhalit detaily (toto zobrazení bylo ideální pro potvrzení různých hypotéz plynoucích například z vrstevnicového plánu), které na mračně bodů v jiných programech nelze vidět.

V GS jsem vytvořil také mesh celé klenby. Pro vytvoření souvislé trojúhelníkové sítě musel být počet bodů redukován a z toho také plynul určitý stupeň generalizace, nicméně výsledný model i tak vypadá poměrně věrohodně (viz. Obr. č. 6.9)



Obr. č. 6.9 – SW – Geomagic - 3D model (mesh)