

Využití geoinformačních technologií pro hodnocení krajiny přeshraniční oblasti Česko-Saské Švýcarsko



JITKA ELZNICOVÁ A KOLEKTIV

Ústí nad Labem 2012

**Název: Využití geoinformačních technologií pro hodnocení krajiny
přeshraniční oblasti Česko-Saské Švýcarsko**

Vedoucí autorského kolektivu: Ing. Jitka Elznicová, Ph.D.

Autorský kolektiv: Ing. Vladimír Brůna
Ing. Ondřej Černohouz
Ing. Tomáš Dolanský, Ph.D.
Ing. Jana Ehertová
Ing. Jitka Elznicová, Ph.D.
Bc. Marie Halušková
Mgr. Oldřich Holešínský
Bc. Klára Jarošová
Ing. Petra Jiskrová
Bc. Jana Kosinská
Ing. Dagmar Najmanová
Mgr. et Ing. Petr Novák
Bc. Pavel Novotný
Ing. Jan Pacina, Ph.D.
Bc. Raúl Pérez
Ing. Kateřina Wojtaszeková

Vědecký redaktor: Ing. Milan Talich, Ph.D.

Oponenti: Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
RNDr. Blanka Malá, Ph.D.

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

© Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně 2012

ÚVOD.....	9
TVORBA GEODATABÁZE	12
I. Vojská mapování jako zdroje informací pro studium krajiny	12
1 Úvod	12
2 Zpracování starých map 1. a 2. vojenského mapování	13
2.1 Technická úprava mapových listů vojenských mapování	15
2.2 Metoda georeference	16
2.3 Metodika interpretace a verifikace	17
2.4 Vektorizace obsahu mapy	18
2.5 Rekonstrukční mapy	19
3 Zpracování starých map 3. vojenského mapování	20
3.1 Metoda georeference	20
3.2 Metodika interpretace a verifikace	21
4 Zpracování starých map Císařských otisků stabilního katastru	23
4.1 Georeference, vektorizace a interpretace dat	24
II. Zpracování historických leteckých snímků.....	25
1 Úvod	25
1.1 Základní charakteristika snímků	25
2 Zpracování leteckých snímků	26
2.1 Ortorektifikace snímků	26
2.2 Vektorizace snímků	29
2.3 Interpretace snímků	29
III. Laserové skenování v Českém Švýcarsku.....	31
1 Úvod	31
2 Zpracování leteckých laserových dat z oblasti Česko-Saské Švýcarsko	31
2.1 Zpracování dat	33
2.2 Kontrola přesnosti filtrovaného DTM	34
3 Zpracování prostorového modelu Pravčické brány	39
3.1 Pořízení laserových dat	39
3.2 Přípravná fáze	40
3.3 Modelování brány	41
3.4 Výsledný model Pravčické brány	42
4 Pozemní laserové skenování na Havraní skále a v kaňonu Kachního potoka	43
4.1 Skenování v lokalitách	45
IV. Publikace dat	48
1 Webové služby	48
1.1 Mapové webové služby	48
1.2 WMS – Web Map Service	49
1.3 WFS – Web Feature Service	50
1.4 WCS – Web Coverage Service	51
2 Vytvoření mapových služeb v ArcGIS Serveru	51
2.1 Administrační rozhraní ArcGIS Manager	51
3 Mapové aplikace využívající webové služby	52
3.1 Aplikace vytvořená ArcGIS Serverem	52
3.2 Aplikace založené na technologii Adobe Flex	52
3.3 Aplikace založené na Microsoft SilverLight	52
4 Mapový server UJEP	53
V. GIS na Správě Národního parku České Švýcarsko.....	54
1 Úvod	54
2 Data	54
3 Software	57
4 Shrnutí	58

ANALÝZA DAT	59
VI. Metody hodnocení vývoje krajiny pomocí starých map a leteckých snímků.....	59
1 Analýza změny využití krajiny v katastru Růžová	63
1.1 Metody hodnocení	63
1.2 Výsledky	63
2 Retrospektivní analýza vývoje krajiny v modelové oblasti u obce Tisá s využitím geoinformačních technologií	66
2.1 Metody hodnocení	66
2.2 Výsledky	66
3 Časoprostorové změny rybníka Stará Oleška v oblasti přírodní rezervace Stará Oleška	69
3.1 Metody hodnocení	69
3.2 Výsledky	69
4 Retrospektivní monitoring krajiny v oblasti Mohelnice v Krušných horách	71
4.1 Metody hodnocení	71
4.2 Výsledky	71
5 Hodnocení vývoje krajiny pomocí geoinformačních technologií v katastru Kamenická Stráň	73
5.1 Metody hodnocení	73
5.2 Výsledky	73
6 Hodnocení vývoje krajiny v katastru Bynovec s využitím archivních leteckých snímků	75
6.1 Metody hodnocení	75
6.2 Výsledky	75
7 Změny krajiny povodí Olšového potoka od 18. století do současnosti a návrh jeho revitalizace	77
7.1 Metody hodnocení	77
7.2 Výsledky	77
8 Hodnocení vývoje krajiny v katastru Vysoká Lípa s využitím archivních leteckých snímků	80
8.1 Metody hodnocení	80
8.2 Výsledky	80
9 Sledování změn krajinné struktury v katastru Labská Stráň pomocí archivních leteckých snímků	82
9.1 Metody hodnocení	82
9.2 Výsledky	82
VII. Analýza dat laserového skenování	85
1 Zjišťování parametrů stromů	85
1.1 Import dat	85
1.2 Úpravy vstupních dat	86
1.3 Určení polohy stromu	86
1.4 Výpočet parametrů pro jednotlivé stromy	87
2 Zpracování lesnických parametrů z dat leteckého laserového skenování	89
2.1 Předpoklady a východiska	89
2.2 Přípravná fáze	89
2.3 Analýza stromů	90
2.4 Shrnutí	93
3 Analýza dat a tvorba modelu terénu a povrchu	94
3.1 Metodika zpracování	94
ZÁVĚR	98
LITERATURA	99
SOUHRN / SUMMARY	103

III. LASEROVÉ SKENOVÁNÍ V ČESKÉM ŠVÝCARSKU

1 Úvod

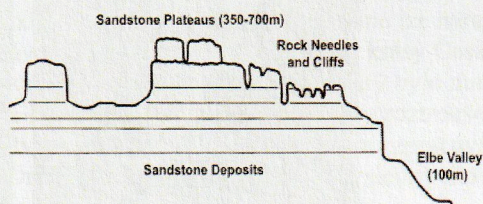
Počátky laserového skenování (v některých publikacích rovněž nazýváno jako Lidar – Light Detection and Ranging) sahají do 70. let minulého století. Jedná se o optickou technologii používanou k dálkovému průzkumu Země, která je založena na měření vzdálenosti objektu a jeho dalších vlastností v 3D prostoru vysíláním pulzujících paprsků světla, detekováním jejich odrazu a měřením času, za kterou cestu tam a zpět vykonají.

Laserové zařízení může být umístěné staticky na zemi (pozemní laserscanning), v letadle či vrtulníku (letecký laserscanning) nebo na speciálně upraveném vozidle (mobilní mapování).

Laserové skenování obecně umožňuje změnit sběr dat do výrazně automatizovaného procesu. Tato metoda má časté využití v mapování historických památek, průmyslových provozů, v analýze vegetačního pokryvu, pro tvorbu 3D modelů měst, pro sledování elektrických vedení, pro analýzu koryta vodního toku, atd.

Proto i v rámci projektu TransEcoNet bylo řešeno několik oblastí, které využívají data laserového skenování získaných různými metodami, aby se ověřila uplatnitelnost těchto dat i pro Správu NP České Švýcarsko. V rámci projektu tak bylo využito jak leteckých, tak pozemních skenerů a to různých typů a pro různé aplikace.

Oblast Česko-Saského Švýcarska (Obr. 2) je známá svými skalními útvary, které jsou jedinečné. Tvorba digitálního modelu terénu (DTM) je v této oblasti ale extrémně náročným úkolem. Na Obr. 20 je znázorněn schematický řez zájmovou oblastí, na kterém jsou dobře patrné základní rysy geologické stavby oblasti – úzký a hluboký kaňon řek a vysoké skalnaté útvary, které se kolmo zdvihají nad koryta řek.



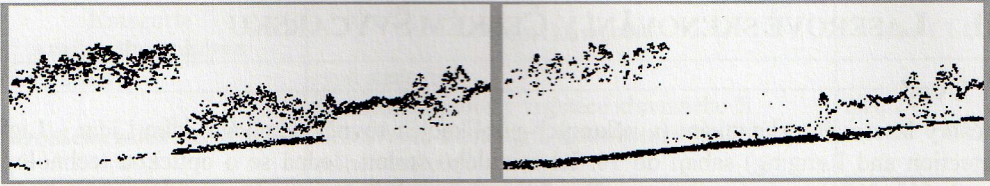
Obr. 20 Profil geologickými útvary v zájmovém území (Király, Attwenger Trommler, 2008)

Těleso pískovců mocné 350–420 m, ze kterého je valná část zájmového území tvořena, je rovněž značně rozpuštěno a vytváří řadu hlubokých soutěsek. Kvalitní DTM takovéto oblasti je limitujícím faktorem pro analýzy, které odvozují své parametry na základě výšky jevu nad terénem (v tomto případě např. výška stromu).

2 Zpracování leteckých laserových dat z oblasti Česko-Saské Švýcarsko

Souvislé letecké laserové skenování bylo ve zkoumané oblasti provedeno již v roce 2005 autorizovanou firmou TopoSys se systémem Falcon II v rámci řešení projektu (GeNeSiS) a podrobně o něm pojednává dokumentace celého procesu (Trommler, Csaplovics, 2006). Nedílnou součástí projektů leteckého laserového skenování dat je vždy i měření kontrolních bodů klasickou geodetickou metodou. Tyto body našly uplatnění na všech stupních zpracování dat a sloužily i k převodu finálních dat mezi jednotlivými souřadnicovými systémy použitými v projektu:

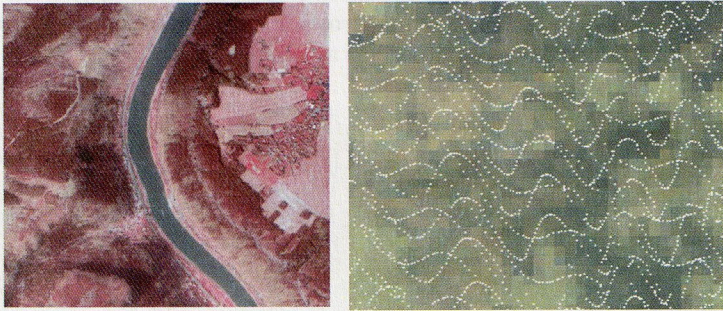
- European Terrestrial Reference System (ETRS 89) + elipsoidické výšky
- Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) + výškový systém Balt po vyrovnání
- Německý národní systém RD/83/GK3



Obr. 21 Ukázka dat prvního a posledního odrazu na příčném řezu (Gasior, 2006)

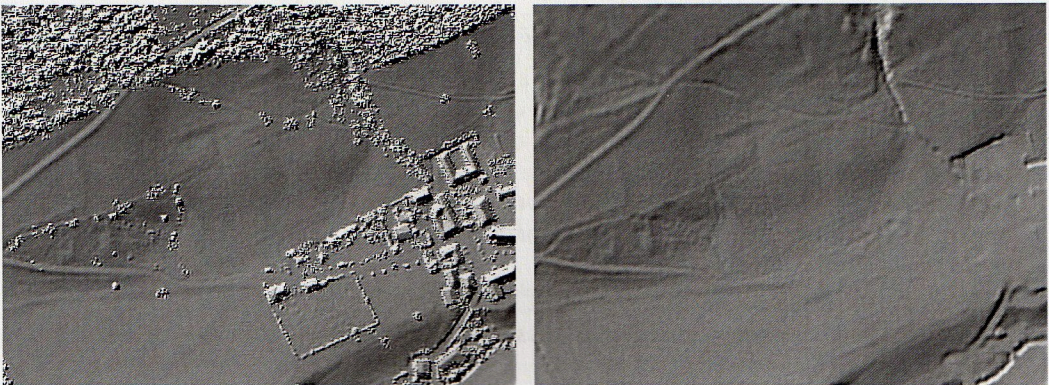
Objednaná data měla podobu pásů prvního a druhého odrazu (Obr. 21) uložených v 2x284 souborech definovaného binárního formátu, přičemž data posledního odrazu obsahují i záznamy o intenzitě odrazu. Nedílnou součástí dodávky byla pochopitelně i optická data ve viditelném a blízkém infračerveném spektru (Obr. 22) ve formátu GeoTiff s rozlišením 0,5 m. Tato data pak doplňoval záznam trajektorií (Obr. 22). Velikost všech předaných dat byla ve výsledku 220 GB.

Základní zpracování dat probíhalo v systému SCOP-TopDM. Do základního zpracování patřila i kontrola přesnosti a homogenity dat, která byla provedena na základě porovnání s referenčními body a plochami a rovněž test vlcování překryvů.



Obr. 22 Ukázka multispektrálního snímku a detail mračna bodů

Ze zpracovaných dat byl vytvořen digitální model povrchu (DSM) a digitální model terénu (DTM, jak je zobrazeno na Obr. 23). Překrytím modelu povrchu ortofotem je možné vizualizovat krajinu trojrozměrně. Do zpracování dat se aktivně zapojila i FŽP UJEP (Dolanský, Gasior, 2006).



Obr. 23 Ukázka získaných dat v rámci projektu GeNeSiS, vlevo zobrazen 3D model povrchu, vpravo zobrazen 3D model terénu

Metoda laserového snímání také těží z rozvoje počítačové techniky, která umožňuje zpracování enormního množství bodů v relativně krátkém časovém úseku. Náročnost na výpočetní výkon závisí zejména na množství zpracovávaných bodů a na algoritmu filtrace.

2.1 Zpracování dat

2.1.1 Metody filtrace terénu

Filtrací nebo klasifikací terénu je nazýván proces, při kterém jsou z neuspořádaného mračna bodů selektivně označovány ty body, které leží na specifickém materiálu (vznikly odrazem laserového paprsku od terénu, budov nebo např. vegetace). Vzhledem k přebytkům bodů, s jakými laserové skenování pracuje, není např. pro tvorbu DTM důležité, aby byly nalezeny všechny body ležící na terénu. Je ale nutné, aby nebyly jako terén označeny body, které na terénu neleží. Objem těchto dat (cca 12 mld. bodů v případě zájmového území) vysvětluje všeobecnou snahu o maximální automatizaci tohoto procesu. S ohledem na rozsah využívání laserových skenerů by se mohlo zdát, že tento problém byl už vyřešen. Ve skutečnosti jsou však v této oblasti stále značné rezervy. Všechno pochopitelně závisí na terénu, který je potřeba modelovat. Je pravda, že techniky filtrace vykristalizovaly v posledních letech do podoby, kdy není problém získat přesné terénní body pod lesním porostem nebo odfiltrovat volně stojící objekty. Také kopcovitý terén již nepředstavuje pro tyto algoritmy problém. Stále však zůstávají území, kde technika zpracování laserových dat naráží na své limity. Je to zpravidla případ městského prostředí s hustou a různorodou zástavbou, kde se průběh terénu ztrácí díky množství člověkem vytvořených objektů. Ovšem také v přírodní krajině lze narazit na oblasti, kde automatické metody filtrace selhávají. Ne nadarmo jsou přírodní krásy Česko-Saského Švýcarska známy pod pojmenováním skalní města. Hlavní problém, který bylo nutno při zpracovávání vyřešit, je taková filtrace, která by odstranila vegetaci i budovy roztroušené v krajině a přitom co nejlépe zachovávala tvary skalních objektů. Vlastní zpracování probíhalo v rámci předchozích projektů na TU Dresden a lze konstatovat, že výsledný model je na velmi vysoké úrovni.

2.1.2 Konverze mezi formáty

Binární datové formáty *3d3* a *3d3i* (formáty firmy Toposys) mají komplikovanou strukturu danou typem použitého skeneru (na jednom řádku je 120 souřadnic). Proto pro účely dalšího zpracování byla data v těchto formátech převáděna do textového formátu pomocí aplikace TopoSys Converter ve verzi 2.2.0. Tato aplikace navíc umožňuje export výřezu dat ze všech náletových řad na základě zadaného regionu.

Z důvodu optimalizace výpočetního výkonu byla zvolená území (Stará Oleška a Olšový potok) rozdělena na menší díly. Konkrétně Olšového potoka na 11 dílů o velikosti přibližně 2,5 x 1,5 km a území Stará Oleška na 4 obdobně velké oblasti, vždy obdélníkového tvaru. Originální data byla tímto nástrojem exportována do základního textového souboru se záznamy ke každému bodu ve tvaru **X, Y, Z, T** (čas), **[I]** (intenzita, pouze u dat posledního odrazu) – viz ukázka Obr. 24.

```
3451991.53 5629097.79 281.84 97 51408.382
3451991.47 5629097.52 281.85 89 51408.384
3451991.41 5629097.28 281.87 97 51408.385
3451991.34 5629097.08 281.90 89 51408.387
3451991.26 5629096.90 281.90 89 51408.388
3451991.28 5629096.79 281.95 89 51408.390
3451991.19 5629096.69 281.96 89 51408.391
3451991.08 5629096.65 281.98 89 51408.393
```

Obr. 24 Textová data bodů posledního odrazu

v těchto místech by bylo vhodné DTM přepočítat novou filtrací. Konkrétně se jedná o lokality, kde rozdíl DTM oproti testovaným bodům přesahoval 4 m, viz Tab. 5.

Lokalita	Název bodu	Nadmořská výška dle DATAZ [m]	Rozdíl výšek $H_G - H_{DTM}$ [m]
Ostrov	ZhB-203	546,72	28,42
Tetřeví kámen	TB-15	379,61	11,55
Západní vyhlídka, Tisá	TB-6	613,13	11,53
Kobylka	TB-2	318,91	10,54
Na skalce, Ludvíkovice	ZhB-220	282,46	5,02

Tab. 5 Lokality s výraznými rozdíly DTM

V současné době (rok 2011) je v databázi DATAZ uloženo mnohem více bodů (odhadem přes 2000 bodů polohového bodového pole) a bylo by možné provést již velice podrobné testování, díky němuž by byly nalezeny lokality vyžadující změnu filtračních parametrů.

3 Zpracování prostorového modelu Pravčické brány

Pravčická brána

Skalní útvar Pravčická brána je ukázkovým příkladem modelace skalního reliéfu ojedinělým v evropském měřítku. Jde o největší pískovcovou bránu v Evropě. Nachází se asi 3 km SV od obce Hřensko poblíž státní hranice se SRN. Je součástí dlouhého skalního defilé Thorwände a Křídelních stěn. Vznikla ve skalním hřbetu severojižního směru, jenž vybíhá šikmo ze skalní plošiny a dosahuje nadmořské výšky 447 m. Je tvořena kvádrovými pískovci druhohorního (křídového) stáří a má rozpětí téměř 27 m, výšku 16 m a minimální tloušťku klenby 2,5 m při nejmenší šířce 8 m (Vařilová, 2010).

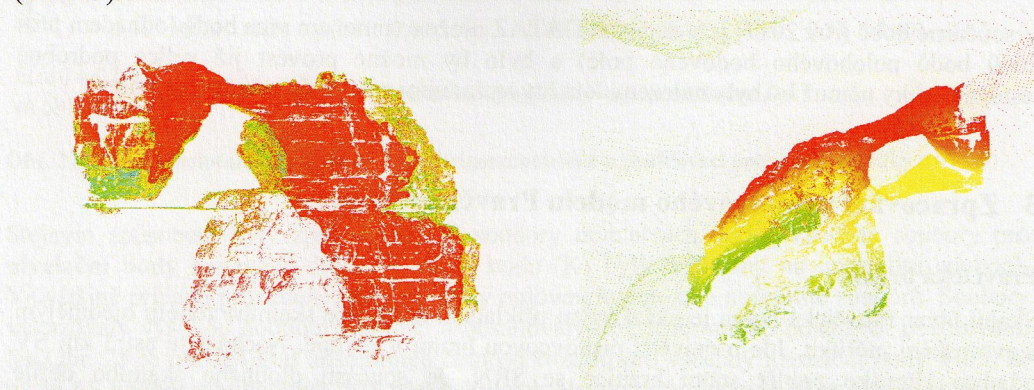
Těleso Pravčické brány a její bezprostřední okolí bylo pro svou jedinečnost v roce 1965 vyhlášeno chráněným přírodním výtvorem a roku 1992 získalo status nejprůběžnějšího stupně ochrany vyhlášením za národní přírodní památku. Snaha o zajištění jejího nerušeného vývoje se odráží v neustálém přísném dohledu ochranářů i v rozvinutí mnoha výzkumných činností, jejichž cílem je získat co nejpřesnější informace o tvaru, stavbě i složení tělesa, jakož i o posouzení intenzity procesů zvětrávání a rychlosti postupného rozpadu vlivem vnějších faktorů. Základem pro správné posouzení všech možných rizik je především geologický průzkum a dokumentace tělesa Pravčické brány. Předmětem zkoumání jsou např. způsob a míra porušení skály, složení pískovce, výskyt druhotného zpevnění horniny prožezeznáním či prokřemeněním, vnitřní rozložení vlhkosti apod. Mezi hlavní oblasti sledování patří zejména dlouhodobý monitoring pohybů masivu brány ve vazbě na její tepelný režim.

3.1 Pořízení laserových dat

Pozemní laserové skenování Pravčické brány bylo provedeno v roce 2002 soukromou firmou SG Geotechnika za účelem získání exaktních údajů o tvaru a velikosti skalního tělesa. Prvotním výstupem skenování je tzv. mračno bodů (souřadnic v prostoru) nepravidelně rozmístěných na povrchu tělesa. Různá hustota bodů je patrná zejména při porovnání západní a východní partie brány a je dána rozdílnými možnostmi přístupu ke skalnímu útvaru. Mračno bodů je z principu nespojitým způsobem vyjádření tvaru. Pro výpočty kubatur tělesa a jeho částí, sklonu částí ploch na povrchu a jejich orientace vůči světovým stranám, je potřeba z mračna bodů vytvořit spojitý model. Další výhodou a smyslem vytvoření spojitého modelu

je možnost jeho využití pro názornou vizualizaci brány s využitím stínování, dále pak pro navázání výsledků měření tělesa Pravčické brány. Propojení digitální reprezentace tvaru tělesa s výsledky geofyzikálních měření usnadní jejich interpretaci a napomůže tak k pochopení vnitřní dynamiky procesů odehrávajících se na povrchu i uvnitř skalní brány a posouzení možných rizik spojených s nevratnými pohyby, deformací a postupnou přirozenou destrukcí tělesa.

Správa NP České Švýcarsko vlastní data tohoto laserového skenování v upravené podobě, v nichž jsou již jednotlivá mračna sloučena v místním systému, a je z nich odstraněna vegetace. Skenování proběhlo z několika stanovisek, přičemž důraz byl kladen na pohledovou západní stranu Pravčické brány. Východní strana, která je velmi špatně přístupná, byla naskenována pouze orientačně. To se samozřejmě promítá i do kvality výsledného modelu (Obr. 29).



Obr. 29 Mračno bodů pozemního skenování s viditelnou různou hustotou na západní a východní stěně. Na pravém snímku spolu s body DTM z leteckého laserového skenování

Dále byla na území dostupná data z laserového skenování leteckého, která byla vytvořena v rámci projektu GeNeSiS v dubnu roku 2005. Z tohoto projektu byl pro modelování Pravčické brány využit DTM ve výsledné filtrované podobě L6_2_DTM.

Vzhledem k dostupnosti dat z pozemního a leteckého skenování se nabízela možnost spojit obě mračna do jednoho homogenního modelu, který bude kvalitně reprezentovat strukturu skal na Pravčické bráně zachycenou v datech pozemního skenování a současně bude usazena do celkového kontextu ostatních skalních útvarů v jejím bezprostředním okolí.

3.2 Přípravná fáze

Protože obě skenování byla provedena zcela jinými technologiemi, bylo zapotřebí najít řešení, jak oba modely spojit. Musely proto být před vlastním zpracováním provedeny následující kroky:

- Transformace dat do jednotného souřadnicového systému (S-JTSK),
- Export dat do jednotného datového formátu,
- Výběr vhodného software pro zpracování, který dokáže pracovat s obecnými modely.

3.2.1 Transformace dat do jednotného souřadnicového systému

Protože data pozemního skenování neobsahovala žádný globální souřadnicový systém a ani nebyly v datech definovány vřícovací body, byla transformace provedena na základě ruční identifikace odpovídajících si ploch v obou modelech. Výsledným souřadnicovým systémem byl zvolen S-JTSK a výškovým systémem byl zvolen Balt po vyrovnání. V těchto systémech již byla dostupná data DTM z leteckého laserového skenování.

Transformace dat pozemního skenování do systému S-JTSK byla provedena na Správě NP České Švýcarsko, nastavení výškového systému bylo provedeno nezávisle na polohovém systému.

3.2.2 Export dat do jednotného datového formátu

Konverze dat do jednotného datového formátu nakonec byla vyřešena až při importu dat do modelovacího software, kde bylo použito jednotné nastavení výsledného formátu importovaných dat.

3.2.3 Výběr vhodného software pro zpracování

Poněkud komplikovanější se stal výběr vhodného software pro modelování brány. Dostupné aplikace (TerraScan a TerraModel) nebyly vhodné, protože nedovolují modelovat převisy, které jsou pro lokalitu typické. Byl proto hledán jiný software, který by splňoval následující podmínky:

- import/export většiny používaných datových formátů (zejména TXT, DXF/DWG, LAS)
- manuální i automatická editace mračna bodů
- automatické plochování mračna bodů (tvorba trojúhelníkové sítě)
- vizualizace objemných dat
- cenová dostupnost pro realizaci projektu

V rámci řešení projektu byly testovány softwary:

- VRMesh Studio ve verzi 5.0 od firmy VirtualGrid Company
- PolyWorks od firmy InnovMetric
- Cyclone od firmy Leica
- Point Cloud 1.0 firmy Synode

Z těchto softwarů byl ve výsledku vybrán software **VRMesh Studio ve verzi 5.0**, který přesně odpovídal požadavkům projektu a kromě drobných chyb při vykreslování scény se choval velmi korektně a editace poměrně rozsáhlého mračna bodů probíhala rychle. Firma navíc poskytuje zdarma zkušební verzi na 30 dní. Zcela nejlepším softwarem pro analýzu a modelování Pravčické brány byl sice vyhodnocen PolyWorks od firmy InnovMetric, avšak jeho cena výrazně převyšuje možnosti řešeného projektu a proto nebyl použit. Software Cyclone od firmy Leica nemá automatickou generalizaci z obecné sítě a navíc vytváření sítí z importovaných dat je velmi málo použitelné pro realizovaný projekt, proto nebyl pro další zpracování dat v projektu doporučen.

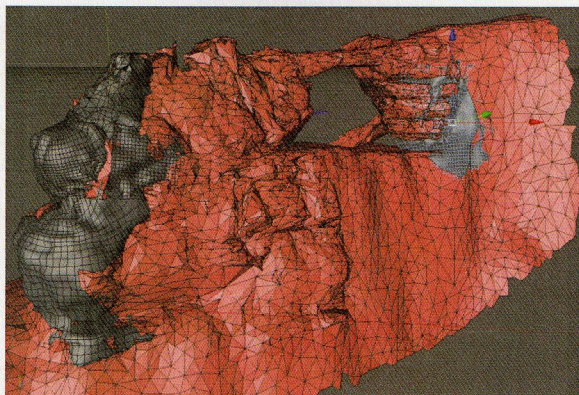
3.3 Modelování brány

Vlastní modelování probíhalo v software VRMesh Studio, který dovoluje všechny základní operace po jejich parametrizaci spustit dávkou. Jedná se o následující funkce:

- Odstranění odlehlých bodů – bodů, které s vysokou pravděpodobností neleží na modelované ploše. V našem případě se může jednat o body ležící na vegetaci, zábradlí apod.
- Vytvoření trojúhelníkové sítě – spojení blízkých bodů do elementárních trojúhelníků. VRMesh studio nespojuje všechny body, ale pouze body do definované vzdálenosti a tak v modelu vzniknou mezery.
- Vyplnění mezer v modelu.
- Vyhlazení modelu – při modelování z více skenů vždy v některých partiích vznikají ostré, z modelu vyčuhující, trojúhelníky. Tyto trojúhelníky je zapotřebí eliminovat, protože

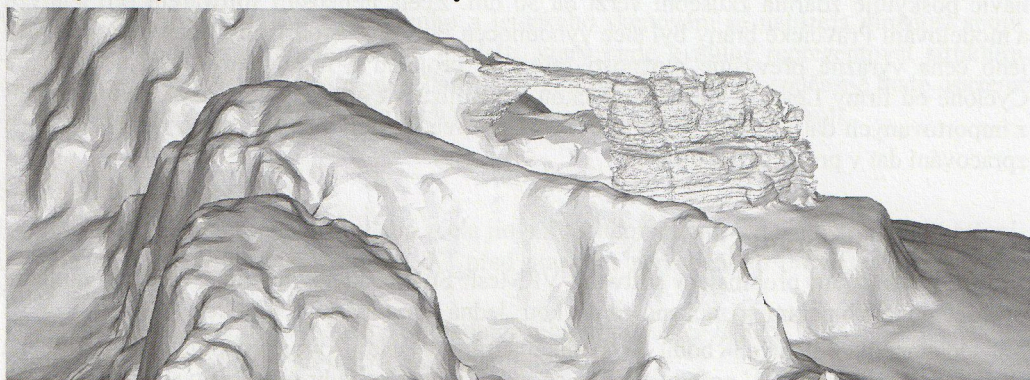
vznikají pouze díky nepřesné poloze jednoho z bodů v trojúhelníku (např. nepřesným spojením mračen nebo tzv. klouzáním paprsku na hranách objektu).

- Zjednodušení modelu – do modelu vstupovalo velké množství bodů, nicméně ne všechny jsou v modelu potřebné pro popsání průběhu modelu. V takovém případě je vhodné, aby byla data zředěna. To je nutné provést velmi opatrně, neb při velkém zjednodušení může model ztrácet informační hodnotu. V projektu bylo zvoleno zjednodušení na $\frac{1}{4}$ původního objemu dat.
- V modelu i po automatizovaném vyplnění mezer zůstávají místa, která nebyl software schopen zaplnit. Proto bylo nutné provést ruční zapločování modelu pomocí standardních nástrojů CAD aplikací. Na Obr. 30 je patrné, že se jedná o místa, kde chyběla data z laserového skenování, nebo byla data natolik řídká, že vzdálenost mezi body nedovolovala správně parametrizovat výpočetní algoritmy (docházelo k vyhlazení a zaplnění otvorů, které na skalním útvaru skutečně existují a musí být i v modelu zachovány).



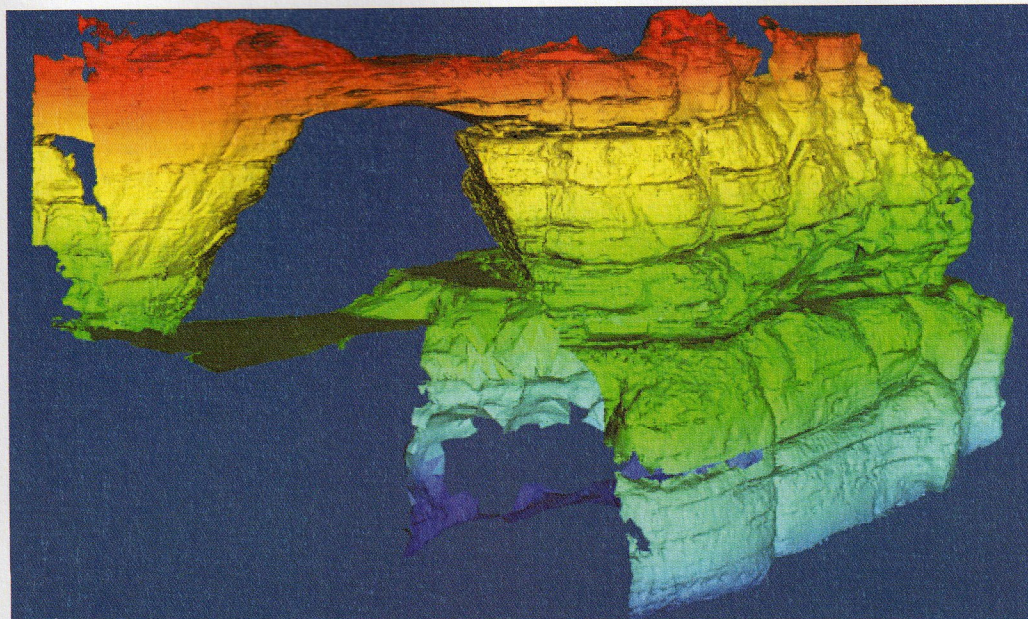
Obr. 30 Ruční zaplnění otvorů v CAD (šedá barva)

3.4 Výsledný model Pravčické brány



Obr. 31 Výsledný model Pravčické brány

Z dat pozemního a leteckého laserového skenování byl vytvořen plochový model Pravčické brány, který v kontextu okolních skal zobrazuje polohu a tvar Pravčické brány a povrchovou strukturu pískovce (Obr. 31). Model je tvořen trojúhelníkovou sítí a je vyexportován do formátu DXF. Lze jej v téže podobě použít jak pro prezentační účely (Obr. 32), tak i zejména pro výzkumné účely stavu Pravčické brány například z geologického hlediska.



Obr. 32 Detailní pohled na model Pravčické brány