

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

## **Diplomová práce**

# **Zpracování mračka bodů laserového skenování a jeho využití v aplikacích důlního měřictví**

**Plzeň, 2014**

**Bc. Zuzana Laciná**

VLOŽIT LIST ZADÁNÍ

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí diplomové práce. Práce vznikla během navazujícího studijního programu Geomatika na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

V Plzni dne 12. května 2014

.....

Bc. Zuzana Laciná

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla velmi poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Radku Fialovi, Ph.D., za odborné rady a cenné připomínky při vedení diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat svým kolegům Ing. Martinu Vackovi za poskytnuté rady a předané zkušenosti s laserovým skenováním a Ing. Lucii Vokounové za spolupráci při řešení problematiky s jazykem Python a prostředí ArcGIS.

Za poskytnuté měřické vybavení, zapůjčení specializovaných programů a poskytnutí cenných rad a podkladů bych ráda poděkovala společnosti GEOREAL spol. s r.o.

V neposlední řadě patří můj zvláštní dík mé rodině, přáteli, přátelům a ostatním kolegům v zaměstnání za podporu a pochopení během celého mého studia.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na využití dat pozemního laserového skenování, na podrobný popis uceleného postupu při tvorbě důlně měřické dokumentace a na automatizované určování kubatur v povrchovém lomu. Podnětem pro zpracování tohoto problému byl nedostatek odborné literatury zabývající se tímto tématem. Teoretická část diplomové práce je věnována problematice laserového skenování, důlně měřické dokumentaci a specializovaným softwarům pro zpracování získaných dat. V praktické části práce je stručný popis zvolené testovací oblasti, která slouží k testování vhodných postupů a výpočtů. Na datech z této oblasti jsou popsány měřické metody, podrobné popisy zpracování naměřených mračen bodů a vytvoření důlně měřické dokumentace. Z důvodu komplikovaného početního postupu při určování kubatur byl vytvořen nástroj fungující v prostředí ArcGIS, kterým je výpočet kubatur automatizován.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Laserové skenování, mračno bodů, povrchový lom, kubatury, důlně měřická dokumentace, RiSCAN PRO, DULMAP, ArcGIS, Python.

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on the use of terrestrial laser scanning data, the detailed description of the procedure for the creation of a comprehensive mine surveying documentation and on automated determination of volumes in the surface mine. The impuls for the treatment of this problem was the lack of scientific literature on this topic. The theoretical part of the thesis is devoted to the laser scanning, mine surveying documentation and specialized in computer software for data processing. The practical part is a brief description of the selected test area, which is used to test the appropriate procedures and calculations. The data from this area describes surveying methods, detailed descriptions of the processing on measured point clouds and creation of mine surveying documentation. Due to the complicated numerical procedure for volume calculations a working tool in ArcGIS was created, by which the calculation process is automated.

## **KEYWORDS**

Laser scanning, point cloud, surface mine, volumes, mine surveying documentation, RiSCAN PRO, DULMAP, ArcGIS, Python.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>LASEROVÉ SKENOVÁNÍ</b> .....	<b>11</b>
2.1	PRINCIP LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ.....	11
2.2	DĚLENÍ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ.....	12
2.3	MRAČNA BODŮ JAKO ZDROJ INFORMACÍ.....	17
2.4	VYUŽITÍ LASEROVÉHO SKENERU PŘI URČOVÁNÍ KUBATUR.....	18
<b>3</b>	<b>DŮLNĚ MĚŘICKÁ DOKUMENTACE</b> .....	<b>19</b>
3.1	ZÁKLADNÍ POJMY .....	19
3.2	OBSAH DOKUMENTACE .....	21
3.3	METODY SBĚRU DAT PRO ÚČELY DMD .....	26
<b>4</b>	<b>POUŽITÉ PROGRAMY</b> .....	<b>28</b>
4.1	DULMAP .....	28
4.2	RiSCAN PRO .....	31
4.3	ArcGIS Desktop.....	33
<b>5</b>	<b>ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE</b> .....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>TESTOVACÍ OBLAST – KAOLINOVÝ LOM – HORNÍ BŘÍZA</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>SBĚR DAT</b> .....	<b>40</b>
7.1	POZEMNÍ 3D LASERSCANNING A REAL TIME KINEMATIC.....	42
7.2	3D LASEROVÝ ZOBRAZOVACÍ SKENER LMS-Z420i .....	43
<b>8</b>	<b>ZPRACOVÁNÍ MRAČEN BODŮ</b> .....	<b>44</b>
8.1	ZÍSKÁVÁNÍ A PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT V TERÉNU.....	44
8.2	ZPRACOVÁNÍ A ÚPRAVA MRAČEN BODŮ – POST-PROCESSING .....	49
<b>9</b>	<b>ZPRACOVÁNÍ PRVOTNÍ DŮLNĚ-MĚŘICKÉ DOKUMENTACE</b> .....	<b>53</b>
9.1	DŮLNÍ BODOVÉ POLE .....	54
9.2	HRANICE.....	54
9.3	KATASTR NEMOVITOSTÍ .....	57
9.4	MAPA LOMU A POLOHOPIS .....	58
9.5	KÓTY TERÉNU A KÓTY LINÍ.....	61
9.6	CHARAKTERISTICKÉ A GEOLOGICKÉ PROFILY .....	63
9.7	INŽENÝRSKÉ SÍTĚ.....	64

9.8	SANACE A REKULTIVACE.....	64
9.9	VRTY.....	65
<b>10</b>	<b>GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM DUGIS.....</b>	<b>66</b>
<b>11</b>	<b>NÁSTROJ NA URČOVÁNÍ KUBATUR.....</b>	<b>67</b>
11.1	SKRIPT - <i>TIN a Rastry</i> .....	69
11.2	POPIS SKRIPTU - <i>TIN a Rastry</i> .....	72
11.3.	SKRIPT – <i>Určení kubatury</i> .....	75
11.4	POPIS SKRIPTU – <i>Určení kubatury</i> .....	79
11.5	MOŽNÁ VYLEPŠENÍ NÁSTROJE KUBATURY.....	81
<b>12</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>83</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>85</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
<b>15</b>	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>88</b>
<b>16</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>92</b>



## 1 ÚVOD

Laserové skenování, jak letecké tak pozemní, je v současné době nejmodernější metodou hromadného pořizování prostorových dat. Tato technologie výrazně rozšiřuje využitelnost prostorových dat. S rozvojem laserového skenování se objevují i nové možnosti pro zpracování dat v důlním měřictví.

Důlní měřictví a důlní kartografie patří mezi nejstarší technické disciplíny všech lidských civilizací, které významnou měrou ovlivňovaly rozvoj, stabilitu a blahobyt území. Právě bez nich je činnost v dobývacím prostoru nemyslitelná. Tato nauka o metodách tvorby důlních map, o vytyčování podpovrchových a povrchových důlních objektů, o zjišťování objemů ložiskových zásob, o získávání podkladů pro plánování a otvírku dobývacích prací atd. je stále vyvíjejícím se odvětvím.

Společnosti provádějící těžební činnost v dobývacím prostoru povrchového lomu, jsou povinny ze zákona vést důlně měřickou dokumentaci, do jejíž tvorby vstupují stále nové technologie. V případě této diplomové práce je jednou z nich získání zdrojových dat pomocí pozemního laserového skenování. Nejčastějším výstupem této metody jsou tzv. mračna bodů, která jsou nesmírně cenným zdrojem informací o zemském povrchu. Data byla zaměřena pomocí moderních přístrojů a zpracována specializovanými programy.

Cílem této práce je vyvinout postupy zpracování dat získaných pozemním laserovým skenováním pro potřeby tvorby a údržby důlně měřické dokumentace. Podnětem zpracování byl nedostatek odborné literatury zabývající se detailním popisem tvorby této dokumentace. V neposlední řadě je cílem ukázat mnohostranné využití již jednou získaných dat z laserového skenování v důlním měřictví. Konkrétním příkladem je digitální model terénu, který slouží jak k vyhodnocení aktuálního stavu povrchového lomu, tak k určení výsledných kubatur.

Úvodní část diplomové práce shrnuje teoretické poznatky v oblasti laserového skenování, důlně měřické dokumentace a využitých specializovaných programů. Jejím úkolem je seznámení s danou problematikou.

Praktická část začínající pátou kapitolou se zabývá samotným zaměřením a zpracováním dat z pozemního laserového skenování pro účely důlního měřictví. Jedná se o stručný popis povrchového kaolinového lomu Horní Bříza, který byl použit jako testovací oblast a jeho zaměření pomocí laserového skeneru.

Dále je zde podrobný popis zpracování získaných dat ve specializovaných programech, kterými jsou RiSCAN PRO, DULMAP a ArcGIS. Výsledné mračno bodů je využito pro zpracování kompletní důlně měřické dokumentace.

Závěrečnou kapitolou je určování kubatur – výpočet rozdílů kubatur těžby, výsypek a deponií suroviny. Úkolem je vytvořit pro snadný a rychlý výpočet kubatur nástroj, který z velké části bude automatizovat postup výpočtu.

## 2 LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

Laserové skenování (nazýváno též laserscanning) je moderní technologie, která zprostředkovává nové možnosti v pořizování geodetických dat a výrazně rozšiřuje jejich využitelnost. V současnosti se jedná o bezkonkurenčně nejefektivnější metodu hromadného pořizování prostorových dat. Velkou výhodou je sběr velkého množství přesných dat za krátký čas a možnost měření i v obtížně přístupných prostorech.

Zpracování naměřených dat probíhá s velkou mírou automatizace ve specializovaných softwarech. Díky tomuto softwarovému vybavení lze v krátkých časových úsecích zpracovávat téměř jakékoli typy výstupních dat, která jsou buď koncovým výstupem, nebo slouží jako podklad pro další zpracování a aplikace. Standardními výstupy jsou především: vektorové mapy, digitální modely terénu nebo povrchu, výškové analýzy, 3D animace, vizualizace terénu, prostorová data sledování posunů a další. [8]

Laserové skenování lze charakterizovat:

- vysokou hustotou měřených bodů oproti běžným geodetickým metodám
- vysokou automatizací zpracování naměřených dat
- krátkou dobou pro pořízení velkého množství vysoce přesných dat
- měřením pomocí laserového paprsku

### 2.1 PRINCIP LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ

Princip laserového skenování spočívá v neselektivním určování prostorových souřadnic (3D souřadnic) a jejich ukládání do paměti. Provádí se pomocí 3D laserového skeneru a primárním výsledkem je obrovské množství bodů, v řádech až desítek miliónů bodů, tzv. mračna bodů. Pomocí automatických, poloautomatických a manuálních postupů je v dalším zpracování prováděna klasifikace těchto bodů a vzniká model zaměřeného území nebo objektu. [14]

Ve skenovacích systémech je měření vzdálenosti založeno převážně na elektronickém způsobu měření, případně na optickém způsobu. Obecně elektronický dálkoměr funguje tak, že kde elektromagnetické vlnění vychází z vysílače, odráží se na koncovém bodě odrazného systému a vrací se zpět do přijímače umístěného na počátku měřené délky. V současné době se u skenovacích systémů využívá odrazu přímo od povrchu měřeného objektu. [14]

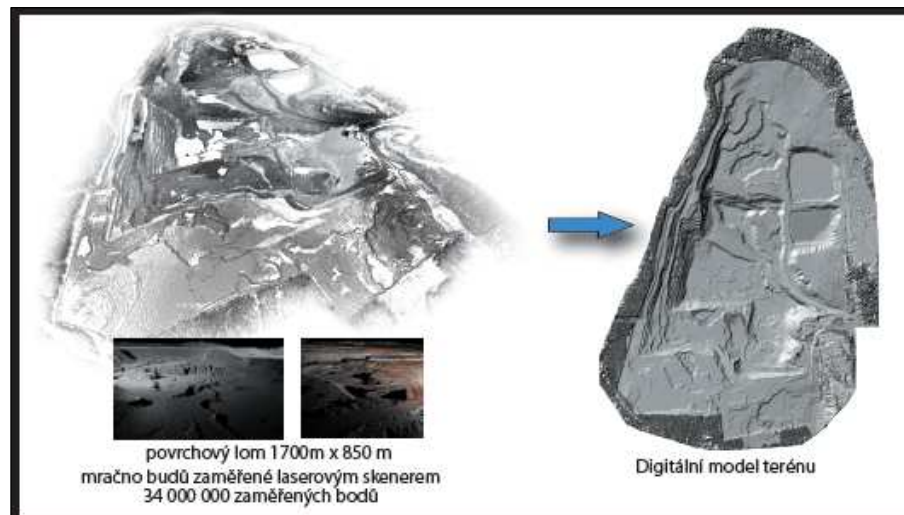
## 2.2 DĚLENÍ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ

Laserové skenování se obecně dělí podle způsobu nosičů zařízení na:

- statické pozemní
- mobilní pozemní
- letecké

### STATICKÉ POZEMNÍ SKENOVÁNÍ

Metoda statického laserového skenování představuje inovační postup získávání dat v oblasti geodézie a dovoluje řešení geodetických projektů, které by při použití klasické metody zaměřování byly neúměrně nákladné či technicky nerealizovatelné. Při této metodě se přístroje (laserové skenery) umisťují obvykle na stativ, podobně jako teodolit. Výhodou je hlavně vysoká rychlost měření, přesnost řádově v milimetrech, bezkontaktní měření a možnost měření v nepřístupných či nebezpečných podmínkách. Velkou výhodou je vysoká míra automatizace při zpracovávání naměřených dat, která dovoluje během relativně krátké doby vytvořit velké množství výstupů pro následné analýzy a zpracování dat (animace a 3D vizualizace terénu, výškové analýzy, vektorové mapy, 3D modely terénu, sledování posunu terénu a objektů a mnoho dalších). [27]



Obr. 2.1: Digitální model terénu - © GEOREAL spol. s r.o

Metoda (statického) laserového skenování nachází své uplatnění především při pořizování přesných dat prostorově složitých a nepřístupných objektů, jako např. lomové stěny v povrchovém a hlubinném dobývání surovin, štoly a jiná podzemní díla,

průmyslové objekty a konstrukce, historické objekty a budovy, zachycení stavu objektů před a po rekonstrukci a mnoho dalších. [8]

Pozemní snímání je vhodné pro zaměřování menších objektů a ploch, kde je kladen důraz na vysokou přesnost záznamů a výsledných modelů. Může jít o pořizování statických modelů stavebních objektů či dynamických modelů moderních objektů. Podobně lze dokumentovat sestavením statických modelů rozmanitá území před a po realizaci rozmanitých zásahů (povrchové těžební lokality, nestabilní svahy), pro potřeby krizového řízení (dostupnost, průchodnost). Vhodné je rovněž nasazení pro dokumentaci obtížně dostupných tvarů reliéfu, např. skalních stěn. Dynamické modely území umožňují podchytit probíhající procesy opakovaním záznamů, ať již jde o sesuvná území v blízkosti obcí nebo komunikací. [13]

Praktické využití nachází pozemní laserové skenování také při dokumentaci drobných tvarů reliéfu, zejména při zjišťování jejich kubatur, případně jejich dynamiky či detailního postavení vůči okolí. Podobně je tomu při určování objemu zářezů a náspů komunikačních staveb, revitalizaci těžebních prostorů, skládek odpadů a jiné. Další efektivní aplikací pozemního laserového skenování je měření a modelování interiérů, např. jeskyní, důlních děl a tunelů. [13]

## **POSTUP ZAMĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ POZEMNÍHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ**

Před samotným zaměřením probíhá rekognoskace zájmového objektu či oblasti. Předběžně se volí vhodné rozmístění stanovisek pro skenování. Výběr stanovisek bývá ovlivněn možnostmi přístroje, zejména pak dosahem a zorným polem. Během měřických prací jsou veškeré měřené hodnoty ukládány do paměti připojeného nebo interního počítače k dalšímu zpracování. Základním výstupem měřické činnosti je mračno bodů. Vzhledem k tomu, že naskenované mračno bodů je zaměřeno v lokálním souřadnicovém systému skeneru (daném fyzickou orientací os skeneru), musí se provést transformace bodů do požadovaného souřadnicového systému. Tento problém se řeší obdobně jako ve fotogrammetrii, kdy na skenovaný objekt vhodně umístí vlíčovací body o známých souřadnicích v požadovaném souřadnicovém systému, které byly určeny např. měřením totální stanicí. Vlíčovací body pak umožňují spojit skenovaná data z několika stanovisek. Body by měly být rovnoměrně rozmístěny ve scéně, nejlépe na hranici dosahu skeneru. [3]

V praxi se začíná více uplatňovat postup, kdy jednotlivé lokální „skeny“ jsou na sebe vyrovnány, pomocí metody nejmenších čtverců a vzniká ucelené mračno bodů v lokálním souřadnicovém systému, které je poté transformováno na vlícovací body. Po dokončení transformace následuje filtrace dat, vyčištění dat a šumu a případně i redukce objemu dat na základě nastavení zvoleného filtru a konkrétních požadavků na výstupy. Dále se s jednotlivými částmi mračen bodů pracuje různými způsoby např. vytváření DMT, aproximace buď jednoduchými geometrickými útvary, nebo přímkovými segmenty jako jsou linie, křivky a kruhové oblouky nebo i složitější spline plochy a jiné matematické modely. Tyto způsoby jsou obecně nejnáročnější částí zpracování dat laserového skenování.



Obr. 2.2: Laserové skenování v povrchovém lomu - © GEOREAL spol. s r.o

Pro shrnutí, v první části jsou data připravena pro vlastní zpracování. Spojí se naskenovaná data ze stanovisek do globálního souřadnicového systému, odstraní se nadbytečné body a přizpůsobí hustota bodů. Ve druhé části se vytvoří model území nebo objektu. Výsledný model je možné zpracovávat i v jiných programech např. typu CAD.

## OBLAST VYUŽITÍ

- sledování objemů hald a skládek sypkých materiálů
- komplexní monitoring dat při důlní činnosti
- komplexní dokumentace památek v oblasti archeologie a architektury (fasády)
- dopravní stavitelství, tunely
- topografické mapování polohopisu a výškopisu

- zaměření skutečného provedení stavby
- průmyslové 3D modelování, průmysl, vodohospodářství, vodní stavitelství

## **MOBILNÍ POZEMNÍ SKENOVÁNÍ**

Novinkou v oblasti laserového skenování je mobilní skenování a mapování. Namísto pouhého zaměření jednotlivých budov či objektů, umožňuje naskenování celých měst, až dokonce tisíců kilometrů dálnic a jejich okolí, a to vše za zlomek času oproti klasickému měření pomocí statické totální stanice. Např. kombinací leteckého laserového skenování (pohled shora) a mobilního laserového skenování (kolmý pohled) lze získat velmi přesný a podrobný model objektů (budov). Výhodou systému je i fakt, že není nutné spoléhat na denní světlo, jelikož tento systém pracuje prakticky kdykoliv, umožňuje měření v noci při minimálním provozu na komunikacích. Nevýhodou této metody je velký objem dat, se kterým je také spojen problém nalezení vhodného softwaru pro zobrazení, oříznutí a následné zpracování dat. Další nevýhodou a zároveň základním rozdílem oproti statickému pozemnímu skenování je pohyb skeneru a s tím spojená nutnost informace o poloze a postavení skeneru v prostoru. Data získaná tímto způsobem jsou následně využita pro vytvoření mimořádně přesné a komplexní 3D mapy. [27]

## **LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ**

Letecké laserové skenování je relativně mladou technologií umožňující sběr bodů pro tvorbu digitálního modelu reliéfu a modelu terénu, a to i v zalesněných oblastech. Celý proces měření a následného zpracování je z velké části automatizován. Všechna data jsou získána v digitální podobě a dále zpracována na výkonných počítačích. Principiálně tato metoda funguje stejně jako pozemní skenery, pouze s použitím konstrukčně robustnějších a výkonnějších skenerů a dalších doplňkových komponent. Nosičem celého zařízení bývá letadlo či vrtulník. [5]

## **ZÁKLADNÍ PRINCIP LETECKÉHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ**

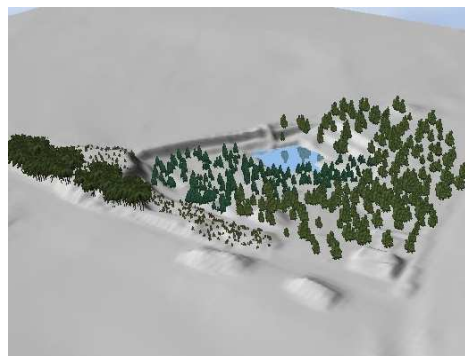
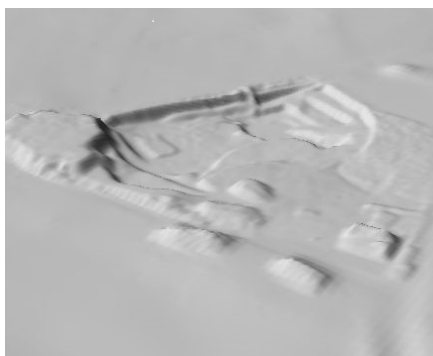
Data o zemském povrchu jsou získávána pomocí vysílání laserových paprsků v podobě pulzů ze skeneru, který je umístěn na leteckém nosiči. Letecké laserové skenování má vlastní zdroj záření a není tedy odkázáno na sluneční svit. Odrazy jsou zaznamenávány jak od terénu, tak i od objektů na zemském povrchu. Poloha bodu je vypočítána

prostorovým rajonem, kdy vzdálenost bodu od nosiče je určena časem, který uplyne mezi vysláním paprsku a přijetím jeho odrazu zpět do skeneru. Směr paprsku je určen z prvků vnější orientace, měřených pomocí aparatury GNSS a inerciálním navigačním systémem. [22]

Odraz laserového paprsku může být jediný nebo vícenásobný. K vícenásobnému odrazu dochází především v lesích a na okrajích budov. V lesích je obvykle jen část energie paprsku odražena od vysoké vegetace, zatímco zbytek pronikne níže. Jeho díl se opět odrazí např. od nízké vegetace a zbylá část paprsku se dostane až k terénu a zpět do skeneru. Z hlediska prostupnosti vegetace je tedy vhodnější doba pro sběr dat v období vegetačního klidu. [22]

## OBLAST VYUŽITÍ

- tvorba 3D modelu města
- analýza vegetačního pokryvu
- sledování nadzemních vedení
- tvorba ortofotomap a digitální model terénu
- topografické a tématické vyhodnocení území



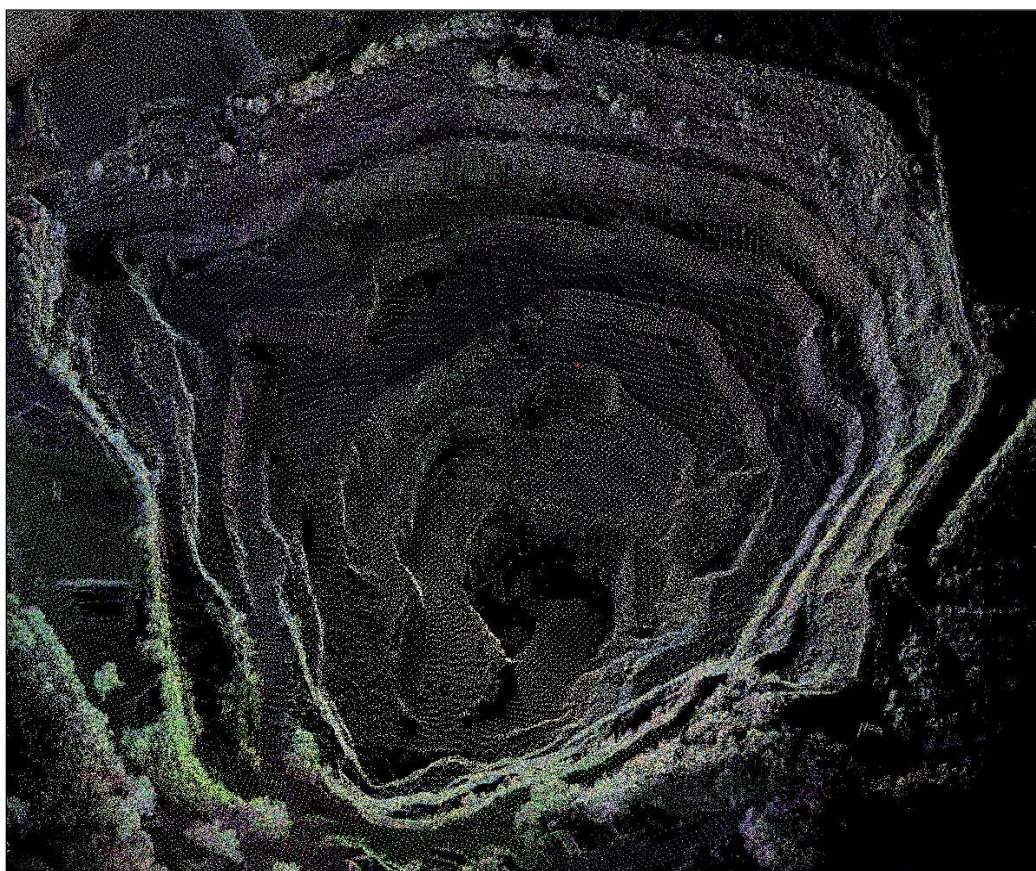
Obr. 2.3: Vytváření 3D modelu s vegetací - © GEOREAL spol. s r.o



## 2.3 MRAČNA BODŮ JAKO ZDROJ INFORMACÍ

Základním výstupem sběru dat z laserového skenování je soubor prostorových souřadnic ve formě tzv. mračna bodů. Mračna bodů získávaná pomocí pozemního laserového skenování slouží především pro vytvoření 3D modelů, velmi podrobné měření prostorových vztahů, komplexní vizualizaci prostorových dat, měření složitých staveb a konstrukcí, interiérů, podzemních prostor, 3D povrchů atd., které by bylo velmi obtížné zmapovat klasickými geodetickými metodami. Oproti běžným geodetickým metodám lze měřit s velkou přesností, rychlostí a komplexností zároveň. [18]

Mračna bodů obsahují tisíce až miliony bodů (viz Obr. 2.4), přičemž každý bod má souřadnice x, y, z. Použitý souřadnicový systém je místní a jeho počátek je v místě pozice skeneru. Mračna bodů můžeme transformovat do libovolného souřadného systému pomocí vlíčovacích bodů. Každý bod mračna může obsahovat i barevnou informaci. Naskenovaná data ze všech stanovisek lze spojit v jedno mračno, a to pomocí specializovaného softwaru - např. *RiSCAN PRO*.

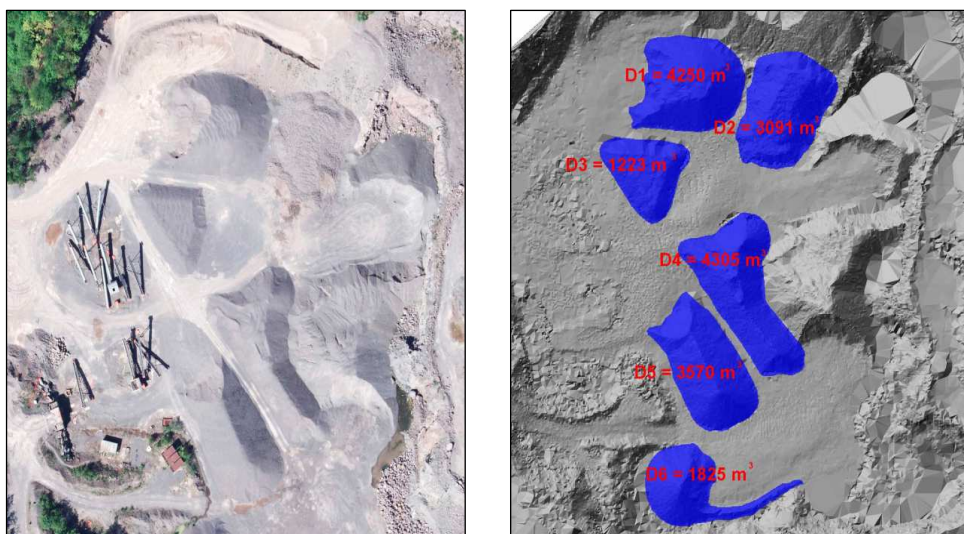


Obr. 2.4: Spojená mračna bodů povrchového lomu- © GEOREAL spol. s r.o

## 2.4 VYUŽITÍ LASEROVÉHO SKENERU PŘI URČOVÁNÍ KUBATUR

Měření kubatur přirozených i umělých zemních objektů, objemů staveb, či rozmanitých těles, často velmi nepravidelných tvarů, je náročným úkolem. Při použití tradičních geodetických metod, případně letecké fotogrammetrie, takový úkol naráží na problém přímé úměry mezi požadovanou přesností výsledku a množstvím potřebných dat. A nepřímé úměry mezi měřením dat a jejich zpracováním na jedné straně a dobou potřebnou k dosažení dostatečně tohoto kvalitního výsledku. Klasické metody vyžadují velké množství vložené práce i času a přitom nikdy nebude dosaženo výsledku, který by splňoval požadavek maximální přesnosti, neboť je těmito postupy nemožné pokrýt objekt dostatečně hustou sítí měrných bodů. Vzhledem k rostoucím nárokům, jsou požadována velmi přesná stanovení kubatur a za stále vzrůstající časové tísně, proto je vhodné využít těchto nejnovějších zařízení a metod. [10]

V oblasti geoinformačních technologií, které poskytují v zásadě veškerá nezbytná prostorová data potřebná pro výpočty objemů terénních tvarů, se velmi rychle prosazují laserové skenery umístěné jak na pozemních přenosných stativech, tak na leteckých nosičích. Jsou totiž jako jediné schopny poskytnout ohromná množství požadovaných polohových (geoprostorových) dat ve velmi krátkém čase a s vysokou přesností, plně srovnatelnou s produkty tradičních geodetických postupů. [10] Zpracovatelské technologie umožňují v návaznosti na technologie sběru dat urychleně zpracovat, vytvořit 3D modely objektů a efektivně a přesně určit kubatury (viz Obr. 2.5).

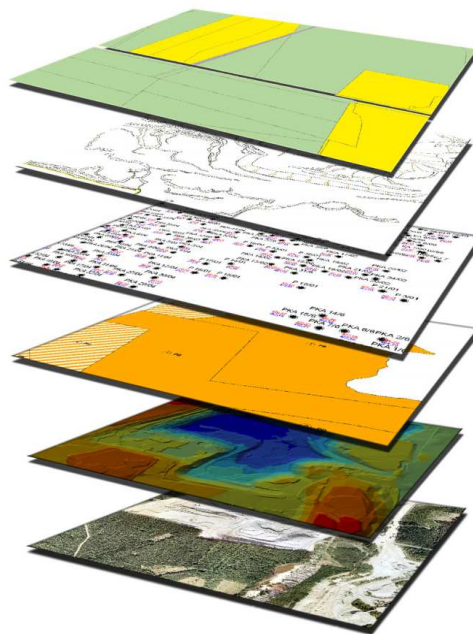


Obr. 2.5: Určování kubatur - data © GEOREAL spol. s r.o

### 3 DŮLNĚ MĚŘICKÁ DOKUMENTACE

Významná oblast sběru dat, zpracování a reprezentace digitálních dat vzniká při povrchovém dobývání nerostů. Při hornické činnosti jsou organizace povinny vést, doplňovat a uchovávat důlně měřickou dokumentaci (DMD). Organizace jsou oprávněny reprodukovat a rozmnožovat mapy, které potřebují k výkonu své hornické činnosti.

Důlně měřickou dokumentaci tvoří primárně **základní důlní mapy, mapy povrchu, provozní mapy, účelové důlní mapy a charakteristické řezy**, ze kterých se vytváří digitální i tiskové výstupy. Zpracování všech získaných dat a výsledné výstupy jsou vázány zákony, vyhláškami a dalšími prováděcími předpisy.



#### 3.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Před popisem obsahu samotné důlně měřické dokumentace je zde popsáno několik základních pojmů spojených s povrchovým dobýváním nerostů. Tyto pojmy jsou obsaženy v zákoně č.44/1988 Sb., *o ochraně a využití nerostného bohatství, v platném znění*. Podrobnosti o důlně měřické dokumentaci stanovuje Český báňský úřad obecně závazným právním předpisem, vyhláškou Českého báňského úřadu 435/1992 Sb., *O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, v platném znění*.

#### Dobývací prostor

Dobývací prostor se stanoví na základě výsledků průzkumu ložiska podle rozsahu, uložení, tvaru a mocnosti výhradního ložiska se zřetelem na jeho zásoby a úložní poměry tak, aby ložisko mohlo být hospodárně vydobyto. Při stanovení dobývacího prostoru se vychází ze stanoveného chráněného ložiskového území a musí se přihlídnout i k dobývání sousedních ložisek a k vlivu dobývání. Dobývací prostor se stanoví pro dobývání výhradního ložiska určitého nerostu nebo skupiny nerostů. [25]

### **Hranice dobývacího prostoru**

Hranice dobývacího prostoru na povrchu se stanoví uzavřeným geometrickým obrazcem s přímými stranami, jehož vrcholy se určují souřadnicemi, udanými v platném souřadnicovém systému. Jeho prostorové hranice pod povrchem se zpravidla stanoví svislými rovinami, které procházejí povrchovými hranicemi. Výjimečně se tyto prostorové hranice mohou stanovit podle přirozených hranic. Hranice stanoveného dobývacího prostoru vyznačí orgán územního plánování v územně plánovací dokumentaci. [25]

### **Chráněné ložiskové území**

Ochrana výhradního ložiska proti znemožnění nebo ztížení jeho dobývání se zajišťuje stanovením chráněného ložiskového území. Chráněné ložiskové území zahrnuje území, na kterém stavby a zařízení, které nesouvisí s dobýváním výhradního ložiska, by mohly znemožnit nebo ztížit dobývání výhradního ložiska. Pro ložisko vyhrazeného nerostu se stanoví chráněné ložiskové území v období vyhledávání nebo průzkumu po vydání osvědčení o výhradním ložisku. [25]

### **Důlně měřická dokumentace**

Důlně měřická (a případně geologická) dokumentace musí zahrnovat zejména údaje o ložisku, všechna důlní díla, odvaly, výsypky a odkaliště, jakož i povrchovou situaci v rozsahu celého dobývacího prostoru; je-li možno očekávat vzhledem k úložním poměrům ložiska účinky dobývání i mimo hranice dobývacího prostoru, musí důlně měřická dokumentace obsahovat povrchovou situaci i v dosahu těchto účinků. Jsou-li důlní díla nebo zařízení umístěna mimo dobývací prostor, musí dokumentace zahrnovat i tato díla nebo zařízení. [24]

### **Odpovědnost za vedení DMD**

Organizace při hornické činnosti nebo činnosti prováděné hornickým způsobem je povinna zabezpečit úplnost dokumentace a odborný výkon důlně měřických prací. Za řádný výkon důlně měřické činnosti odpovídá vedoucí pracovník organizace (závodní dolu nebo závodní lomu). Za správnost a úplnost vyhotovené dokumentace a její odborné vedení odpovídá pracovník (hlavní důlní měřič), což potvrdí svým podpisem. Za správnost a úplnost jednotlivých měření a částí dokumentace odpovídá pracovník, který tyto práce prováděl nebo řídil (důlní měřič), což potvrdí svým podpisem. Za vedení speciálního obsahu účelových důlních map na důlně měřickém

podkladu odpovídá odborný pracovník pověřený organizací, což potvrdí svým podpisem. [24]

Hlavní důlní měřič i důlní měřič mohou také převzít dokumentaci vytvořenou jinou osobou či organizací, ale musí ověřit její správnost a stvrdit ji svým podpisem. Po tomto úkonu, za správnost převzaté dokumentace plně zodpovídají.

Funkci hlavního důlního měřiče, může vykonávat osoba, jejíž odborná způsobilost byla ověřena před zkušební komisí Českého báňského úřadu. V krátkosti lze říci, že každý měřičský dokument, který je používán v další činnosti, musí být ověřen a podepsán. Důlní měřič provádí konkrétní měřické práce a vytváří tu část dokumentace, kterou sám měřil a stvrzuje ji svým podpisem. [24]

Popis, povinnosti a funkce hlavního důlního měřiče a důlního měřiče podrobně popisuje §3 a §4 vyhlášky 435/1992 Sb.

### **3.2 OBSAH DOKUMENTACE**

Soubor základní dokumentace je souhrnem veškeré dokumentace těžební organizace od prvních schvalovacích procesů až do ukončení činnosti na ložisku. Její úplnost je důležitá jak při samostatné činnosti na ložisku, tak zejména v době ukončení hornické činnosti.

Dokumentace obsahuje soubor základní dokumentace, který tvoří údaje o chráněném ložiskovém území, popř. chráněném území, o dobývacím prostoru včetně katastrálních území (s uvedením jejich poměrného zastoupení), na kterých je dobývací prostor stanoven, o ochraně povrchu a jiné. Také číselnou část, která obsahuje zápisníky, seznamy souřadnic bodů základních důlních bodových polí, evidenci a pohyb ložiska a jiné. V poslední řadě grafickou část, jejíž součástí jsou náčrty, základní důlní mapa, profily, mapa povrchu a další. [24]

Další součástí této dokumentace je technická zpráva (o převzaté dokumentaci) a evidenční kniha dokumentace. [24]

Následující část popisuje primární tiskové či digitální výstupy, jejichž zpracování bude podrobněji popsáno v praktické části této práce. Jedná se o základní důlní mapu, mapu povrchu, provozní mapu profily a účelovou důlní mapu.

## **ZÁKLADNÍ DŮLNÍ MAPA**

Základní důlní mapa je technickým a právním dokladem organizace, vedeným pro hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem ve smyslu zákona České národní rady č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské zprávě, v platném znění. Vyhotovuje se trvalým způsobem jako originál na základě údajů získaných vlastním měřením nebo převzatých údajů. Jako originál digitální základní důlní mapy se též považuje digitální model základní důlní mapy na paměťových médiích. Grafický tiskový výstup je pak obrazem základní důlní mapy. Základní důlní mapa obsahuje zákresy všech základních hornických, geologických a technických údajů i správních objektů a údajů, které jsou nutné pro vedení prací. Klad listů základní důlní mapy navazuje na dělení evidenční jednotky (triangulačního listu) v souřadnicovém systému jednotné trigonometrické sítě katastrální. [24]

Co se rozumí zejména základní důlní mapou při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí a na povrchu je uvedeno v §14 vyhlášky 435/1992 Sb.

### **Obsah základní důlní mapy**

V základní důlní mapě se uvádějí tyto mimorámové údaje:

- označení listu
- souřadnicový a výškový systém; při použití jiného než předepsaného výškového systému nutno uvést výškový rozdíl
- klad listů s vyznačením jejich rohů, hranic dobývacího prostoru, vyšrafováním předmětného listu a označením mapových listů, uvedených v kladu listů
- vysvětlivky
- o založení základní důlní mapy
- o doplňování základní důlní mapy, o obnovení základní důlní mapy
- těžený nerost, dobývací metoda, použitá technologie
- název organizace
- název ložiska, název dobývacího prostoru, název základní důlní mapy
- měřítko základní důlní mapy
- pořadové číslo listu, evidenční číslo základní důlní mapy
- souřadnice čtvercové sítě na jižním a východním okraji rámu listu

V základní důlní mapě se zakreslují:

- čtvercová síť o rozměrech 100 mm x 100 mm, případně jiná souřadnicová síť
- státní hranice a hranice katastrálních území
- hranice chráněných ložiskových území, chráněných území a ochranných pásem podle zvláštních předpisů dobývacích prostorů, ochranných pilířů, orientačních bezpečnostních celíků, ochranných celíků, ochranných pásem vrtů, případně jiná omezení činností podle §1 včetně uvedení čísla rozhodnutí, jímž byla hranice stanovena
- základní a podrobné důlní bodové pole
- průzkumné vrty, štoly a šachtice
- úplná důlní situace v pásmu nejméně 100 m za hranicí dobývacího prostoru
- linie profilů a řezů, vrty a sondy
- správní, sociální a technologické objekty a zařízení
- odkaliště, odvaly, výsypky, skládky, uložení odpadů a rekultivované plochy

Obsah základní důlní mapy je podrobně uveden v §17 vyhlášky 435/1992 Sb.

Za členění údajů z komplexní databáze digitální základní důlní mapy do jednotlivých vrstev grafického systému odpovídá hlavní důlní měřič; obsah vrstev se uvede v přehledu vrstev a jejich obsahu, který bude průběžně doplňován.

### **MAPA POVRCHU**

Mapa povrchu se vede podle zvláštních předpisů na podkladu pozemkové mapy evidence katastru nemovitostí. Tvoří-li číselný výsledek pozemkové mapy evidence nemovitostí registr souřadnic podrobných bodů, musí být souřadnice podrobných bodů pozemkové mapy a obvody mapy povrchu identické. Mapa povrchu se vede v měřítku základní důlní mapy. [24]

Nedojde-li ke zhoršení čitelnosti a přehlednosti, může být mapa povrchu použita jako podkladová mapa pro základní mapu provedených prací při některých činnostech prováděných hornickým způsobem.

Je-li mapa povrchu vedena digitální formou, je možno využít jak vektorového, tak rastrového zobrazení. Grafický tiskový výstup je pak obrazem povrchové mapy, který je vytvořen soutiskem vrstev grafického systému na jednom listě. [24]

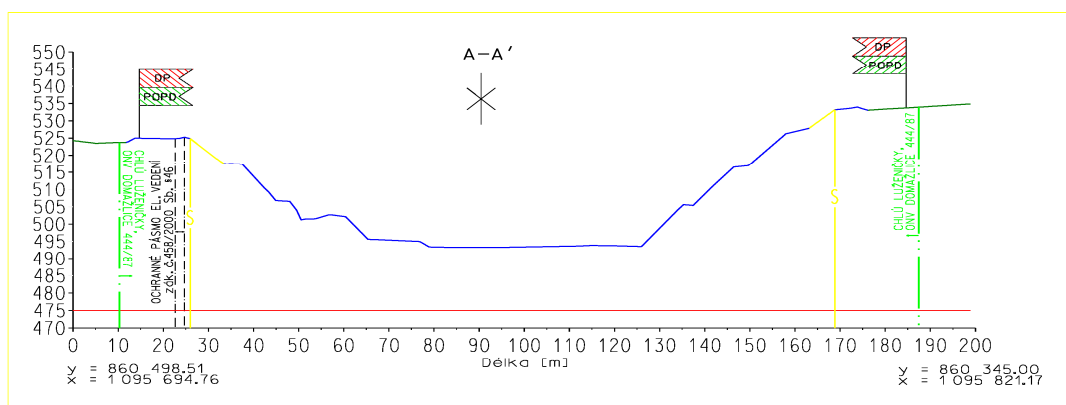
Pro obsah mapy povrchu byly vybrány ty údaje z obsahu základní důlní mapy, které jsou potřebné zejména pro sledování postupu hornických prací či prací prováděných hornickým způsobem. [24]

Obsah mapy povrchu je podrobněji popsán v §19 vyhlášky 435/1992 Sb.

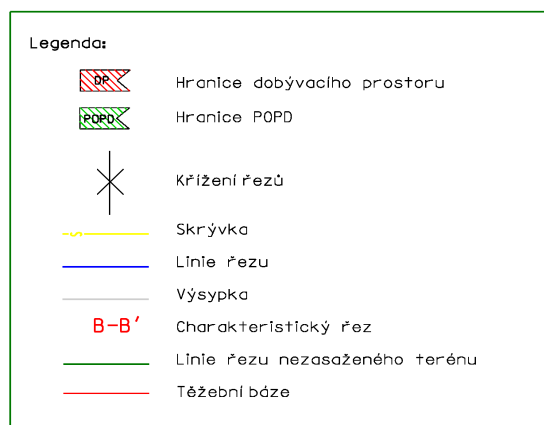
### PROFILY, ŘEZY A JEJICH OBSAH

Profily a řezy se konstruují z naměřených údajů, případně z údajů uvedených v základní důlní mapě ve shodném měřítku délek (viz Obr. 3.1).

Jsou-li profily a řezy vedeny digitální formou, je grafický tiskový výstup obrazem profilů a řezů. Směr, hustota a měřítko profilů a řezů se volí tak, aby poskytovaly potřebné údaje o činnosti. O volbě parametrů profilů a řezů rozhoduje hlavní důlní měřič. Profily a řezy obsahují měřítka výšek a délek a přiměřeně údaje. [24]



Obr. 3.1: Charakteristický řez



Obr. 3.2: Vysvětlivky pro charakteristický řez



## **ÚČELOVÁ DŮLNÍ MAPA**

Do účelových důlních map patří mapy, jejichž vedení je dáno

- zvláštními předpisy [24]
- podle potřeb organizace a rozhodnutí hlavního důlního měřiče

Účelovými důlními mapami jsou zejména:

- provozní důlní mapa
- mapa větrání
- mapa zdolávání havárií
- základní mapa závodu (provozovny)

Účelové důlní mapy vedené digitální formou mají svůj základ v digitální základní důlní mapě a jsou tvořeny odnímáním, doplňováním, popřípadě úpravou vrstev grafického systému.

Soutisk příslušných vrstev (podle charakteru digitální účelové důlní mapy) s podkladem digitální základní důlní mapy - jeho grafický výstup v potřebném měřítku a formátu - je obrazem digitální účelové důlní mapy. [24]

## **PROVOZNÍ DŮLNÍ MAPA**

Nejpoužívanější pracovní mapou pro organizace je provozní mapa, která slouží k různým účelům souvisejícím s hornickou činností. Zpravidla je to nejtypičtější podklad, který využívá závodní lomu. Její výhoda spočívá v tom, že při vhodně zvoleném měřítku a libovolném formátu obsáhne širokou oblast, většinou celý dobývací prostor. Do mapy mohou být doplňovány i vlastní grafické symboly či značky. Provozní důlní mapa se vede v rozsahu provozované otvírky, přípravy a dobývání výhradního ložiska. Vede se zpravidla na jediném listě libovolného formátu; o vhodném měřítku rozhoduje hlavní důlní měřič. Orientace mapy se řídí tvarem zobrazované části ložiska (kry, lomu), účelností a potřebami organizace. V provozní důlní mapě se zakreslí průřezy rámců mapových listů základní důlní mapy s vyznačením jejího kladu listů. [24]

## EVIDENCE DOKUMENTACE

Každý důlně měřický dokument je označen evidenčním číslem. Evidence důlně měřické dokumentace je důležitou součástí úplnosti dokumentace. Potřeba rychlé orientace v dokumentaci má svou důležitost. Jedním z hlavních dokumentů je např. „Evidenční kniha“, kde se evidují všechny vytvořené základní důlní mapy, mapy povrchu, provozní mapy, účelové důlní mapy, profily, ale také technické zprávy i vytvořené CD s důlně měřickou dokumentací. Dokumentace se trvale uchovává tak, aby nedošlo k jejímu poškození, zničení nebo odcizení. V §36 vyhlášky 435/1992 Sb., je popsáno uchování a zabezpečování dokumentace vedené digitální formou.

### 3.3 METODY SBĚRU DAT PRO ÚČELY DMD

- **Metody pozemního a leteckého 3D laserscanningu.** Zřejmě nejmodernější metoda sběru dat je laserové skenování. Jedinečnost této metody je v rychlosti, množství, přesnosti a kvalitě získaných dat. Metoda leteckého laserového skenování je používána především pro rozsáhlé a svým charakterem komplikovanější území. Jedním z hlavních významů je jedinečná možnost periodického sledování průběhu a objemu těžby. [9]



Obr. 3.3: Měřické metody sběru dat - © GEOREAL spol. s r.o.

- **Fotogrammetrické 2D/3D mapování z leteckých měřických snímkování.** Jedná se o metodu sběru prostorových dat, která spočívá především v zachycení situace v jeden okamžik pro celé zájmové území. Metoda také nabízí několik výstupů - 3D vyhodnocení, digitální model terénu a ortofotomapu. Zejména pak 3D mapování pomocí stereoskopického vyhodnocování je zcela plnohodnotnou geodetickou metodou sběru dat. Ortofotomapa slouží jako podklad pro evidenci, kontrolu a projekční činnost. [9]
- **Pozemní a družicové metody zaměřování** (teodolit, GNSS-RTK). Při měření tradičními geodetickými metodami a postupy jsou použity nejmodernější totální stanice se samoodraznými laserovými dálkoměry s dosahem až 900 metrů. Velice efektivní a rychlou metodou pro sběr dat v přístupných částech povrchových lomů je metoda GNSS. [9]
- **Sonarové měření dna vodních ploch.** K potřebným metodám sběru dat patří také zaměřování hloubek dna vodních ploch sonarem a návazné zpracování digitálních 3D modelů dna. Tyto informace jsou standardní součástí DMD. [9]

## 4 POUŽITÉ PROGRAMY

V následující kapitole jsou popsány specializované programy pro zpracování dat získaných laserovým skenováním.

### 4.1 DULMAP

System DULMAP je aplikační nadstavba prostředí MicroStation Bentley. Tato nadstavba byla použita proto, že obsahuje nástroje pro modelování lomu s možností vytvářet důlní mapy dle příslušné technické legislativy.

Pro zpracování důlně měřické dokumentace je DULMAP ideálním softwarem. Lze pomocí něj snadno a rychle vytvořit mapy ze získaných dat povrchových lomů. Mapy jsou kompletovány z jednotlivých tematických výkresů např. polohopis, inženýrské sítě nebo mapa lomu, které jsou ve formátu DGN a obsahují soubor bodových, plošných či liniových prvků. Z jakých tematických výkresů se jednotlivé mapy např. provozní mapa, či základní důlní mapa skládají, respektive jaké prvky musejí obsahovat, je popsáno v *Kapitole č. 3.2*. Software byl zvolen v této práci pro zpracování dat testovací oblasti kaolinového ložiska – Horní Bříza. Licenci pro software DULMAP poskytla k využití firma GEOREAL spol. s r.o.

Vlastnosti systému DULMAP slouží k vytvoření a údržbě datové základny geografického informačního systému o důlní lokalitě. Základem je vytvoření skutečného stavu lomu k určitému datu. Grafická data jsou ukládána zejména ve 3D výkresových souborech a jsou provázána se samostatnými databázemi o pevných a podrobných bodech, liniích, vrtech a těžebních územích, případně s databázemi správy základních prostředků, katastru nemovitostí či dalších údajů. [11]

DULMAP podporuje kresbu značek důlní mapy i mapy velkých měřítek (české technické normy 013411), umožňuje dynamickou tvorbu svahových a dalších parametrických důlních značek. [11]

#### **Další důležité vlastnosti systému:**

- podpora tvorby svahových značek
- podpora vektorizace rastrových podkladů
- zpracování dat z digitálního zápisníku

- podpora tvorby mapy kresebnými funkcemi s možností nejen využívat bodové pole zadáním čísel bodů či jejich posloupností, ale i funkčnost systému MicroStation
- podpora připojení webových mapových služeb

System obsahuje osvědčené funkce pro orientaci v kladu mapových listů různých souřadnicových systémů. Umožňuje pokrytí grafického prvku mapovými listy zvoleného kladu nebo zobrazení křížků hektometrické sítě zvoleného měřítka kdykoli v průběhu kresby. [11]

Z kresby je možné generovat výstupní soubory ve formě výřezu. Je podporována tvorba různých forem výstupu **důlní mapy (provozní, technická, důlní mapa, včetně redukce obsahu mapy v závislosti na měřítku)**. Výstupní soubor je možno dalšími funkcemi upravovat (velikosti textů, značek a jejich posuny či viditelnost). [11]

## ZÁKLADNÍ POJMY A PRÁCE S DATY

### *Zakázka*

Zpracování dat probíhá na nezávislých zakázkách. V rámci zakázky jsou data členěna do lokalit, kde jejich počet v jedné zakázce není omezen.

### *Lokalita*

Založením lokality vznikne adresář pojmenovaný stejně jako lokalita a na něm tyto soubory a podadresáře:

- **DATA** - adresář pro seznamy souřadnic
- **DGN** - adresář výkresů
- **SEED** - zakládací výkresy
- **SOUVISLOSTI** - adresář pro související dokumenty (technické zprávy)
- **TMP** - výstupní výkresové soubory, protokoly, textové výpisy

### *Kategorie*

Datová struktura zakázky je členěna na **kategorie** a **skupiny**. Kategorii odpovídá výkres. Každý výkres patří pouze do jedné kategorie. Je předem nadefinovaná, nebo lze nadefinovat svojí vlastní.

## Výkres

Nadstavba pracuje s výkresy dvěma způsoby - aktivně a pasivně.

- **aktivně** - výkres je zapsán do databáze zakázky, má přiřazenou kategorii podle datového modelu a měřítko
- **pasivně** - výkres není zapsán do databáze zakázky, nemá přiřazenou kategorii ani měřítko.

## Vrstvy

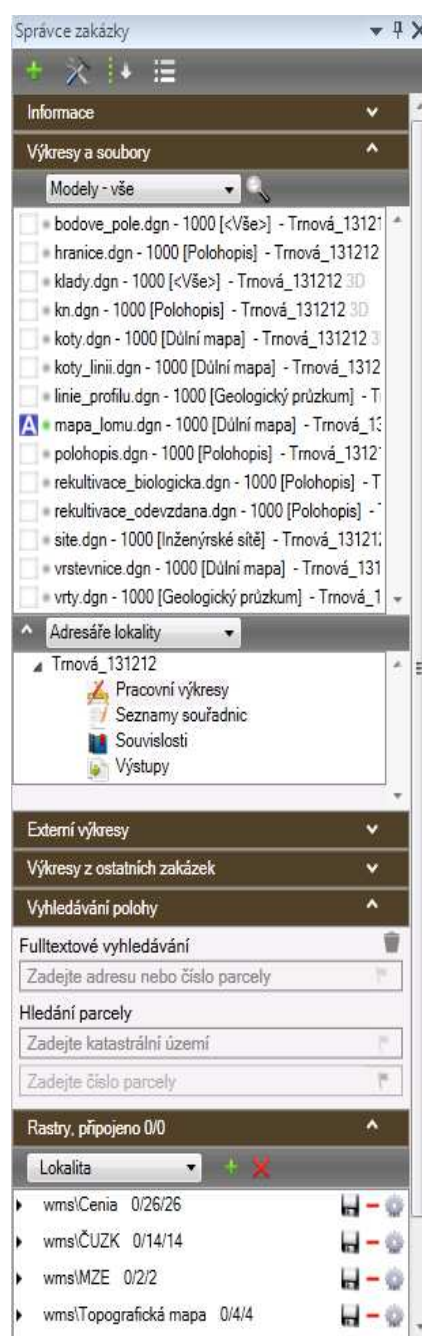
Při každém otevření výkresu jsou vytvořeny všechny vrstvy podle definice příslušné kategorie; jejich názvy jsou odvozeny z názvu skupiny.

## Správce zakázky

Správce zakázky obsahuje všechny informace o zakázce, umožňuje spravovat všechny dokumenty související se zakázkou - nejen vlastní výkresy a rastry, ale i seznamy souřadnic, technické zprávy, fotografie nebo další dokumenty.

[Spuštění funkce](#) ⇒ [Správa](#) → [Správce zakázky](#)

- panel **Informace** - zobrazuje informace vztahující se k zakázce, aktivnímu výkresu a lokalitě
- panel **Výkresy a soubory zakázky** - zobrazuje všechny soubory ze všech lokalit zakázky
- panel **Externí výkresy** - umožňuje referenčně připojit výkresy z libovolného místa na disku
- panel **Výkresy z ostatních zakázek** - umožňuje referenčně připojit výkresy z jiných zakázek
- panel **Vyhledávání polohy** - vyhledávání polohy na základě údajů v databázi RÚIAN, fulltextové vyhledávání - názvy obcí, městských částí, ulic
- panel **Rastry** - připojení rastrů pomocí WMS služby



## 4.2 RiSCAN PRO

Software RiSCAN PRO poskytuje rakouská firma RIEGL ke svým 3D laserovým skenovacím systémům.

Software je projektově orientován, což znamená, že všechna data získaná během měření jsou spravována a uložena v projektové struktuře programu RiSCAN PRO. Tato data obsahují vlastní data skenů, souřadnice daných bodů a připojovacích bodů, a také všechny transformační matice nezbytné pro transformaci dat z vícenásobných skenů do společného přesně stanoveného souřadnicového systému. Pokud je laserový skener vybaven volitelnou digitální kamerou s vysokým rozlišením, mohou být rovněž takto získané obrazy pomocí softwaru zpracovány do výsledného 3D modelu. [16]

Program je navržen tak, aby se minimalizoval čas potřebný pro pořízení dat v terénu. Automatické skenování signálních bodů dává uživateli možnost transformovat přímo a navíc s vysokou přesností všechna skenovaná data do předem definovaného souřadnicového systému.

Sběr dat pomocí RiSCAN PRO nabízí možnost jejich post-processingového zpracování. Součástí základního programového balíku jsou též funkce pro generování sítí z mračen bodů představovaných skenovanými daty, připojení informace o barvě ke všem laserovým měřením, generování nezkreslených a současně spojených obrazů s vysokým rozlišením pro potažení sítě texturou, tvorbu objektů z mračen bodů a mnohé další. [23]

### ZÁKLADNÍ PROSTŘEDÍ RiSCAN PRO

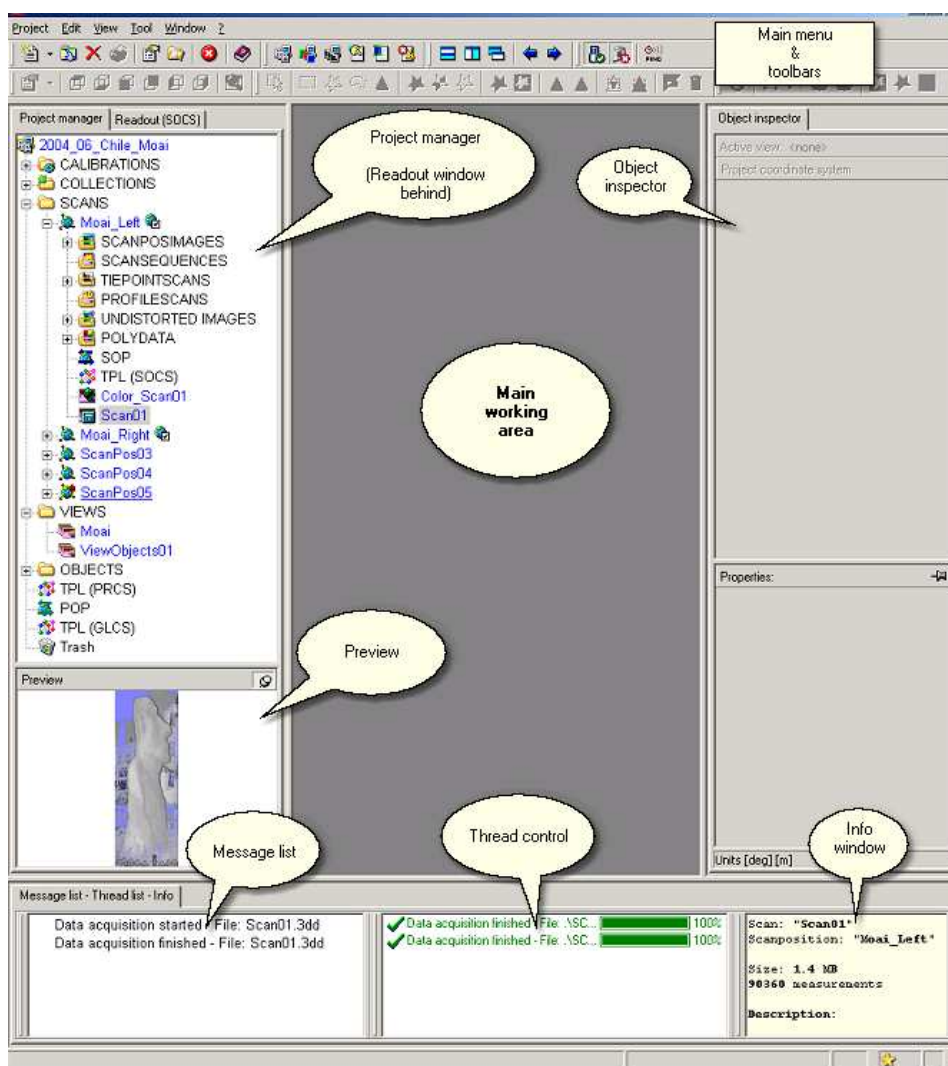
Hlavní okno RiSCAN PRO je modulární. Lze se rozhodnout, které nástroje by měly být zobrazeny, a kde by měly být umístěny. Konfigurace (viditelnost a pozice) jsou uloženy při vypnutí a obnoveny při příštím spuštění. Následující obrázek (viz *Obr. 4.1*) ukazuje RiSCAN PRO s výchozí konfigurací:

#### **Projektový manažer** (*Project manager*)

Okno projektového manažera zobrazuje tzv. stromovou strukturu projektu. Pohled na „strom“ obsahuje položky (obrázky, konfigurace, kalibrace atd.) uložené v projektu.

#### **Obsah náhledu** (*Preview window*)

Toto okno je umístěno ve spodní části projektového manažera a zobrazuje miniatury aktuálně zvolených položek, např. obrázků.



Obr. 4.1: Hlavní okno RiSCAN PRO - © Riegl

### Okno se seznamem zpráv (*Message list*)

Seznam zpráv zobrazuje všechny zprávy vytvořené pomocí funkce RiSCAN PRO. Zprávy jsou uloženy s projektem. Tak lze mít kompletní přehled všech akcí provedených v rámci tohoto projektu.

### Okno procesů (*Thread window*)

V tomto okně se zobrazí seznam všech spuštěných procesů. Jsou to procesy, které mohou trvat velmi dlouho, jako je sběr dat nebo snímání obrazu. Procesy jsou spuštěny v „pozadí“, lze pokračovat v práci, i když v omezenějším rozsahu.

### Informační okno (*Info window*)

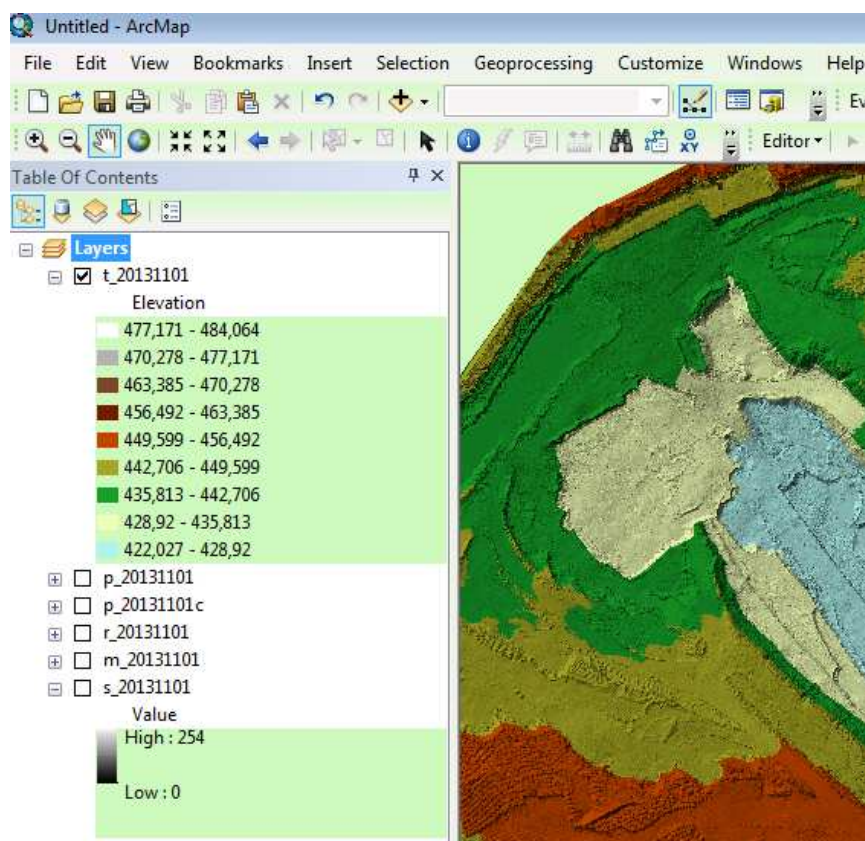
Informační okno zobrazuje některé informace o aktuálně vybraného objektu, jako je počet bodů nebo velikost souboru.



### 4.3 ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop je software americké společnosti ESRI, která se zabývá zejména vývojem softwaru určeného pro práci s geografickými informačními systémy. V České republice je hlavním distributorem společnost ARCDATA Praha s.r.o.

Tento software tvoří sada produktů pro vytváření, správu, analýzu a vizualizaci geodat, která umožňuje budování geografického informačního systému. Funkcionalitu ArcGIS lze rozšířit o různé uživatelské nadstavby, vyvíjené se ve standardních programovacích prostředích.



Obr. 4.2: Prostředí programu ArcMap

ArcGIS je licencován ve třech úrovních – Basic (dříve ArcView), Standart (dříve ArcEditor) a Advanced (dříve ArcInfo), které se liší svojí funkcionalitou. [2]

*ArcGIS for desktop BASIC (ArcView)* tvoří sada aplikací: ArcMap, ArcCatalog, ArcScene, ArcToolbox a ModelBuilder. ArcView je nástroj pro tvorbu map, zpráv a získávání informací z prostorových dat pomocí analytických nástrojů. [2]

#### Přehled funkcí:

- tvorba a správa dat
- interaktivní tvorba map, návrh a tvorba map
- dotazování na mapu a nástroje pro práci s mapou
- přímé čtení datových formátů, integrace dat
- práce s rastrovými daty
- přístup ke službám na internetu a jiné

*ArcGIS for desktop STANDARD (ArcEditor)* je určen zejména pro tvorbu nových dat GIS a pro editaci a správu dat stávajících. Obsahuje všechny základní funkce, které jsou součástí ArcGIS for desktop BASIC, ale jeho hlavním přínosem je právě možnost pokročilými způsoby vytvářet nová data, kontrolovat jejich kvalitu a přesnost, pomocí nejrůznějších nástrojů je upravovat (editovat) a spravovat. [2]

#### Přehled funkcí:

- plné možnosti správy datového modelu geodatabáze
- editace a kompilace geodatabáze
- kartografická tvorba
- digitalizace skenovaných map, editace rastrů a jiné

*ArcGIS for desktop ADVANCED (ArcInfo)* obsahuje veškerou funkcionalitu ArcGIS for Desktop Basic a ArcGIS for Desktop Standard, a navíc přináší škálu analytických a kartografických funkcí. Pomocí nich lze výrazně zvýšit produktivitu při zpracování geografických dat a tvorbě kartografických výstupů. [2]

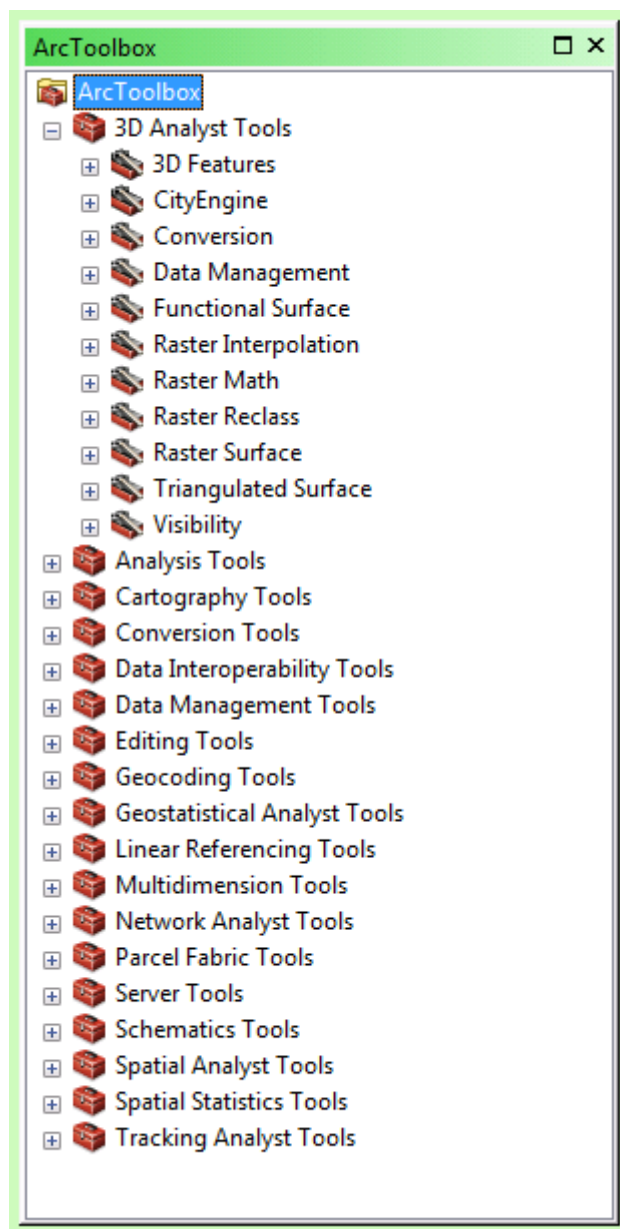
#### Přehled funkcí:

- Plné možnosti zpracování a analýzy dat
- Pokročilé umístování popisků
- Kartografická tvorba

Produkty z kategorie ArcGIS for Desktop jsou tvořeny aplikacemi ArcMap a ArcCatalog. Pro správu a analýzu geografických dat je v obou aplikacích k dispozici bohatý soubor nástrojů umístěných v uživatelském rozhraní ArcToolbox. Pro méně

složité úpravy je k dispozici grafické programovací prostředí Model Builder, pro náročnější postupy lze využít integrovaný programovací jazyk Python. [1]

Zpracování dat pro výpočet kubatur (viz *Kapitola č. 8*) bylo provedeno v aplikaci **ArcMap** s pomocí nástrojů **ArcToolbox** a programovacího jazyka **Python**. Tento software byl pro účely této práce zapůjčen firmou GEOREAL spol. s r.o.



Obr. 4.3: ArcToolbox

## 5 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE

V následujících několika kapitolách, které jsou součástí praktické části této práce, je podrobně popsán **sběr dat, zpracování naměřených dat a jejich následná vizualizaci**, tedy vytvoření koncových výstupů a také **vytvoření nástroje, do něhož vstupují již zpracovaná data**.

Úvodní kapitolou praktické části je popis povrchového lomu Horní Bříza, který byl zvolen jako testovací oblast pro popis zvolených postupů. Jedním z rozhodujících faktorů výběru testovací oblasti byla právě rozloha tohoto lomu. Cílem bylo vytvořit efektivní postup pro tvorbu důlně měřické dokumentace a nejlépe v lomu, kde se každoročně hodně mění povrch v důsledku těžby a práce s vyhodnocením aktuálních dat a výpočtem kubatur je poměrně náročná. Lom byl také vybrán kvůli jeho dostupnosti. Nachází se nedaleko Plzně na severním okraji města Horní Bříza.

Dále byla popsána metoda pro získání dat, v tomto případě použití pozemního laserového skenování. Data byla během měření ukládána přímo do projektu založeného v programu RiSCAN PRO (*viz Kapitola č. 8*). Testovací oblast se rozkládá na poměrně velkém území, proto bylo zapotřebí zvolit dostatečný počet skenovacích pozic. Během skenování byla přímo v terénu vytvářena přehledka z již naskenovaných mračen bodů. Tento krok se ukázal jako klíčový, protože poskytoval přehled o naskenovaných datech a rovnou v terénu bylo poznat, jaká část je již dostatečně proměřená a co ještě schází doměřit. Celý proces skenování probíhal pod odborným dohledem zkušeného důlního měřiče Ing. Martina Vacka (zaměstnanec společnosti GEOREAL spol. s r.o.), který pomohl především s připevněním laserového skeneru a s přípravami měřického vybavení. Během skenování zájmové oblasti se podělil se svými dlouholetými zkušenostmi a poskytl mnoho cenných rad.

Po získání všech potřebných dat, probíhalo zpracování formou post-processingu. Podrobným zpracováním např. filtrací nebo spojením mračen bodů se zabývá *Kapitola č. 8*. Data byla zpracována v programu RiSCAN PRO, ze kterých vzniklo jedno jediné mračno bodů, uložené jako soubor DXF. Tento soubor byl dále zpracováván pomocí specializovaných programů. Zvolené programy jsou popsány v *Kapitole č. 4*. Práce s naměřenými mračny bodů probíhaly samostatně, ale v některých částech s využitím zkušeností Ing. M. Vacka a literatury zabývající se touto problematikou.

V dalších kapitolách je snaha poukázat na opakované využití jednou naměřených dat pomocí vhodně zvolené měřické metody. Protože je diplomová práce zaměřena na konkrétní problematiku, jakou je měření povrchových lomů, je také zpracování mračna bodů řešeno v oblasti důlního měřictví. Jednou ze zásadních činností je vypracování důlně měřické dokumentace (viz *Kapitola č. 9*). Během práce s daty se testovalo několik způsobů jak nejlépe a efektivně vytvořit postup pro zpracování DMD. Při řešení postupů nastalo několik překážek, které byly vyvolané např. problémy s funkčností zvolených programů. I přesto, že se v dnešní době vývoj informačních technologií značně posunul vpřed, je stále co zlepšovat. Při zpracování probíhala vzájemná komunikace a spolupráce s vývojovým střediskem specializovaného programu DULMAP. Výsledkem společné komunikace byly změny, doplňky či opravy některých funkcí, které program nabízel nebo nyní nabízí. Díky této spolupráci byl nakonec zvolen jeden z navrhovaných postupů, který se při práci nad daty povrchového lomu, ať už získaných pomocí měření nebo doplňujícími daty poskytnutými jinou pověřenou organizací, ukázal jako velice efektivní. Celý tento postup je podrobně popsán v *Kapitole č. 9*.

Jako předposlední kapitolou je do práce zařazen stručný popis geografického informačního systému DuGIS vytvořeného nad daty povrchových lomů. Podrobnější popis a práce s daty nebo také vylepšení funkčnosti by bylo spíše tématem nějaké další rozsáhlé práce. Nicméně je zde přesto uveden, protože je součástí zvoleného postupu při zpracování DMD (vytváření digitálního modelu terénu a databáze vrtů – viz *Kapitola č. 9*) a také proto, že byla do tohoto informačního systému vkládána všechna data potřebná pro vedení důlně měřické dokumentace i její výstupy. Dalším důvodem může být i to, že je DuGIS jednou z aplikací využívající data laserového skenování v důlním měřictví a v rámci této práce bylo provedeno plnění aplikace daty za pomoci zaměstnanců společnosti GEOREAL spol. s r.o. z oddělení GIS.

V závěrečné kapitole je představen nástroj pro určování kubatur, který byl vytvořen na základě myšlenky snadnějšího a rychlejšího způsobu zpracování. Určování kubatur se před vytvořením této práce zpracovávalo v prostředí ArcGIS pomocí nabízených nástrojů. K dosažení výsledné kubatury bylo zapotřebí použít několik nástrojů, do kterých se načítaly různé vstupní soubory. Proces byl zdlouhavý a pro uživatele nepohodlný. Uživatel musel čekat, až doběhne proces jedné funkce pak najít a zvolit další funkci. Proto je součástí této práce nástroj, který obsahuje dva skripty, do kterých

se zadávají vhodné vstupní soubory a nástroj všechny výstupní soubory a koncové určení kubatury vytvoří najednou. Mezi prvním a druhým skriptem je třeba stejně jako v původním postupu provést určitou část samostatně bez automatizace, ale díky vytvořeným skriptům je to jen nepatrná část procesu. Nástroj je zpracován pro prostředí ArcGIS v jazyce Python a poslední část druhého skriptu je vytvořena pomocí jazyka Visual Basic .NET. Pro vytvoření byla nastudována problematika a způsob psaní v jazyce Python. Pomocí skriptů se podařilo vytvořit nástroj, který splňuje to, co bylo účelem. Spolupráce na vytvoření skriptů z velké části probíhala s Ing. Lucíí Vokounovou (zaměstnankyní společnosti GEOREAL spol. s r.o. - oddělení GIS).

## 6 TESTOVACÍ OBLAST – KAOLINOVÝ LOM – HORNÍ BŘÍZA

Pro zpracování důlně měřické dokumentace a určení kubatur bylo vybráno kaolinové ložisko (resp. lom) Horní Bříza, které se jako geologický útvar rozkládá na značně velké ploše, na níž během dlouhé doby vznikly hlavní kaolinové závody. Těžba na tomto ložisku byla zahájena v roce 1883 na jeho jihovýchodním okraji. V roce 1951 došlo ke změně v těžbě kaolinu, kdy dosavadní kombinovaná těžba povrchová a podzemní byla nahrazena pouze těžbou povrchovou.

Kaolinové ložisko Horní Bříza leží v Plzeňském kraji, na severním okraji města Horní Bříza. Jedná se o jámový lom, ve kterém se těží bělavé kaolinové pískovce různé zrnitosti. Těžba probíhá pomocí strojní dobývací metody ve dvou dobývacích prostorech, kterými jsou Trnová I. a Trnová II. Realizaci těžby, úpravu a zpracování kaolinů, jílu a živců zde provádí společnost LB MINERALS, s.r.o. Geomorfologicky náleží zájmové území do jižní části podcelku Kaznějovská pahorkatina, (celek Plaská vrchovina, oblast Plzeňské pahorkatiny, subprovincie Poberounská). Hydrologicky náleží do povodí řeky Berounky a je odvodňována bezejmennými přítoky říčky Bělé do Třemošné a tou pak do Berounky.



Obr. 6.1: Ložisko Horní Bříza - © GEOREAL spol. s r.o.

## 7 SBĚR DAT

Vhodnost použití dané metody je odvislá od konkrétního měření a místní situaci (charakteristice lomu) jeho rozloha, typ dobývaného nerostu, aktuální přírodní podmínky a mnoho dalších.

Pro zpracování a aktualizaci důlně měřické dokumentace je pro účely této práce zvoleno zaměření pozemním laserscanningem, doplněné pozemními (GNSS) metodami (*viz Kapitola č. 7.1*).

Pozemní laserové skenování ložiska Horní Bříza bylo provedeno na podzim roku 2013 za účelem sběru dat pro zpracování důlně měřické dokumentace. Prvotním výstupem laserového skenování jsou již zmiňovaná tzv. mračna bodů, zaměřená z několika stanovisek, tak aby měření pokrylo celou plochu zájmové oblasti. Pro zpracování DMD, výpočet kubatur a následnou vizualizaci je potřeba mračna bodů spojit a vytvořit tak spojitý model. Při měření byl kladen důraz na vhodnou volbu rozmístění stanovisek. V povrchovém lomu je při měření třeba dbát na to, aby veškeré zájmové skutečnosti byly dostatečně proměřeny, a výsledné mračno bodů neobsahovalo slepá místa. Úkolem bylo zaměřit a vytvořit pozemním laserovým skenováním vhodný prostorový model pro zpracování DMD a výpočet kubatur.

### **Shrnutí zvoleného postupu:**

- Rekognoskace zájmového území a volba stanovisek pro skenování
- Sběr dat
- Úpravy a spojování mračen bodů
- Vizualizace dat

### **Rekognoskace a volba stanovisek**

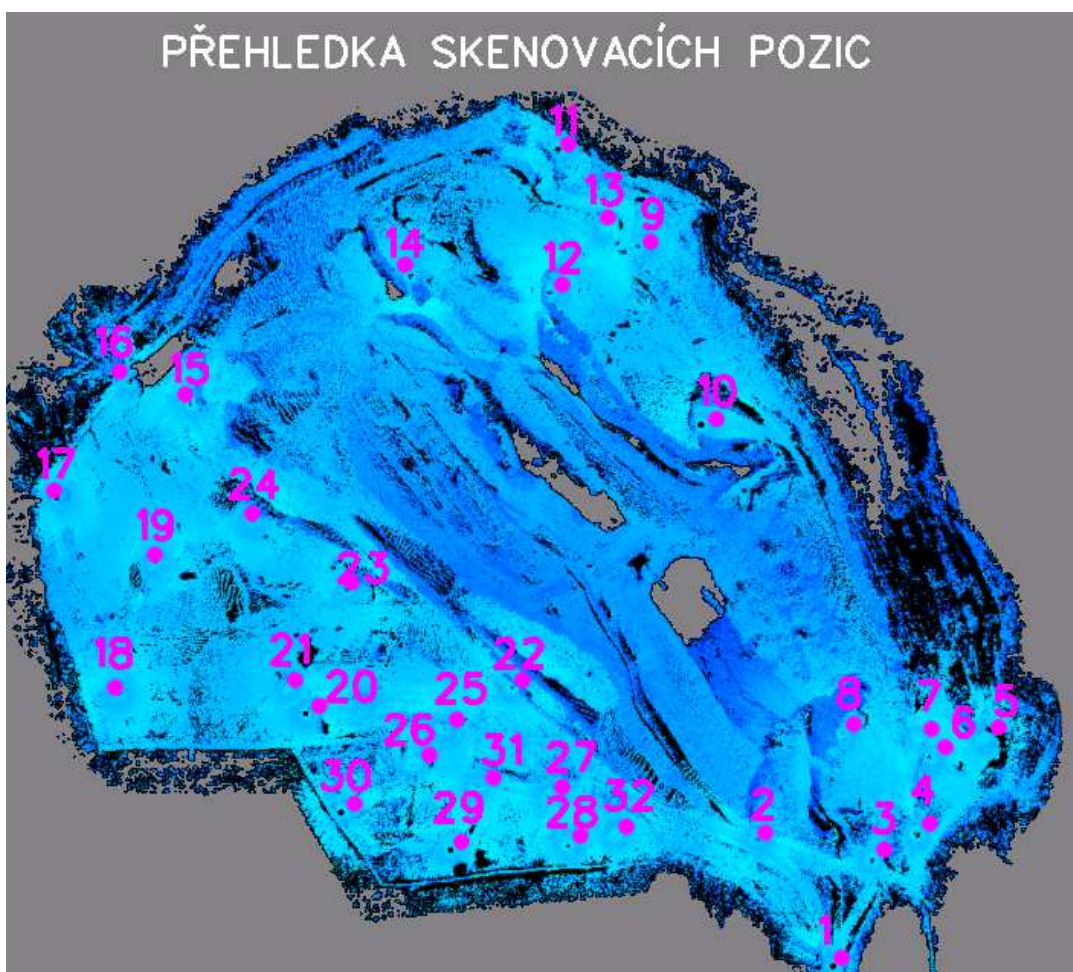
Při rekognoskaci testovacího území – ložiska Horní Bříza bylo v závislosti na možnostech a vlastnostech skeneru naplánováno rozmístění stanovisek. Z důvodů členitého povrchu ložiska bylo zvoleno pro laserové měření 32 skenovacích pozic (*viz Obr. 7.1*).

### **Sběr dat**

Laserové měření zahrnuje získávání prostorových informací o zájmové lokalitě, čímž jsou souřadnice bodů ležících na jeho povrchu. Při samotném procesu skenování byl zvolen výběr a nastavení vhodných parametrů do řídicího programu skenovacího



systemu RiSCAN PRO a následné spuštění procesu skenování. Parametry, které byly nastaveny, vymezují oblast skenování, hustotu a přesnost zaměřených bodů. Hustota skenování je důležitým parametrem, který určuje podrobnost povrchu lomu, množství naměřených dat a dobu měření. Při volbě úhlového kroku na skenovací pozici, je třeba vycházet z toho, v jakém nejmenším rozestupu bodů, má být naskenován výsledný povrch. V tomto případě byla určena hustota 120 úhlových vteřin, což ve výsledku znamená mračno bodů se dvěma milióny body na každé skenovací pozici.



*Obr. 7.1: Přehledka skenovacích pozic*

Proces měření byl spuštěn na notebooku připojeném ke skeneru v programu RiSCAN PRO. Spuštění procesu skenování bylo provedeno na každém stanovisku. Systém automaticky zaznamenává naměřené body a automaticky je ukládá do paměti počítače. Výsledkem měření byla již zmiňovaná mračna bodů v lokálním souřadnicovém systému skeneru.

## Úpravy, spojování a vizualizace mračen bodů

U naskenovaných mračen bodů byly odstraněny odrazy v prostoru mezi skenerem a zájmovým územím. Poté byly odstraněny body, které byly naskenovány již mimo zájmovou oblast a pro zpracování byly nadbytečné. Podrobný postup při úpravě, spojování a vizualizaci lze nalézt v *Kapitole č. 8*.

### 7.1 POZEMNÍ 3D LASERSCANNING A REAL TIME KINEMATIC

Vlastní zaměření probíhalo laserovým skenerem **Riegl LMS-Z420i**. Po první předběžné rekognoskaci terénu byla rozvržena síť stanovisek (skenovacích pozic) tak, aby obsáhla veškerou zájmovou část lomu. V průběhu měření bylo souběžně prováděno zaměřování souřadnic bodů skenovacích pozic metodou GNSS RTK (s napojením na permanentní síť stanic CZEPOS). Laserový skener byl připevněn na střechu automobilu pomocí ocelového sloupku (viz *Obr. 7.2*). Přijímač pro GNSS byl připevněn na skener pomocí nucené centrace a celý skenovací systém byl propojen s přenosným počítačem se zvoleným softwarem, který ovládá celý proces skenování.

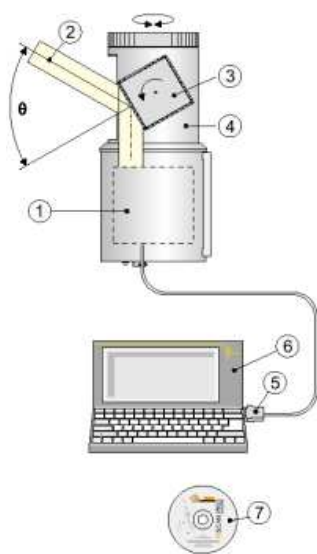
S novou realizací ETRS89 vydal ČÚZK transformační klíč s platností pro celé území České republiky. Přesnost transformace novým „globálním klíčem“ je dána charakteristikou:  $m_{xy} = 0.025$  m. Tato přesnost je plně dostačující pro účely aktualizace DMD. Přesnostmi se zabývá *Příloha č. 2 vyhlášky 435/1992 Sb.* Pomocí globálního transformačního klíče ČÚZK mezi soustavou zeměpisných souřadnic WGS 84 (res. ETRS89) a geodetickým systémem S-JTSK byly získávány souřadnice měřených bodů přímo v tomto geodetickém systému.



*Obr. 7.2: Laserscanning v povrchovém lomu pomocí skeneru Riegl LMS-Z420i*

## 7.2 3D LASEROVÝ ZOBRAZOVACÍ SKENER LMS-Z420i

3D laserový skener RIEGL LMS-Z420i je robustní, ale plně přenosný skener konstruovaný zejména pro rychlé a vysoce přesné získávání trojrozměrných modelů i při velmi náročných povětrnostních podmínkách. Skener RIEGL LMS-Z420i poskytuje jedinečnou a bezkonkurenční kombinaci širokého zorného pole, velkého měřického dosahu a rychlosti při získávání dat. Ve spojení s běžným notebookem s operačním systémem Windows a programovým balíkem 3D-RiSCAN dává uživateli možnost získat přímo v terénu vysoce kvalitní 3D data. [17] Propojením skeneru s přesně kalibrovaným digitálním fotoaparátem přináší další rozšíření možností. Lze pořídit sady fotografií snímané scény a tak mračno bodů doplnit o barevnou informaci, popřípadě vytvořit barevnou ortofotomapu nebo texturovaný 3D model snímaného objektu. [17]



Elektronika dálkoměru (1) 3D skeneru RIEGL LMS-Z420i je konstruována tak, aby vyhověla požadavkům vysokorychlostního skenování (vysoký počet laserových měření, rychlé zpracování signálu a vysokorychlostní datové rozhraní). Vertikální vychýlení laserového paprsku (2) se provádí pomocí polygonového odražeče (3) s několika odraznými plochami. Pro vysoce rychlostní skenování a pro provádění vertikálního skenu v úhlu  $0^\circ$  až  $80^\circ$  se polygonový odražeč nepřetržitě otáčí nastavitelnou rychlostí. Pro případ pomalého skenování anebo při malých skenovacích úhlech osciluje lineárně nahoru a dolů. Skenování v horizontálním směru se provádí otáčením celé optické hlavy přístroje (4) o  $360^\circ$ . Získávání informací: délky, úhlu, amplitudy signálu zajišťuje paralelní datový výstup, který je připojen přímo do kompatibilní externí řídicí jednotky, např. na paralelní port (5) přenosného počítače (6) vybaveného programem 3D-RiSCAN (7). Program 3D-RiSCAN umožňuje uživateli provádět velké množství úloh, včetně konfigurace skeneru, získávání dat, vizualizace dat a zpracování a archivaci dat. Program 3D-RiSCAN pracuje pod operačním systémem Windows. [17]

## 8 ZPRACOVÁNÍ MRAČEN BODŮ

Tato kapitola se zabývá zpracováním mračen bodů v softwaru RiSCAN PRO. Pomocí tohoto softwaru je ovládán laserový skener a celý proces skenování. Software byl nainstalován na přenosný počítač, který byl připojen k laserovému skeneru. Kapitola je rozdělena na dvě části - na část popisující získávání a předzpracování dat přímo v terénu a na část, popisující přesné zpracování dat v kanceláři tzv. post-processing.

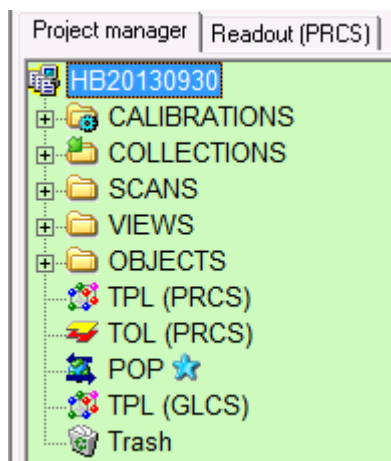
### 8.1 ZÍSKÁVÁNÍ A PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT V TERÉNU

Prvním krokem je založení nového projektu, ve kterém jsou data zpracovávána. Projekt je založen kliknutím levého tlačítka myši na záložku *Project*, kde je vybrána položka *New* a zvolí se, kam bude projekt všechna data ukládat a pod jakým názvem.

V tomto případě byl projekt pojmenován **HB20130930** (tzn. Horní Bříza - 30. 9. 2013). Po založení a otevření nového projektu se zobrazí prostředí programu RiSCAN PRO (viz *Kapitola č. 4.2*). V levé části uživatelského prostředí se nachází okno **Project Manager** (viz *Obr. 8.1*), ve kterém jsou spravována data, související s daným projektem.

Pro tuto práci byly využívány hlavně tyto složky:

- **SCANS, VIEWS, OBJECTS a TPL (GLCS)**



Obr. 8.1: Struktura složek

## Složka - SCANS

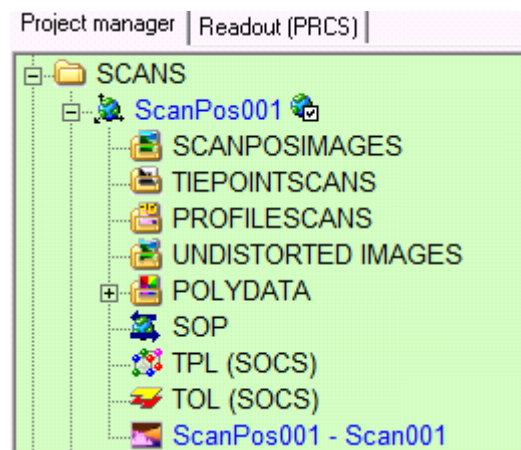
Po založení projektu se postupně zakládají skenovací pozice (tzv. ScanPosty). Kliknutím pravým tlačítkem myši na složku **SCANS** a zvolením položky **New scanposition** se založí ScanPost. Na založený ScanPost se opět kliknutím myši volí **New single scan** a nastaví se pojmenování skenovací pozice. Ta jsou označena písmeny SP a čísly (SP01, SP02, SP03 atd.). Při zakládání skenovacích pozic tento nástroj vyžaduje zadání následujících parametrů:

- Úhlový krok skenování – tento parametr vyjadřuje detailní skenování. Při měření v lomech je nejčastěji používán krok 120 úhlových vteřin.
- Rozsah skenování - horizontální úhel – 0°- 360°
- Vertikální vychýlení laserového paprsku - 0°- 80°

Poté co jsou parametry nastaveny, potvrzením tlačítka **OK** je spuštěno samotné skenování jednoho mračna bodů. Průběh skenování lze sledovat přímo v uživatelském prostředí programu a procento dokončení skenování dat lze sledovat v okně procesů (*thread window*).

Tento postup byl opakován na všech zvolených skenovacích pozicích. Pro účely této práce bylo skenováno celkem z 32 skenovacích pozic. Mračna bodů z jednotlivých stanovisek jsou ukládána do složky **SCANS**.

Každá skenovací pozice obsahuje svojí datovou strukturu, do které se vytváří data spojená se stanoviskem. Poslední položka na *Obr. 8.2* (ScanPos010-Scan001) znázorňuje soubor naskenovaného mračna bodů.

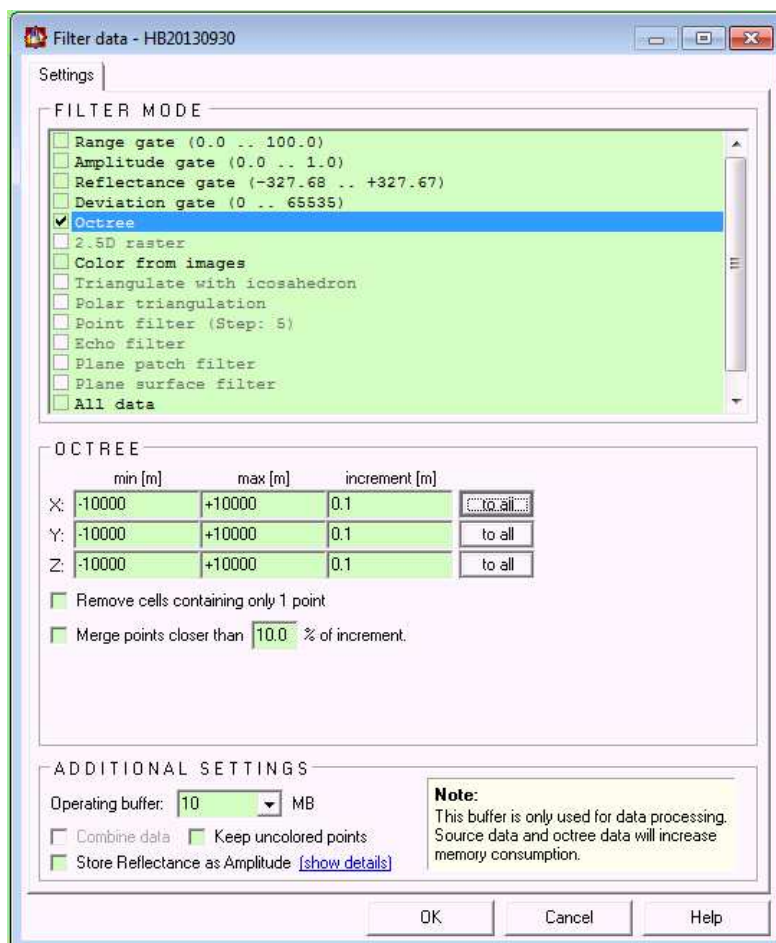


*Obr. 8.2: Datová struktura skenovací pozice*

Během skenování v terénu je velice důležité si udržovat přehled o tom, zda už je zaměřeno vše, co je předmětem měření, popřípadě co ještě chybí ve skenované zájmové oblasti doměřit. Proto je třeba vytvořit si tzv. Přehledku, kterou tvoří filtrovaná mračna bodů z již zaměřených dat. Vzhledem k velkému množství dat, která se v průběhu tvorby modelu zpracovávají, je vhodné mračno bodů filtrovat pomocí zvoleného filtru. Kliknutím pravým tlačítkem myši na soubor vytvořeného mračna bodů se vybere možnost **Filter data**. Otevře se dialogové okno pro filtraci dat, ve kterém se zvolí filtr **Octree** (viz Obr. 8.3). Filtr Octree vyžaduje zadání následujícího parametru:

- Velikost krychle (nebo také rozměr kvádru), ve které jsou zprůměrovány všechny body na jeden jediný bod.

Ve složce **OBJECTS** → **POLYDATA** bylo vytvořeno mračno bodů s filtrovanými daty. Tento soubor byl tímto postupem vytvořen postupně u všech skenovacích pozic.



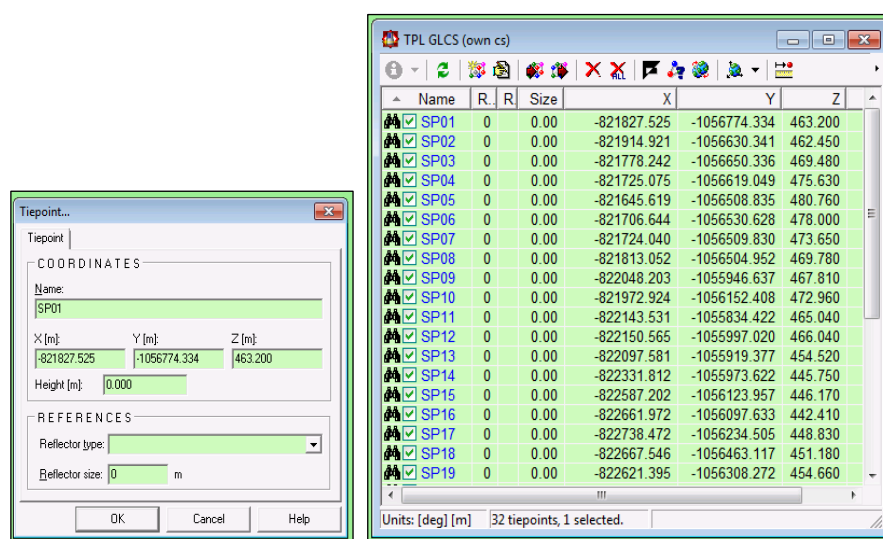
Obr. 8.3: Filtr Octree

Nyní je třeba jednotlivá mračna bodů „sesadit“ k sobě tak, aby jejich prostorové zobrazení v S-JTSK bylo co nejlepší. Přesných výsledků je ale dosaženo až při kancelářských pracích. Mračno bodů na skenovací pozici je naskenováno v lokálním systému skeneru, jehož osy jsou dány fyzickým natočením skeneru (obdobně jako např. u totální stanice). Skener Riegl Z420i je vybaven inklináčním senzorem, který umožňuje vypočítat orientaci osy Z na dané skenovací pozici a podle toho upravit náklon mračna bodů. Podle dat z GNSS byly zaměřeny souřadnice skeneru. V této chvíli je tedy známa poloha a rotace os X, Y, a zbývá zjistit rotace kolem osy Z. Rotace je určena měřičem podle vzájemných prostorových vztahů mezi překrývajícími se mračny bodů.

Ve složce **SCANS** → např. **ScanPos01** kliknutím pravým tlačítkem myši na položku **SOP** byla vybrána v dialogovém okně funkce *Calculate via inclination sensors*, která je potvrzena tlačítkem *Next*.

### Složka - TPL (GLSC)

Během laserového skenování byly vždy zaměřeny prostorové souřadnice skenovacích pozic, pomocí GNSS přijímače, který byl upevněn na laserovém skeneru. Souřadnice byly zaměřeny pomocí metody GNSS-RTK a po zaměření byly uloženy v softwaru RiSCAN PRO. Vzhledem k matematickým odlišnostem kartézského systému MicroStationu a systému JTSK, je nutné umístit JTSK souřadnice do třetího kvadrantu, čehož dosáhneme prohozením souřadnicových os a uvozením souřadnic X a Y znaménkem mínus. (viz Obr. 8.4).



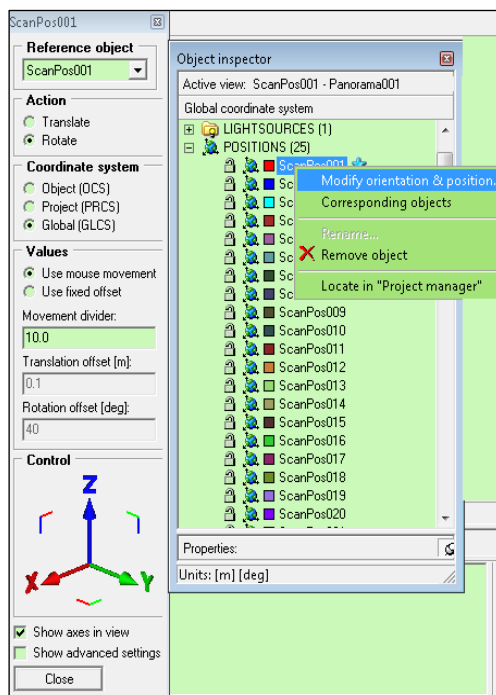
Obr. 8.4: TPL GLSC – souřadnice stanovisek

Souřadnice jsou v průběhu zaměření zaznamenány do složky TPL (GLSC), poté je ještě zapotřebí spojit je se zaměřenými ScanPosty. Tento krok je velmi důležitý pro další zpracování. Toto spojení se provede kliknutím myši na složku **REGISTRATION** (v hlavním menu) a zvolí se funkce **SET SCANNER POSITION**. Při samotném měření byly body se souřadnicemi pojmenovány stejně jako ScanPosty. Tím bylo snadno dosaženo automatického spojení softwarem.

### Složka - VIEWS

Po naskenování a přípravě (filtraci) dat byla spojením všech získaných mračen bodů vytvořena přehledka. Tato přehledka vznikne spojením mračen bodů uložených ve složce **POLYDATA**. V této složce jsou již vytvořena mračna bodů po filtraci pomocí filtru *octree*. Filtr se využívá z důvodu velkého objemu dat.

Přehledka je uložena ve složce **VIEWS** s názvem **ScanPost001- Panorama**. V pravé části hlavního okna s názvem **OBJECT INSPEKTOR** jsou zobrazeny všechny ScanPosty, ze kterých je vytvořena. Kliknutím pravým tlačítkem na myši na jednotlivé ScanPosty je vybrána funkce **MODIFY ORIENTATION AND POSITION** (viz Obr. 8.5), pomocí které lze jednotlivá mračna bodů natáčet. Pro účely vytvoření přehledky byla mračna bodů natáčena pouze kolem osy Z (horizontace se provádí přes inklinanční senzor). Při práci s tímto nástrojem lze zvolit, jakým způsobem se bude celé mračno bodů natáčet.



Obr. 8.5: Modify orientation and position

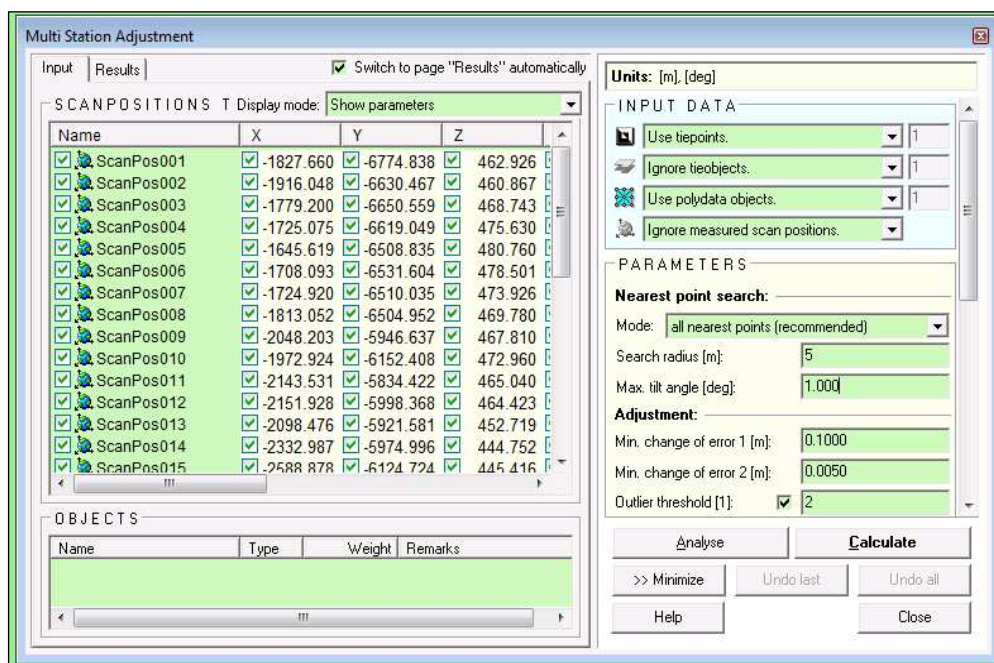


## 8.2 ZPRACOVÁNÍ A ÚPRAVA MRAČEN BODŮ – POST-PROCESSING

Všechny kroky popsané v první části byly provedeny přímo v terénu při skenování. Dále se popis zpracování zabývá úpravou a koncovým výstupem mračen bodů po samotném skenování, tzv. post-processingem.

Po vytvoření přehledky je zapotřebí provést vyrovnání rotací kolem os X, Y a Z tak, aby mračna bodů byla spojena co nejpřesněji. Přípravu dat provedeme kliknutím na složku **REGISTRATION** v hlavním menu, zvolí se funkce **MULTISTATION → PREPARE DATA**, označí se všechny skenovací pozice a v záložce **SETTINGS** je vybrána funkce **PLANE PATCH FILTER**. Tímto filtrem jsou vybrány v mračnech bodů charakteristické plošky.

Samotné vyrovnání se provede kliknutím myši na složku **REGISTRATION**, kdy se zvolí funkce **MULTISTATION → START ADJUSTMENT** (viz Obr. 8.6). V dialogovém okně se označí všechny skenovací pozice a kliknutím na pozice pravým tlačítkem myši se pozice uzamknou – **LOCK POSITION**. Po nastavení parametrů se klikne na tlačítko **CALCULATE**.



Obr. 8.6: Multi Station Adjustment

Výsledkem jsou přesně vyrovnané náklony os jednotlivých skenovacích pozic, díky kterým na sebe mračna bodů správně přiléhají. Nyní lze spojit jednotlivá mračna bodů v jedno výsledné mračno bodů.

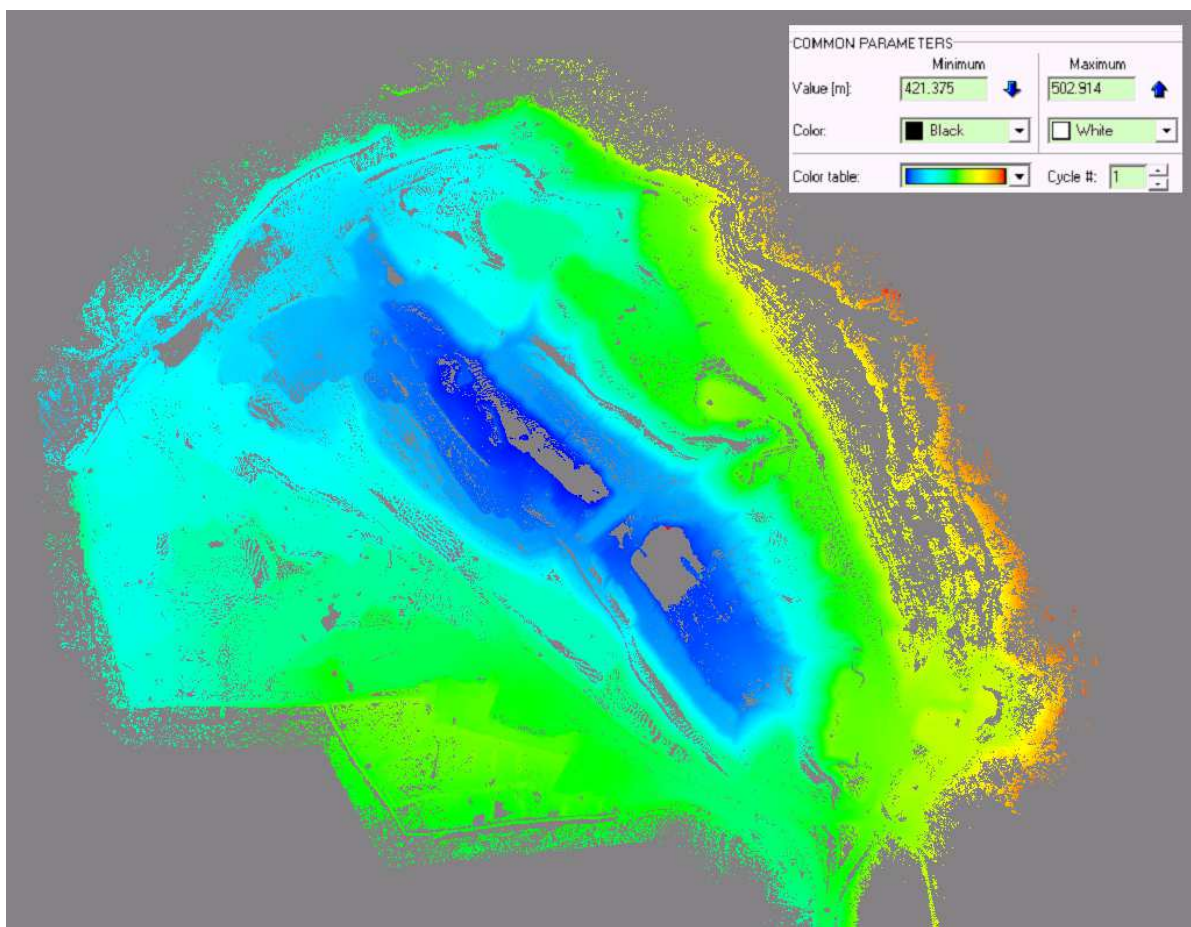
Kliknutím pravým tlačítkem na myši na složku **POLYDATA** se vybere **CREATE NEW POLYDATA**. Poté jsou označeny všechny ScanPosty, je zvoleno *octree* a zaškrtnuto políčko *combinate*. Výsledné mračno bodů je uloženo do složky **OBJECT** → **POLYDATA**

Při měření s laserovým skenerem u zrcadlovitých povrchů nastávají chyby v podobě naskenování odrazů. Příklad zrcadlovitého povrchu je vodní hladina. Tyto chyby nelze vyloučit a je potřeba je odstranit ve výsledném mračnu bodů. Výsledné mračno bodů se uloží např. jako **soubor DXF**, který je dále zpracováván v *Kapitole č. 9* a v *Kapitole č. 11*. Uložení do požadovaného souboru se provede kliknutím pravým tlačítkem myši na vytvořené mračno bodů a zvolením možnosti *export*.

### Možnosti vizualizace Mračna bodů

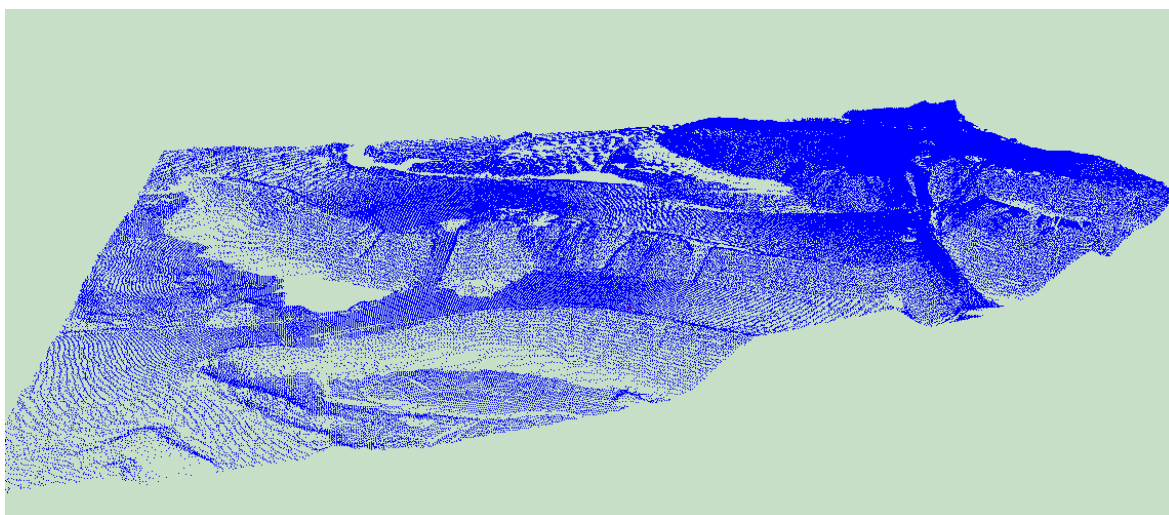
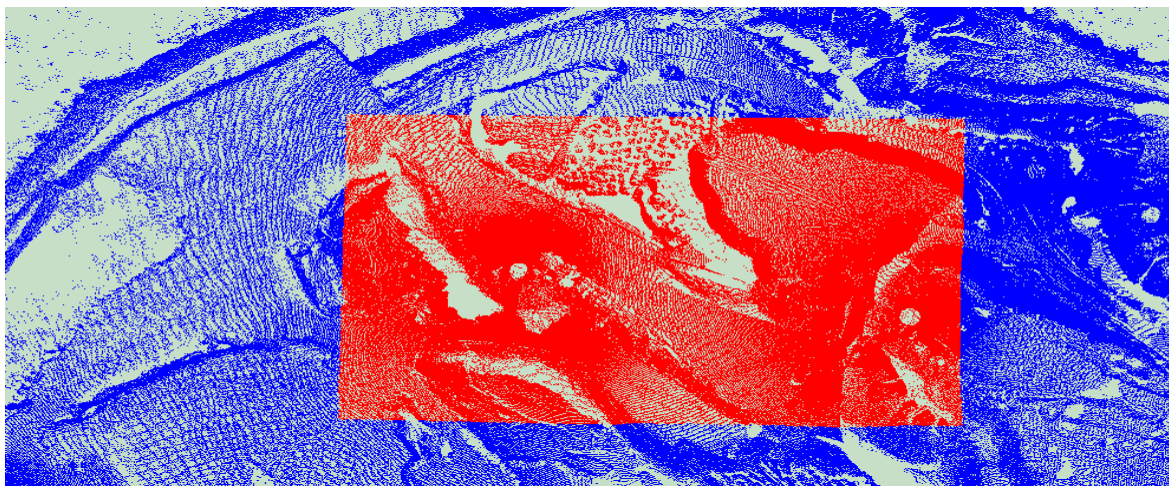
Pro představu a vizuální ukázkou jsou zde vybrány scény mračna bodů po zpracování.

- Mračno bodů obarvené podle hodnot nadmořských výšek



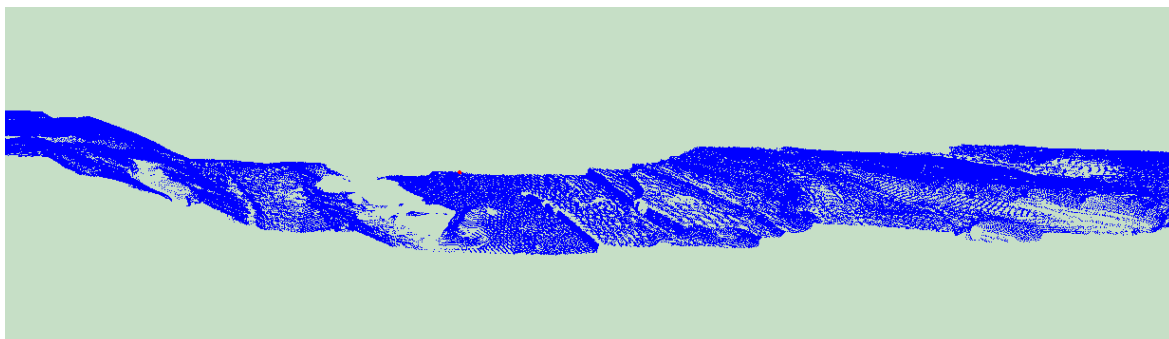
Obr. 8.7: Mračno bodů obarvené podle výškových hodnot

- Částečný výřez mračna bodů a jeho 3D pohled z boční strany (výsyvky v lomu)

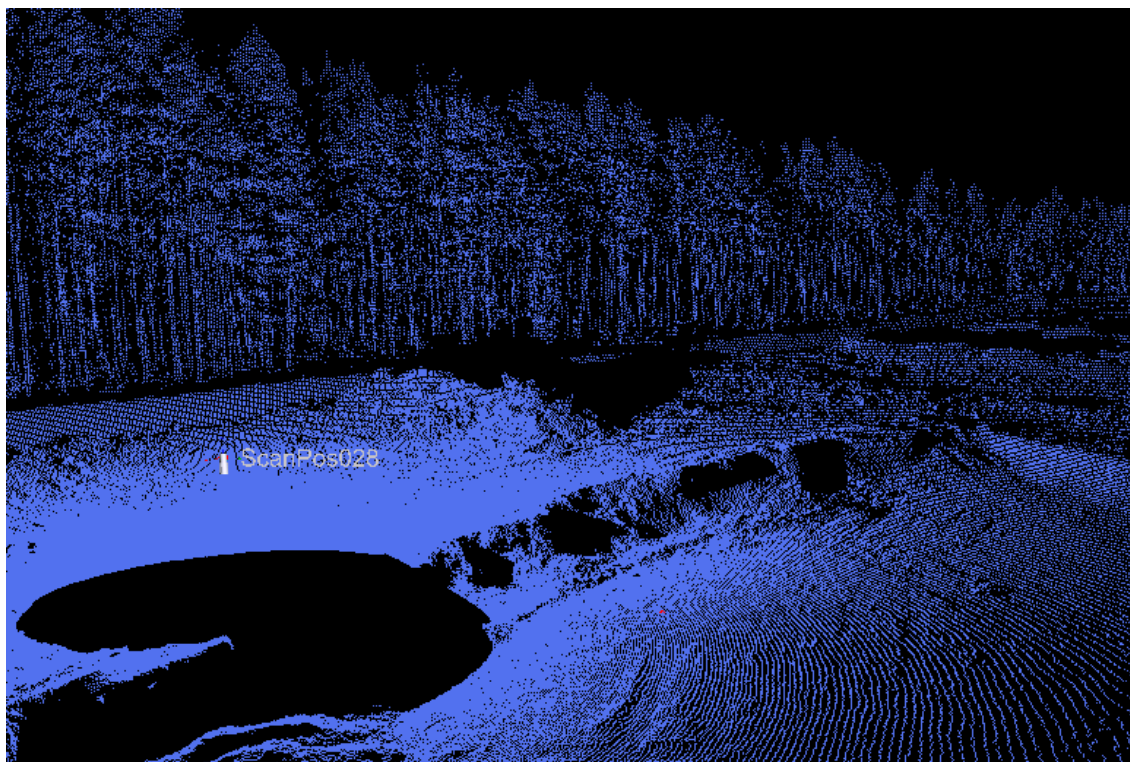


*Obr. 8.8: Výřez mračna bodů*

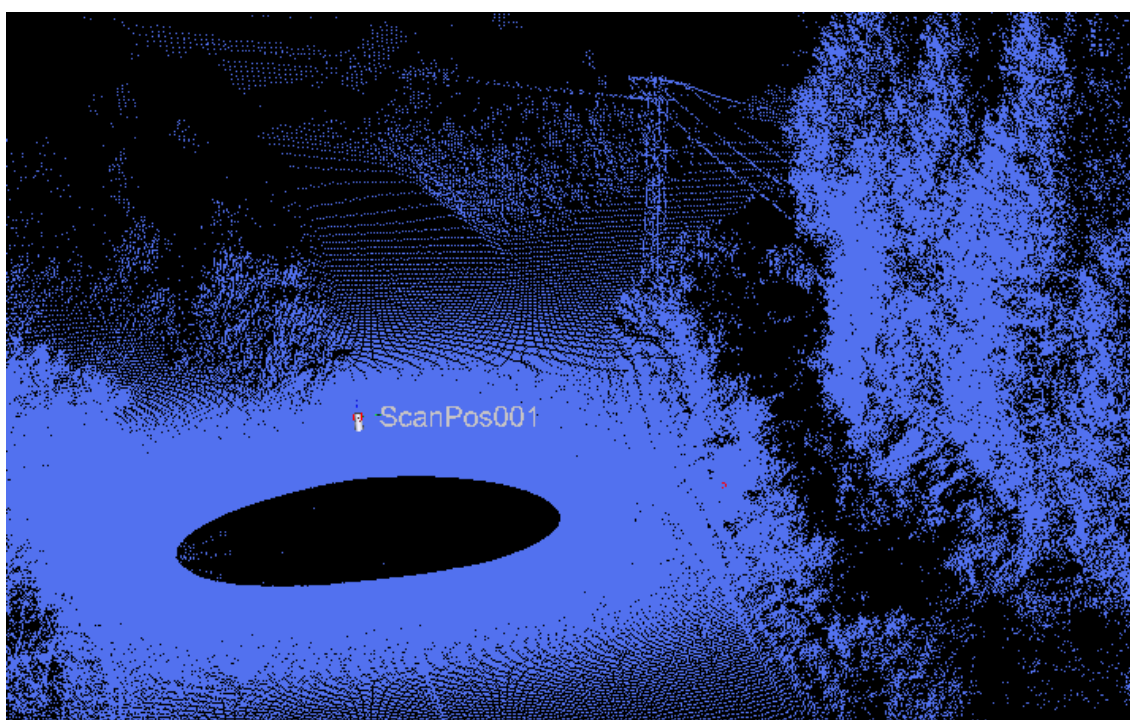
- Charakteristický profil vedený středem povrchového lomu



*Obr. 8.9: Charakteristický profil*



*Obr. 8.10: Mračno bodů s naskenovanou vegetací*



*Obr. 8.11: Nevyčištěné mračno bodů (elektrické vedení, vegetace)*

## 9 ZPRACOVÁNÍ PRVOTNÍ DŮLNĚ-MĚŘICKÉ DOKUMENTACE

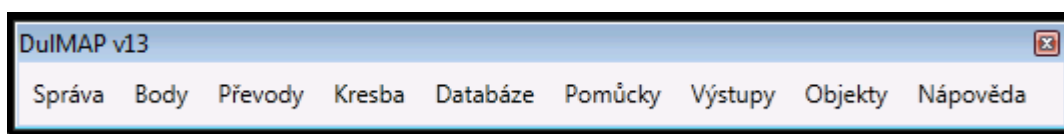
Na základě požadavků dle § 10 resp. § 39 zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství, každá společnost, využívající výhradní ložisko musí vést důlně měřickou dokumentaci.

I díky této skutečnosti je využití dat (mračen bodů) z laserového skenování velkým přínosem. Především pomocí zpracovaného digitálního modelu terénu lze snadno a rychle vyhodnotit aktuální stav v povrchovém lomu. V této kapitole je popsán způsob využití a zpracování dat (modelu, který byl již vytvořen a popsán v předchozí kapitole) při vytváření jednotlivých částí i výstupů DMD. **Výstupy se skládají z několika samostatných výkresů**, zpracovávaných ve specializovaném programu DULMAP s různým tematickým obsahem. Pro všechny tyto výkresy nebylo přímo využito zaměřených dat, ale je důležité je v této práci zmínit, protože bez nich by nemohly být vytvořeny výsledné výstupy požadované legislativou.

Zpracování prvotní důlně měřické dokumentace bylo provedeno v programu DULMAP. Prvním krokem bylo založit tzv. *zakázku*, ve které se postupně zakládají jednotlivé výkresy, ze kterých byly vytvořeny výstupy, které jsou obsahem DMD. V tomto případě byla zakázka pojmenována **HorniBriza\_130930** (jméno, rok, měsíc a den zaměření). Vytvořené výstupy jsou především **základní důlní mapa, mapa povrchu, charakteristické řezy, provozní důlní mapa a účelové důlní mapy** (viz Příloha č. 2). Při zakládání každého výkresu bylo zvoleno měřítko a jeho kategorie. Podle zvolené kategorie jsou automaticky k dispozici přednastavené kresebné prvky a pojmenované vrstvy. Základní výkresy (ve formátu DGN) ze kterých jsou tvořeny výstupy DMD s přiřazenou kategorií jsou zobrazeny v tabulce.

NÁZEV	KATEGORIE
bodove_pole	Důlní mapa
hranice	Polohopis
kn	Polohopis
koty	Důlní mapa
koty_linii	Důlní mapa
linie_profilu	Geologický
mapa_lomu	Důlní mapa
polohopis	Polohopis
rekultivace	Polohopis
site	Inženýrské sítě
vrstevnice	Důlní mapa
vrtty	Geologický

Všechny dostupné funkce pro aktuální konfiguraci jsou nabízeny v panelu nástrojů nadstavby DULMAP (viz Obr. 9.1).



Obr. 9.1: Panel nástrojů

## 9.1 DŮLNÍ BODOVÉ POLE

Důlní bodové pole obsahuje grafické znázornění měřických bodů, které byly stabilizovány v terénu, v tomto případě v povrchovém lomu. Souřadnice bodů jsou importovány v textovém souboru, který je třeba upravit do programu DULMAP. Grafická značka znázorňující měřické body odpovídá vyhlášce <sup>1)</sup>. Do výkresu s názvem **bodove\_pole** se importují souřadnice měřických bodů pomocí funkce programu DULMAP.

[Spuštění funkce \(panel nástrojů\) ⇒ Objekty → Vstup parametrických buněk](#)

Měřické body jsou v terénu stabilizovány pro účely zaměření nedostupných částí nebo pro přesnější určení zvolených objektů. Tyto měřické body se uplatňují především při zaměřování prvků pro Základní mapu závodu, kde je potřeba především budovy, technologie, nádrže a jiné polohopisné prvky zaměřit s vysokou přesností. Stabilizace se také provádí na hranici/vrcholech dobývacího prostoru. Stabilizaci těchto bodů vyžadují na společnosti provádějící těžební činnost báňské úřady proto, aby těžba nezasáhla mimo dobývací prostor.

## 9.2 HRANICE

Výkres pojmenovaný **hranice** obsahuje grafické znázornění důležitých hranic pro důlní činnost.

Mezi tyto hranice patří:

- hranice dobývacího prostoru a chráněného ložiskového území
- hranice pro plán otvírky přípravy a dobývání

<sup>1)</sup> Vyhláška 435/1992 Sb., O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem.

- hranice ochranných pásem inženýrských sítí (elektrického vedení, plynovodů, vodovodů, kanalizace, sdělovacího vedení, teplovodů a jiných)
- hranice ochranných pásem silnice
- hranice ochranných pásem lesního porostu

V případě této práce byly podklady pro zakreslení hranic důležitých pro lom Horní Bříza poskytnuty společností GEOREAL spol. s r.o. a společností LB MINERALS, s.r.o. Získaná dokumentace a její zanesení do mapy je popsáno v další části.

### **Hranice dobývacího prostoru a hranice chráněného ložiskového území**

- dobývací prostor TRNOVÁ I.
- dobývací prostor TRNOVÁ II.
- chráněné ložiskové území HORNÍ BŘÍZA
- plán otvírky, přípravy a dobývání v dobývacím prostoru TRNOVÁ I. a TRNOVÁ II.

Rozhodnutí o dobývacím prostoru Trnová I. bylo vydáno Ministerstvem stavebnictví ČSR v Praze roku 1976 a rozhodnutí o dobývacím prostoru Trnová II. bylo vydáno Obvodním báňským úřadem v Plzni v roce 2004 (viz *Příloha č. 3*).

Rozhodnutí o chráněném ložiskovém území vydal Okresní národní výbor Plzeň – Sever, odbor výstavby roku 1961 (viz *Příloha č. 4*) a rozhodnutí k povolení hornické činnosti vydal Obvodní báňský úřad v Plzni v roce 1993 pro dobývací prostor Trnová I. a v roce 2004

pro dobývací prostor Trnová II (viz *Příloha č. 5*).

Souřadnice hranic byly importovány pomocí nástroje, který převede a zobrazí textový soubor jako hranici s příslušným typem čáry a popisem dle vyhlášky.

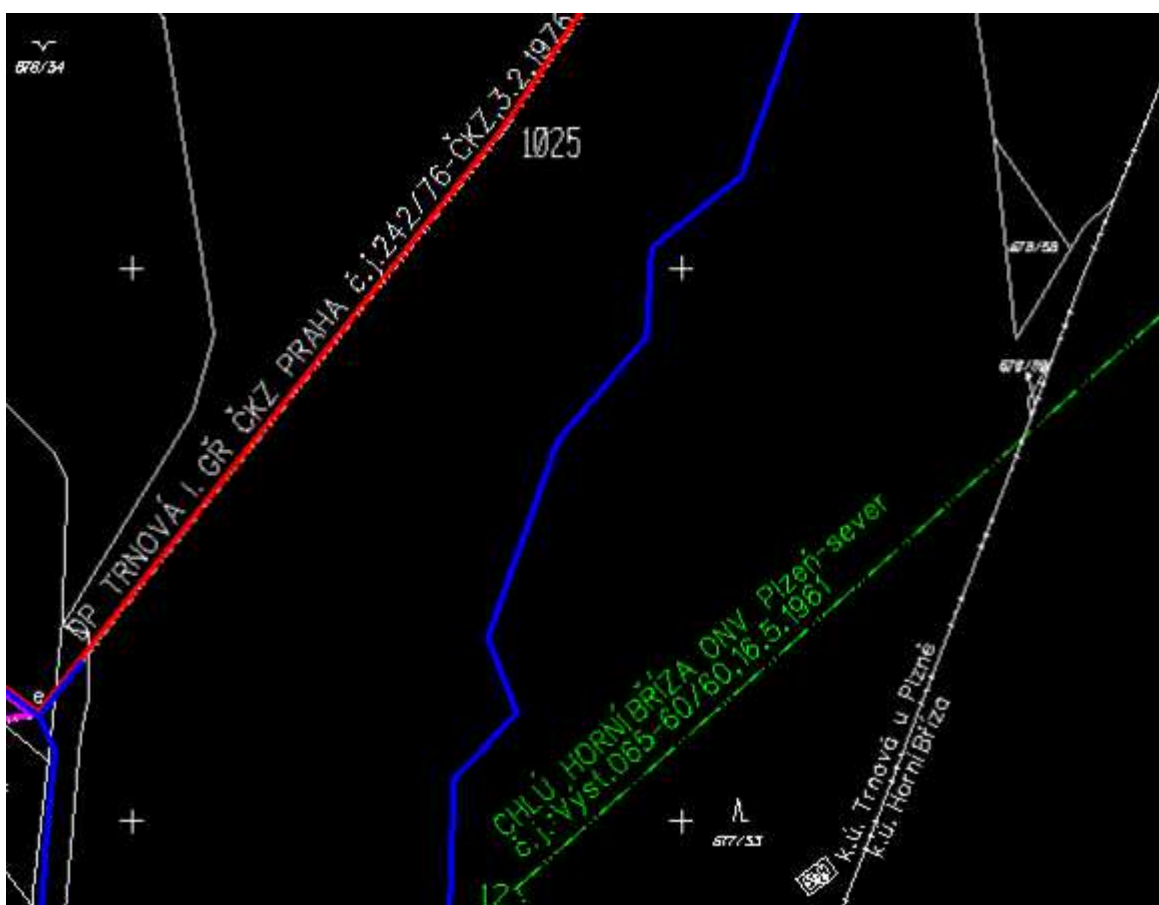
[Spuštění funkce \(panel nástrojů\) ⇒ Objekty → Vstup dobývacích prostorů](#)

[Spuštění funkce \(panel nástrojů\) ⇒ Objekty → Vstup CHLÚ](#)

## Hranice ochranných pásem inženýrských sítí

Zakreslení ochranných pásem inženýrských sítí bylo v souladu s energetickým zákonem<sup>2)</sup>, zákonem o elektronických komunikacích<sup>3)</sup> a také zákonem o vodovodech a kanalizacích<sup>4)</sup>.

Důraz je kladen na popisy všech hranic. U hranice dobývacího prostoru je uvedeno jeho platné (poslední) číslo rozhodnutí a název orgánu, kým byla hranice stanovena (viz Obr. 9.2). Pokud si organizace vykonávající těžební činnost vyžádá do mapy i další prvky nebo hranice (např. hranice územního rozhodnutí nebo jinou dočasnou hranici), jsou po schválení hlavním důlním měřičem zakresleny a zobrazeny mapě.



Obr. 9.2: Popis hranic

<sup>2)</sup> Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)

<sup>3)</sup> 127/2005 Sb. Zákon o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů

<sup>4)</sup> Zákon č. 274/2001 Sb. - o vodovodech a kanalizacích a související předpisy



### 9.3 KATASTR NEMOVITOSTÍ

Povinnou součástí mapy povrchu je stav podle evidence platného katastru nemovitostí ke dni zaměření. Výkres s názvem **kn** obsahuje prvky katastrální mapy.

V roce 2013 byl jedním ze způsobů jak získávat data z katastru nemovitostí objednání souboru geodetických informací (SGI), který obsahuje kresbu katastrální mapy a soubor popisných informací (SPI) daného katastrálního území přímo na Českém úřadě zeměměřickém a katastrálním (ČÚZK) zasláním formuláře o poskytnutí dat v elektronické podobě. Formuláře nelze posílat v elektronické podobě, ale pouze prostřednictvím standartních poštovních služeb. Předpokládá se, že tento fakt bude brzy změněn a bude možné posílat žádosti i elektronickou formou. Velkým pokrokem v poskytování údajů z ČÚZK je uvolnění SGI ve výměnném formátu katastru nemovitostí (VF ISKN). Tato data jsou od ledna roku 2014 poskytována zdarma všem uživatelům pomocí internetu. Data poskytovaná tímto způsobem, jsou aktualizována jednou měsíčně, vždy k prvnímu dni v měsíci. Více informací lze nalézt na internetových stránkách ČÚZK <sup>5)</sup>.

Tato pozitivní změna byla využita pro potřeby této práce a data VF ISKN byla získána na webových stránkách ČÚZK a dále byla převedena v programu GEUS (poskytnutým firmou GEOREAL spol. s r.o.) do formátu DGN.

Jednalo se o tři katastrální území (k.ú.) - k.ú. Kaznějov, k.ú. Krašovice u Plzně a k.ú. Trnová u Plzně. V těchto katastrálních územích byla již provedena digitalizace katastrálních map a je zde poskytována digitální katastrální mapa (DKM).

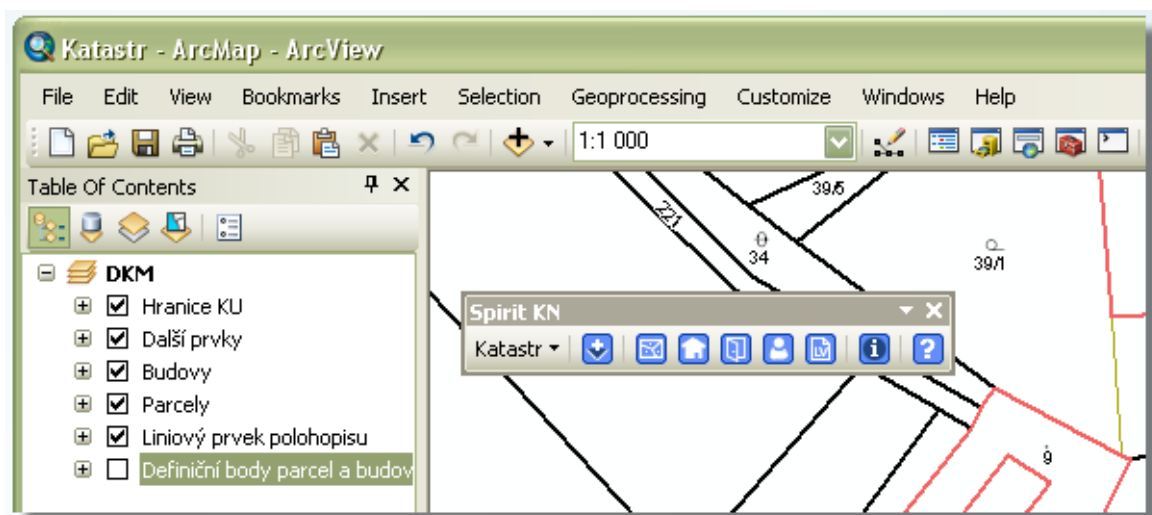
Kaolinové ložisko obsahuje ještě i další katastrální území - Horní Bříza, kde zatím DKM vyhotovena není (digitalizace je plánovaná na rok 2017). Program DULMAP podporuje připojení webových mapových služeb, a proto byl stav zakreslen na podkladě připojení webové mapové služby ČÚZK a platné katastrální mapy.

#### **Spirit KN**

Kombinace dat SPI a SGI lze zpracovat v aplikaci Spirit KN, která byla vytvořena a je spravována firmou GEOREAL spol. s r.o. V rámci této práce byla tato aplikace testována na datech katastru nemovitostí pro kaolinové ložisko Horní Bříza.

---

<sup>5)</sup><http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/Poskytovani-udaju-z-KN/Vymenny-format-KN/Vystupy-dat-ISKN-ve-vymennych-formatech.aspx>



Obr. 9.3: Spirit KN

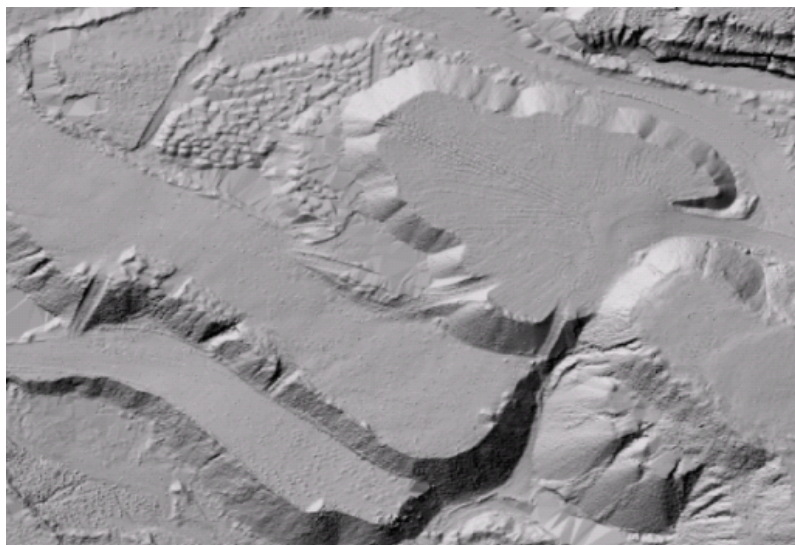
Spirit KN slouží pro práci s daty katastru nemovitostí v prostředí ArcGIS. Systém je řešen formou nadstavby aplikace ArcMap (ArcGIS forDesktop), do které je samostatně začlenitelný. Nadstavba poskytuje uživatelsky příjemné a intuitivní nástroje pro práci s katastrální mapou a dalšími informacemi katastru nemovitostí. Společně s nadstavbou Spirit KN je standardně distribuována i aplikace Spirit VFK Light, která slouží pro import dat VFK do databáze. Nástroje pro vyhledávání v datech KN poskytují širokou škálu možností pro zadání vyhledávacích podmínek. Vyhledávat je možné podle listů vlastnictví, názvů oprávněných subjektů, jiných právních vztahů (věcných břemen, exekucí,...), typů nemovitostí apod.

Bylo testováno vkládání dat katastru nemovitostí pro lom Horní Bříza do této nadstavby a využití funkcí, které poskytuje. Výsledky testování byly hodnoceny z pohledu uživatele velmi pozitivně. Po vizuální stránce je prostředí uživatelsky příjemné, jednoduché a ikony jsou intuitivní, což přispívá k efektivitě práce. Po stránce správnosti a úplnosti dat nebyly nalezeny žádné chyby. Vyhledávání, identifikace i export dat neprobíhal s žádnou dlouhou časovou prodlevou. Vhodným a často využívaným nástrojem jsou tiskové výstupy výpisů z listů vlastnictví a dalších dat katastru nemovitostí.

## 9.4 MAPA LOMU A POLOHOPIS

V této části se nachází zřejmě největší uplatnění získaných dat z laserového skenování. Pomocí vytvořeného digitálního modelu (viz Kapitola č. 8), z něhož byl vygenerován

šedotónový, stínovaný rastr s pixely o velikosti 25 x 25 cm (tzv. hillshade, viz Obr. 9.4), byly zakresleny prvky lomu a polohopisu, které se řídí vyhláškou 435/1992 Sb.



Obr. 9.4: Hillshade

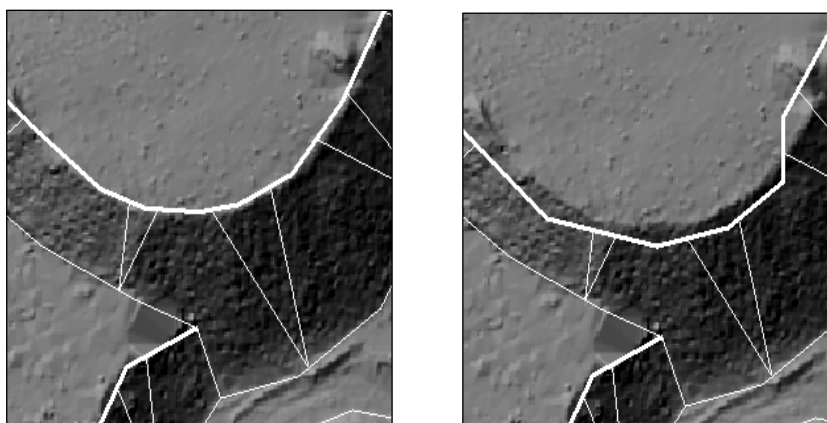
Rastr byl referenčně připojen s lokalizačním souborem (soubor udává umístění rastru) v programu DULMAP do výkresu **mapa\_lomu** a výkresu **polohopis** pomocí funkce **raster manager**. Podle připojeného rastru byly vyhodnoceny a zakresleny prvky lomu, jako jsou např. hrany těžebních řezů, výsypek a deponií. V kaolinovém ložisku Horní Bříza byly vyhodnoceny i důlní vody s příslušným výtlačným potrubím. Potrubí a čerpací stanice vedené v lomu byly doměřeny pomocí GNSS-RTK. Při vyhodnocení musí být kontrolována především hrana skrývkového řezu. Tato hrana je první hranou lomu zasaženého těžbou. Typ této čáry je specifický a jeho součástí je žlutá lemovka. Při vyhodnocení skrývky se ke skrývkové hraně píše datum zaměření (viz Obr. 9.5). Hrana většinou nesmí přesahovat hranici stanoveného dobývacího prostoru.



Obr. 9.5: Hrana skrývkového řezu

Kvalita vyhodnocovaných prvků záleží především na zkušenostech osoby, která práce provádí. Je třeba zde zohlednit zejména míru generalizace těžebních řezů i ostatních

prvků. Správnost vyhodnocení, a tedy i její generalizace je v tomto případě klíčová pro požadovanou kvalitu výsledného mapového díla. Při vyhodnocení hran v této práci byly zjištěny chyby, které snadno vznikly nezkušeností vyhodnocujícího operátora. Těmito chybami byly např. zakreslení horní hrany těžebního řezu již mimo hranu (viz Obr. 9.6), čímž vznikají hrubé chyby, projevující se hlavně při vytvoření kót na liniích, kdy výšky na liniích neodpovídají skutečnosti. Při kreslení nízkých těžebních hran tak může dojít k tomu, že horní hrana těžebního řezu má stejnou nebo dokonce nižší výšku než dolní hrana.



Obr. 9.6: Správné a špatné vyhodnocení hrany výsypky

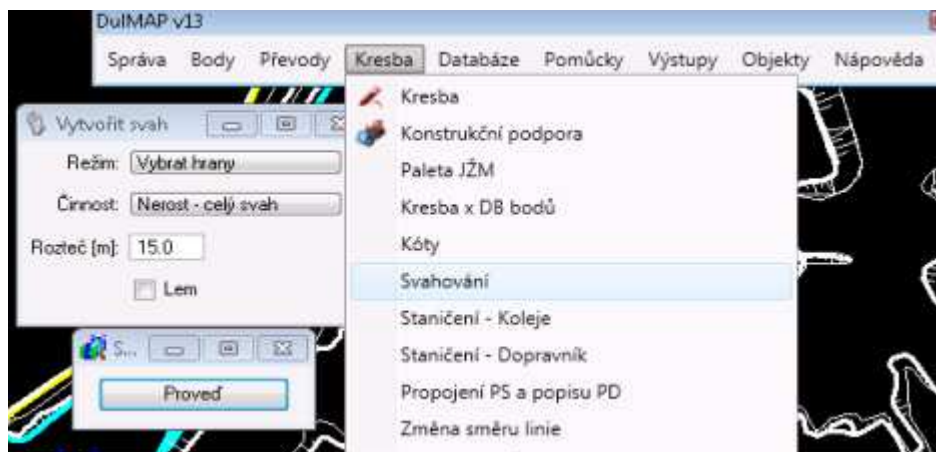
Výkres s vytvořenými prvky byl zpracován v programu DULMAP a následně převeden do 3D prostoru v programu ArcMap pomocí nástrojů ArcToolboxu (viz Kapitola č. 4.3). Vzniklým prvkům lomu i polohopisu jsou přiřazeny odpovídající výškové souřadnice. Těžební řezy, výsypky i deponie se vyznačují pomocí šraf. Při svahování jsou použity šrafy tak, aby splňovaly kritéria požadované vyhláškou <sup>6)</sup>. Před samotným svahováním je nutné linie, texty i buňky zatřídit podle definice.

**Spuštění funkce (panel nástrojů) ⇒ Správa → Zatřídění prvků podle definice**

Po zatřídění linií jsou těžební řezy, výsypky a deponie svahovány pomocí šraf. V nástroji svahování lze zvolit šrafy dle výběru a jejich rozteč (viz Obr. 9.7).

**Spuštění funkce (panel nástrojů) ⇒ Kresba → Svahování**

<sup>6)</sup> Příloha č. 3, Díl:06 k vyhlášce 435/1992 Sb., O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem



Obr. 9.7: Funkce svahování

Při zakreslování bylo zjištěno, že zákon či vyhláška neobsahuje grafické ani popisné vyjádření všech prvků, které důlní mapa obsahuje. Tyto značky byly tedy zvoleny tak, aby co nejlépe vystihovaly a zobrazovaly daný prvek. Značky, jejichž potřeba vyplývá z těžební činnosti, je možné využít značkových klíčů jiných předpisů nebo případně zavést vlastní grafické vyjádření značky. Je pouze nutné uvést takto nově vytvořenou značku s popisem ve vysvětlivkách mimorámových údajů důlní mapy.

Stejným způsobem jakým se vyhodnocují hrany těžebních řezů, se vyhodnocují i prvky polohopisu, jako jsou cesty v lomu, technologie, dopravníky, váhy a jiné. Které prvky a jakými značkami se zakreslují do polohopisu, uvádí vyhláška <sup>7)</sup>. Při zakreslování prvků polohopisu je důležité znát danou situaci zájmové oblasti v terénu. Po provedení rekognoskace terénu je výhodné vytvořit i fotografickou dokumentaci, která může pomoci při vyhodnocování jak těžebních řezů, tak i polohopisných prvků.

## 9.5 KÓTY TERÉNU A KÓTY LINIÍ

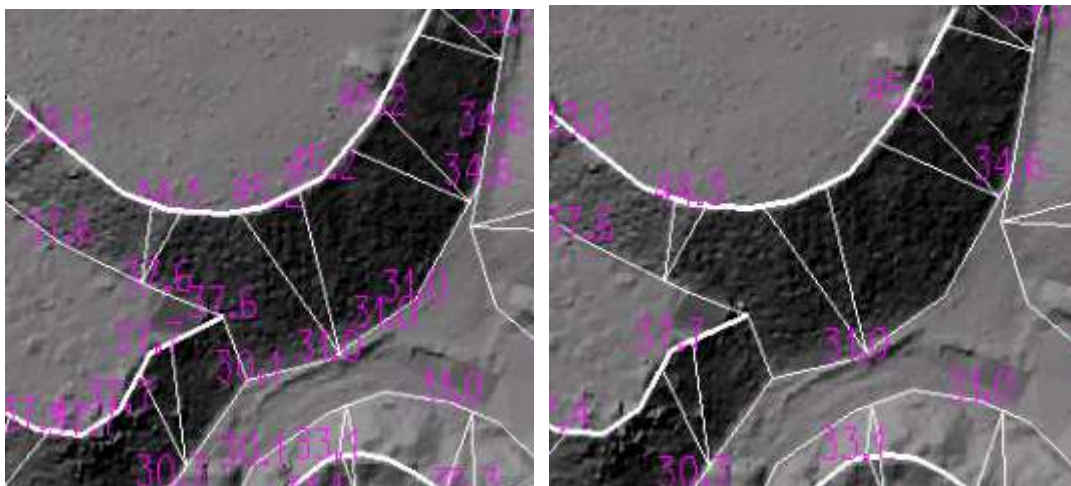
### Kóty linií

Těžební řezy, výsypky či deponie byly doplněny o **redukované výškové kóty** pomocí nástroje programu DULMAP a jsou uloženy ve výkresu **koty\_linii**. Samotné linie již informaci o výšce obsahují, ale je třeba ji také v mapě zobrazit. Kóty se zobrazují na každém lomovém bodě, proto se musí kóty z velké části redukovat. Velkou roli hraje měřítko mapy, ve kterém se budou kóty zobrazovat a následně i tisknout. Důležité je,

<sup>7)</sup> Příloha č. 3 k vyhlášce 435/1992 Sb., O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem

aby mapa zůstala čitelná. Na *Obr. 9.8* je znázorněno, jak by mapa vypadat neměla a jaká míra redukce kót je správná. I zde záleží na zkušenostech zpracovatele. Tato funkce může sloužit i jako kontrola správného vyhodnocení hran. Pokud by kóta spodní hrany těžebního řezu byla vyšší než kóta horní hrany, jedná se o hrubou chybu.

Spuštění funkce ⇒ Výstupy → **Doplnění textů výšek**



*Obr. 9.8: Špatná a správná redukce kót*

### **Kóty terénu**

Na plochách bez prvků mapy lomu byly doplněny **neredukované výškové kóty**. Zdrojem získaných kót jsou opět zaměřená mračna bodů. Výšky kót terénu byly získány pomocí programu ArcMap a spuštěním funkce *extrakce z kresby* v programu DULMAP byl vygenerován textový soubor se seznamem prostorových souřadnic. Tyto kóty byly opět ukládány do samostatného výkresu s názvem **koty**.

Spuštění funkce (panel nástrojů) ⇒ Body → **Extrakce bodů**

Pomocí propojení programu Groma a Microstation Bentley byl do výkresu importován seznam souřadnic. V nastavení lze zvolit, jakým stylem, výškou a písmem budou souřadnice ve výkresu zobrazeny.

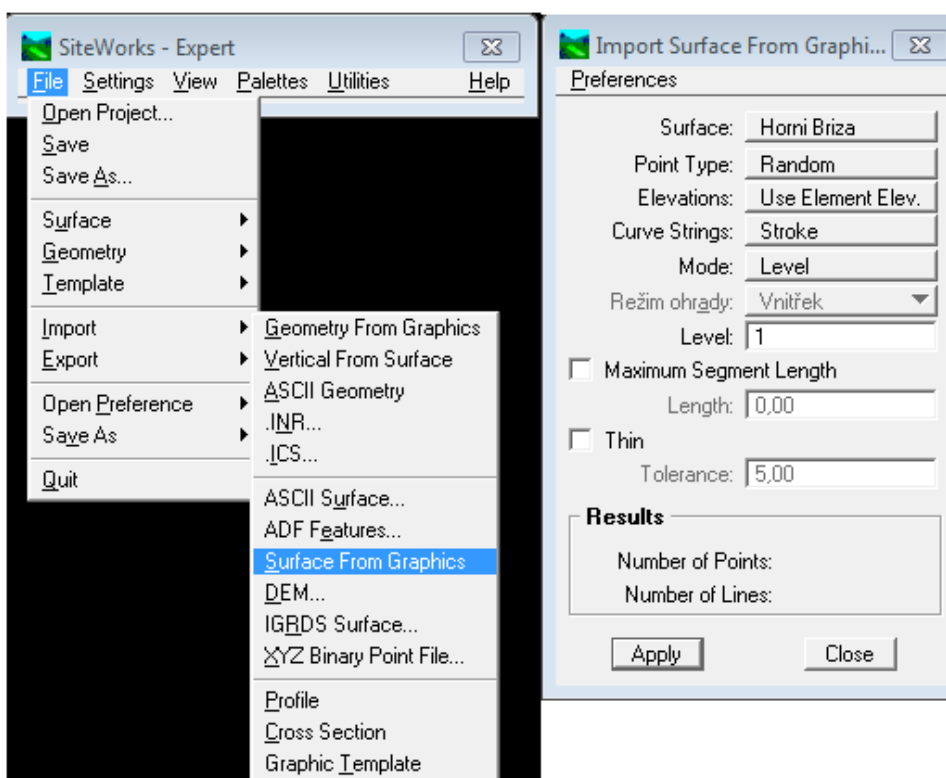
Spuštění funkce (Microstation) ⇒ Pomůcky → Aplikace MDL → **Groma**

## 9.6 CHARAKTERISTICKÉ A GEOLOGICKÉ PROFILY

Charakteristické profily byly zkonstruovány z již zpracovaných dat. Směr, hustota a měřítko profilů je voleno tak, aby profily co nejlépe vystihovaly průběh ložiska. O volbě parametrů profilů a řezů rozhoduje hlavní důlní měřič. V Horní Bříze byly vytvořeny čtyři charakteristické řezy. Vyhotovení profilů bylo provedeno v SW SiteWorks, což je nadstavba Integraph.

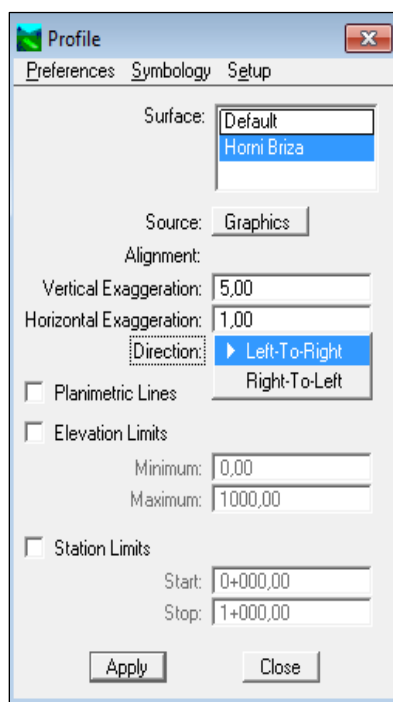
### POPIS ZPRACOVÁNÍ PROFILŮ V SITEWORKS

Pomocí této nadstavby se vytvoří linie (profil), zobrazující průběh terénu v ložisku. Nejprve se zadají parametry pro vytvoření spojitého povrchu. Parametry vstupující do modelu jsou vrstevnice, hrany těžebních řezů, důlní vody a kóty terénu.



Obr. 9.9: Surface From Graphics

Dalším krokem je triangulace povrchu ze zadaných parametrů. Po úspěšném provedení triangulace se nastaví povrch, ze kterého profily budou vytvářeny, měřítko a směr (viz Obr. 9.10). Linie řezů jsou ukládány ve výkresu **linie\_profilu**. Charakteristický profil si lze prohlédnout v Příloze č. 6.



Obr. 9.10: Profile

## 9.7 INŽENÝRSKÉ SÍŤE

Pro zobrazení a přehled elektrického a sdělovacího vedení, vodovodů, kanalizací, plynovodů a jiných sítí, slouží výkres **inzenyrske\_site**. Stav inženýrských sítí byl převzat z dokumentace vedené společností GEOREAL spol. s r.o.

## 9.8 SANACE A REKULTIVACE

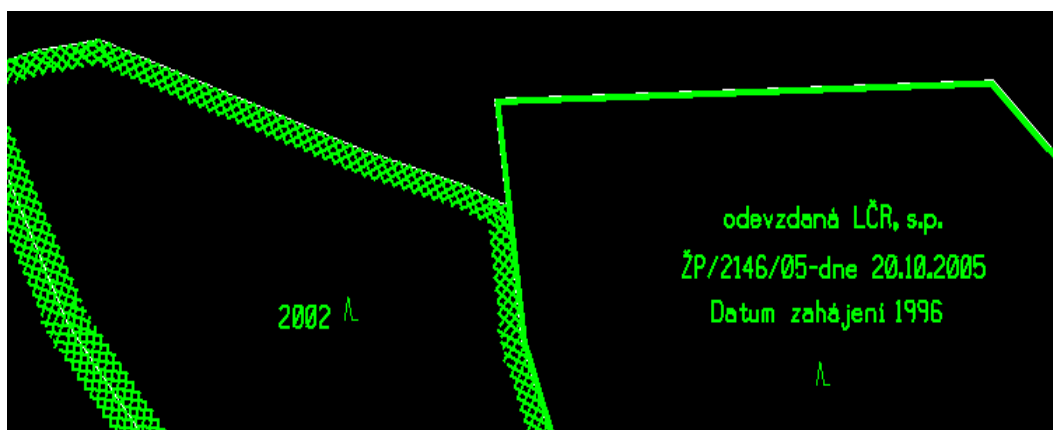
Souhrnný plán sanace a rekultivace ložiska kaolinu je zpracován na základě požadavku těžební organizace. Záměrem sanace a rekultivace je nalezení optimálního řešení konečného stavu území po ukončení těžby v prostoru ložiska. Jedná se o návrh úpravy území a územních struktur dotčených těžbou. Cílem je navrhnout i způsob provádění sanačních a rekultivačních prací a to v tom smyslu, aby při realizaci záměru docházelo k co možná nejmenšímu možnému vlivu na životní prostředí v okolí ložiska. Ideálním stavem sanačního procesu je vytvoření takové krajiny, která se stane opět vyváženým, ekonomicky potenciálním, hygienicky vhodným, esteticky působivým a z hlediska vývoje přírody hodnotným životním prostředím.

V kaolinovém ložisku Horní Bríza se nachází již několik biologických rekultivací, které jsou ukládány do výkresu **rekultivace**. Na základě dokumentace poskytnuté těžební organizací je rekultivace zakreslena. Program DULMAP nabízí možnost kresby



biologické, technické a tzv. odevzdané rekultivace (viz Obr. 9.11).

Biologické rekultivace půdy jsou soubor biologických opatření směřujících k obnově úrodnosti půdy nebo k tvorbě nové půdy. Jsou nejdůležitější a nejobtížnější složkou rekultivačních prací. Úspěšnost biologické rekultivace podstatně ovlivňuje kvalita předcházející technické rekultivace. Jedná se zejména o kvalitu urovnání povrchu pozemku, vytvoření vhodného sklonu pozemku, provedení nezbytných melioračních prací (úpravu vodního režimu) a převrstvení pozemků zúrodnitelnou zeminou.

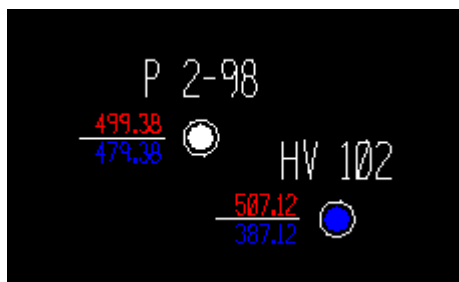


Obr. 9.11: Rekultivace

## 9.9 VRTY

Součástí důlně měřické dokumentace jsou také průzkumné nebo hydrogeologické vrty. Tyto vrty jsou obsahem základní důlní mapy dle vyhlášky. U vrtů se uvádí jejich název, výška ústí a výška dna (viz Obr. 9.12). Vrty jsou do mapy importovány jako textový soubor pomocí funkce DULMAP.

Spuštění funkce (panel nástrojů) ⇒ Objekty → **Vstup vrtů**



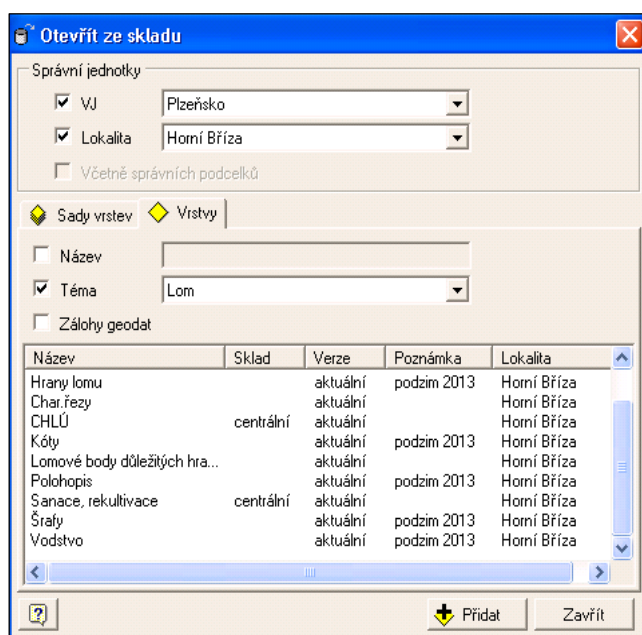
Obr. 9.12: Průzkumný a hydrogeologický vrt

## 10 GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM DUGIS

Pro komplexní vedení dokumentace v digitální podobě s důrazem na pokročilou analýzu dat a návaznost na další typy dokumentace nebo informační systémy společnost GEOREAL spol. s.r.o. vyvinula důlní geografický informační systém **DuGIS** na bázi produktů ESRI. Data získaná pomocí laserového skenování a následného zpracování pro DMD byly vložena do tohoto systému. DuGIS je v této práci zmíněn jako aplikace pro data zpracovaná laserovým skenováním, ale bližší seznámení s touto aplikací by bylo velice rozsáhlé a vhodné pro samostatnou práci.

**Důlní geografický informační systém** je komplexní systém pro správu a využívání důlně měřické dokumentace a vybraných částí geologické dokumentace. Nástroje informačního systému DuGIS slouží pro plánování těžby ložisek nerostů, evidenci průzkumných děl (vrtů...), dále pomáhá při řešení majetko-právních vztahů a obecně při vykonávání hornické činnosti. Realizace informačního systému byla vytvořena ve spolupráci s odborníky z geologie, důlního měřictví a těžby nerostů tak, aby systém maximálně vyhovoval potřebám a požadavkům koncových uživatelů.

Systém se skládá z datového skladu a koncových klientů **DuGIS Mapa** a **DuGIS Evidence**. Datový sklad obsahuje data důlně měřické dokumentace, geologické dokumentace, další geografická data, dokumenty, informace RÚIAN a popisné informace evidované v databázových tabulkách.



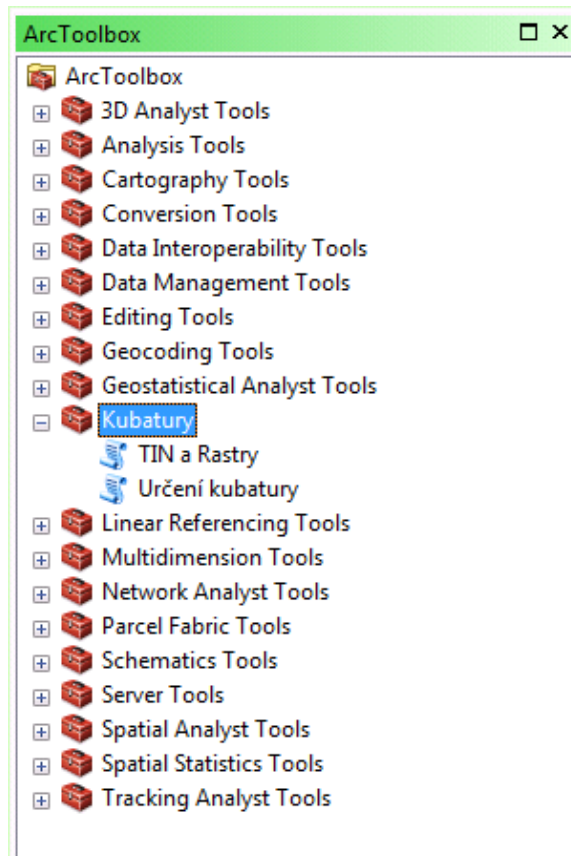
Obr. 10.1: DuGIS

## 11 NÁSTROJ NA URČOVÁNÍ KUBATUR

Důležitou roli pro společnost provádějící těžební činnost hraje zaměření a výpočet kubatur těžby, výsypek a deponií suroviny. Kubatury v povrchovém lomu Horní Bříza, jsou zaměřovány a určovány měsíčně, tedy poslední den v měsíci. Zaměření pro účely kubatur bylo provedeno současně se záměrou pro zpracování DMD metodou pozemního laserového skenování (viz *Kapitola č. 7*).

Výpočet kubatur hmot lze provést několika způsoby. V diplomové práci byly využity funkce aplikace zvané **ArcToolbox**, která je začleněna do prostředí ArcGIS. Aplikace nabízí vhodné nástroje, které postupným užitím určí hodnotu hledané kubatury. ArcToolbox obsahuje kompletní sadu funkcí pro zpracování prostorových dat včetně nástrojů pro správu dat, generalizaci dat, vektorové analýzy a další.

V rámci této práce byl vytvořen nástroj začlenitelný do ArcToolboxu, který v sobě obsahuje všechny potřebné funkce k určení kubatury. Nástroj se tím stane velice užitečným a efektivním pro práci uživatele, využívající právě prostředí ArcGIS. Vytvořený nástroj pro zpracování/určování kubatur se nazývá **Kubatury** (viz *Obr. 11.1*).



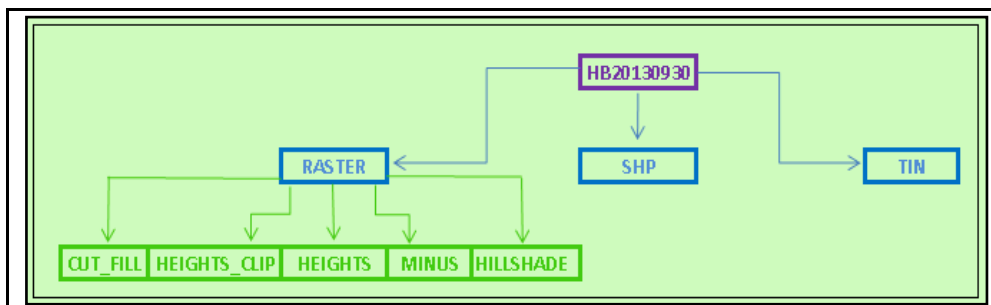
*Obr. 11.1: Nástroj Kubatury*

Vytvořený nástroj se skládá ze dvou skriptů<sup>8)</sup> – „*TIN a Rastry*“ a „*Určení kubatury*“. Skripty jsou napsané pomocí integrovaného programovacího jazyka Python. Prostřednictvím tohoto jazyka lze přistupovat k různým funkcím ArcGIS a zahrnout je tak do komplexních výpočtů a částečně automatické správy dat. Dále byl díky podpoře ArcGIS použit jazyk Visual Basic .NET. pro zpracování části druhého skriptu.

Pro vytvoření nástroje *Kubatury*, byly využity již fungující nástroje. Těmito nástroji jsou: **ArcToolbox** →

- 3D Analyst Tools → Data Management → TIN → **Create TIN**
- 3D Analyst Tools → Conversion → From TIN → **TIN to Raster**
- 3D Analyst Tools → Raster Surface → **Hillshade**
- 3D Analyst Tools → Raster Math → **Minus**
- 3D Analyst Tools → Raster Surface → **Cut Fill**
- Analysis Tools → Extract → **Clip**

Skripty vytvoří výstupy potřebné k výpočtu kubatur. Spolu s vytvořenými výstupy se vytvářejí i adresáře, kam jsou postupně výstupy ukládány. Struktura **adresářů** (viz *Obr. 11.2*) je vytvořená postupným zpracováním. Kořenový adresář se vytváří podle zadaných vstupních dat (názvu lokality a data zaměření). Do adresáře **RASTER** se vytvářejí rastrové datové sady, do adresáře **TIN** se vytváří rastrová datová sada TIN ze zvoleného mračka bodů a do adresáře **SHP** je již uživatelem vytvořen pomocný shapefile<sup>9)</sup>.



*Obr. 11.2 : Struktura adresářů s výstupními soubory*

<sup>8)</sup> Skript = spustitelný soubor jako jednoduchý text s programem ve skriptovacím jazyce

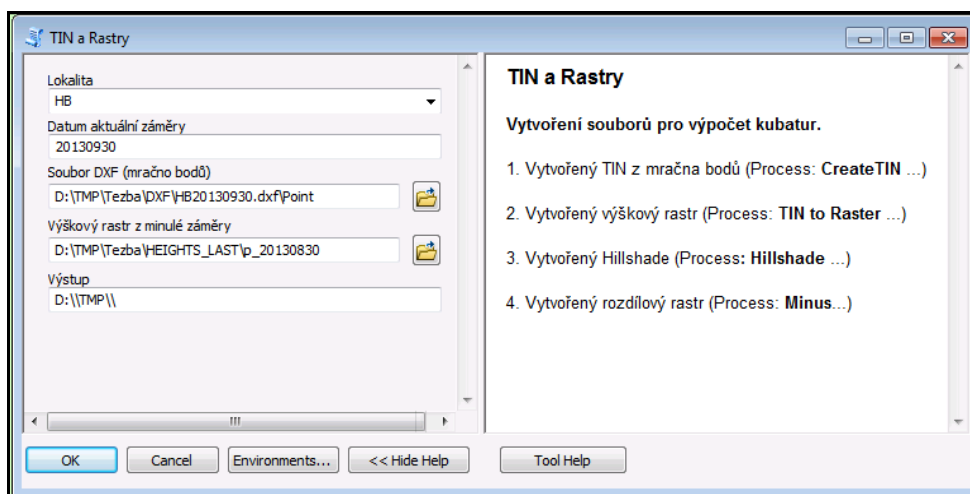
<sup>9)</sup> Shapefile = datový formát pro ukládání vektorových prostorových dat pro geograf. informační systémy

## 11.1 SKRIPT - *TIN a Rastry*

Vstupními hodnotami skriptu jsou:

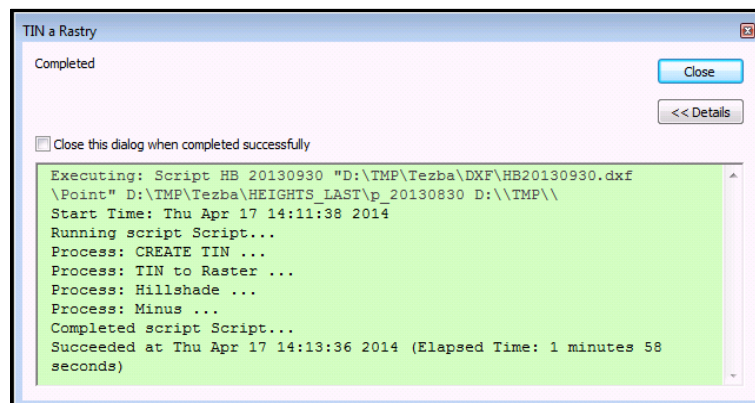
- Název lokality a datum aktuální záměry
- **Soubor DXF** (vytvořený v softwaru RiSCAN PRO – viz *Kapitola č. 8*)
- Výškový rastr z minulé záměry

Po vložení vstupních hodnot se kliknutím na tlačítko **OK** spustí proces skriptu *TIN a Rastry* (viz *Obr. 11.3*).



Obr. 11.3: *TIN a Rastry*

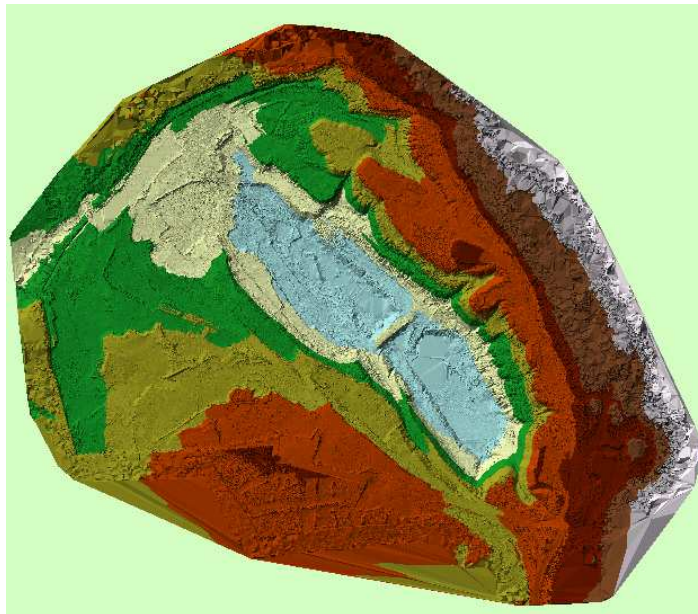
O průběhu zpracování vstupních dat (jednotlivých procesů) a vytváření výstupů informuje dialogové okno spuštěné na ploše prostředí ArcMap (viz *Obr. 11.4*).



Obr. 11.4: *Procesy skriptu TIN a Rastry*

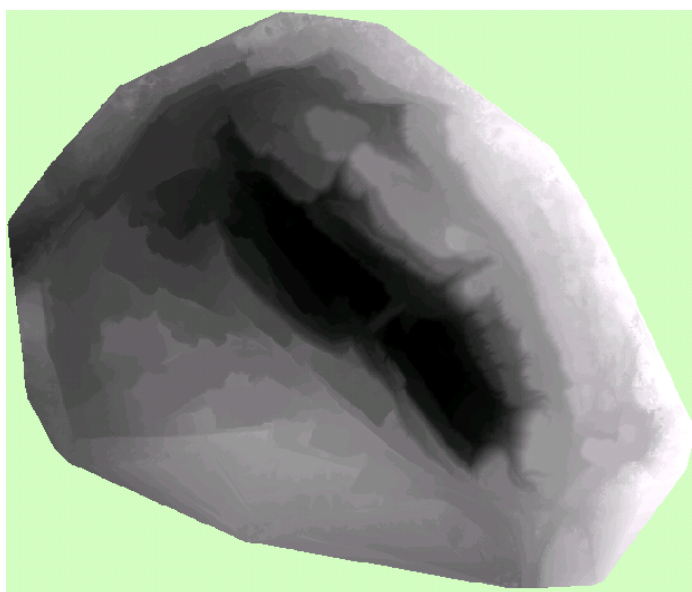
Vytvořenými **výstupy** jsou:

- **TIN** – vytvoření datové sady trojúhelníkové nepravidelné sítě. Vstupním parametrem je soubor s mračnem bodů.



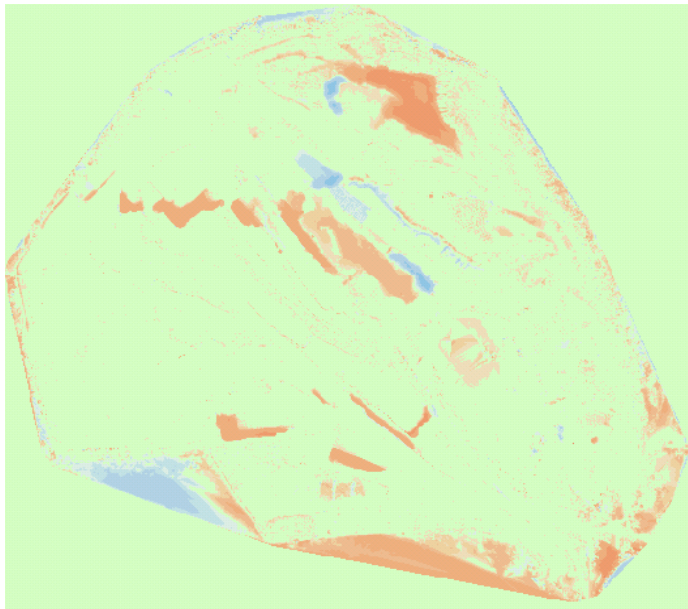
*Obr. 11.5: TIN – Lom Horní Bříza*

- **Rastrová datová sada – Výškový rastr** – vznikne interpolací hodnot buněk (nadmořských výšek) z TINu použitím vzorkovací vzdálenosti. Vstupem je tedy již vytvořený TIN.



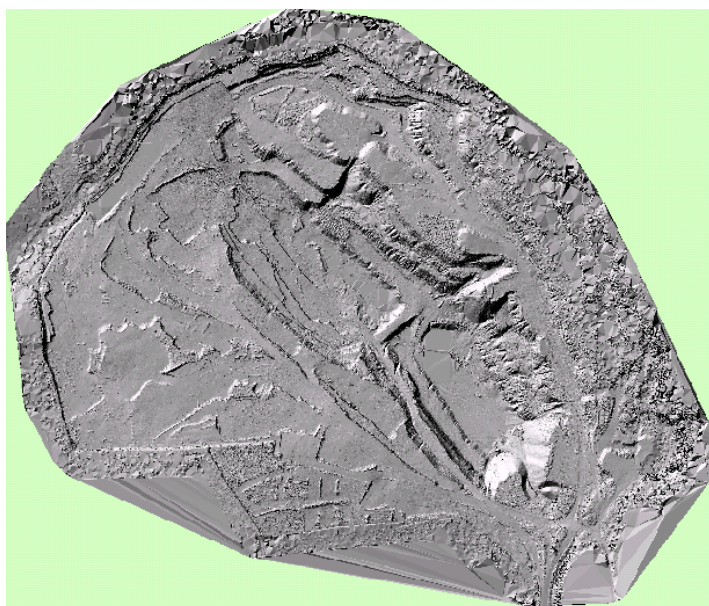
*Obr. 11.6: Výškový rastr – Lom Horní Bříza*

- **Rastrová datová sada - Rozdílový rastr (Minus)** – vstupem pro rastrovou sadu je vytvořený aktuální výškový rastr a současně i výškový rastr z minulého měření. Pomocí zvolené funkce vznikne rastrová sada s rozdílovými výškami.



*Obr. 11.7: Rozdílový rastr – Lom Horní Bříza*

- **Rastrová datová sada – Hillshade (stínovaný rastr)** - pro tento rastr je vstupem pouze výškový rastr, ze kterého je vytvořen stínovaný model. Vytvořený model je pak využit pro vyhodnocení prvků Důlně měřické dokumentace (viz Kapitola č. 9).



*Obr. 11.8: Hillshade – Lom Horní Bříza*

## 11.2 POPIS SKRIPTU - *TIN a Rastry*

V následující části jsou pomocí komentářů popsány jednotlivé funkce používané v tomto skriptu. Celý skript je součástí vytvořeného nástroje *Kubatury*, který lze otevřít jak pro čtení, tak pro editaci.

V první části skriptu jsou definovány parametry proměnných, které skript dále využívá ve zvolených funkcích. Je zde také první použití funkce k vytvoření adresáře. Postupnými příkazy se vytváří struktura adresářů, která je znázorněna na *Obr. 11.2*.

```
Lokalita = ARCPY.GetParameterAsText(0)
# Načte zadaný parametr podle jeho indexu polohy ze seznamu parametrů
DATUM = ARCPY.GetParameterAsText(1)
Soubor_DXF = ARCPY.GetParameterAsText(2)
Heights_last = ARCPY.GetParameterAsText(3)
DIR = ARCPY.GetParameterAsText(4)

#Local variables:
#Definování lokálních proměnných

Tezba_Dir = DIR + "Tezba\\" + Lokalita + DATUM
os.makedirs(Tezba_Dir)
#Funkce vytvoření adresáře

Tin_Dir = Tezba_Dir + "\\TIN"
os.makedirs(Tin_Dir)
#Vytvoření adresáře TIN do adresáře Tezba

tin = Tin_Dir + "\\t_" + DATUM
# Označení výstupního souboru
```

V další části jsou pomocí komentáře popsány jednotlivé funkce použité z aplikace ArcToolbox. Tyto funkce jsou již podrobněji popsány v *Kapitole č. 11.1*.



## 1) Funkce - Create TIN

```
arcpy.AddMessage("Process: CREATE TIN ...")
#Funkce, která vytváří informativní zprávu o procesu v dialogovém okně

TIN_Atr = "" + Soubor_DXF + ".Shape.Z Mass_Points <None>"

# Process: Create TIN
#Vytvoření rastrové datové sady TIN (nepravidelná trojúhelníková síť)
arcpy.CreateTin_3d(tin, "PROJCS['SJTSK_Krovak_East_North',GEOGCS['GCS_S_JTSK',DATUM['D_S_JTSK',SPHEROID['Bessel_1841',6377397.155,299.1528128]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT['Degree',0.0174532925199433]],PROJECTION['Krovak'],PARAMETER['False_Easting',0.0],PARAMETER['False_Northing',0.0],PARAMETER['Pseudo_Standard_Parallel_1',78.5],PARAMETER['Scale_Factor',0.9999],PARAMETER['Azimuth',30.28813975277778],PARAMETER['Longitude_Of_Center',24.83333333333333],PARAMETER['Latitude_Of_Center',49.5],PARAMETER['X_Scale',-1.0],PARAMETER['Y_Scale',1.0],PARAMETER['XY_Plane_Rotation',90.0],UNIT['Meter',1.0]]", TIN_Atr, "DELAUNAY")
arcpy.SetParameter(5, tin)
#Funkce automaticky přidá výstupní soubor do mapy
```

## 2) Funkce - TIN to Raster

```
Raster_Dir = Tezba_Dir + "\\RASTER"
os.makedirs(Raster_Dir)
#Vytvoření adresáře RASTER do adresáře Tezba

Heights_Dir = Raster_Dir + "\\HEIGHTS"
os.makedirs(Heights_Dir)
#Vytvoření adresáře HEIGHTS do adresáře RASTER

heights= Heights_Dir + "\\p_" + DATUM
# Označení výstupního souboru

arcpy.AddMessage("Process: TIN to Raster ...")

# Process: TIN to Raster
#Vytvoření rastrové datové sady – výškový rastr
arcpy.TinRaster_3d(tin, heights, "FLOAT", "LINEAR", "CELLSIZE 0,25", "1")

arcpy.SetParameter(6, heights)
```

### 3) Funkce – Hillshade

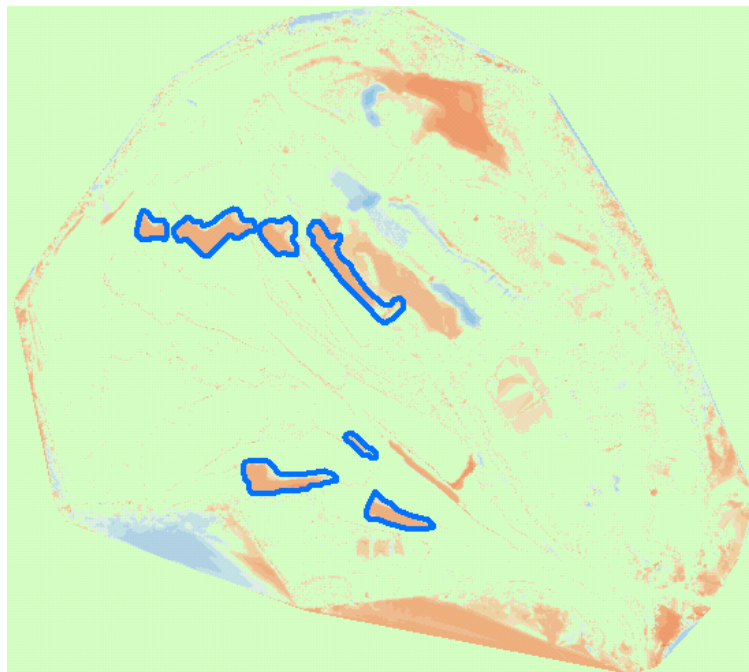
```
Hillshade_Dir = Raster_Dir + "\\HILLSHADE"  
os.makedirs(Hillshade_Dir)  
#Vytvoření adresáře HILLSHADE do adresáře RASTER  
  
hillshade = Hillshade_Dir + "\\s_" + DATUM  
# Označení výstupního souboru  
  
arcpy.AddMessage("Process: Hillshade ...")  
  
#Process: Hillshade  
#Vytvoření rastrové datové sady – stínovaný rastr  
arcpy.HillShade_3d(heights, hillshade, "315", "45", "NO_SHADOWS", "1")  
  
arcpy.SetParameter(7, hillshade)
```

### 4) Funkce - Minus

```
Minus_Dir = Raster_Dir + "\\MINUS"  
os.makedirs(Minus_Dir)  
#Vytvoření adresáře MINUS do adresáře RASTER  
  
minus = Minus_Dir + "\\m_" + DATUM  
# Označení výstupního souboru  
  
arcpy.AddMessage("Process: Minus ...")  
  
# Process: Minus  
#Vytvoření rastrové datové sady – rozdílový rastr  
arcpy.Minus_3d(heights, Heights_last, minus)  
arcpy.SetParameter(8, minus)  
  
SHP_Dir = Tezba_Dir + "\\SHP"  
os.makedirs(SHP_Dir)  
#Vytvoření adresáře SHP do adresáře Tezba (pro vytvořený shapefile)
```

### 11.3. SKRIPT – *Určení kubatury*

Po vytvoření souboru TIN a rastrových datových sad v prvním skriptu (*TIN a Rastry*) je nutné provést mezikrok, který není automatický, ale musí ho uživatel cíleně vykonat sám. Je založen polygonový shapefile do kterého jsou obkresleny zájmové oblasti pro výpočet kubatury. Tyto oblasti zpravidla určuje závodní lomu, případně jiný pracovník organizace zodpovědný za průběh těžby v roce (viz *Obr. 11.9*).



*Obr. 11.9: Zájmové oblasti pro výpočet kubatury*

Po zakreslení zájmových oblastí se spustí druhá část nástroje – s názvem *Určení kubatury*. Vytvořený shapefile obsahuje atributovou tabulku, do které skript zapíše vypočítanou hodnotu kubatury nad jednotlivými oblastmi (viz *Obr. 11.10*).

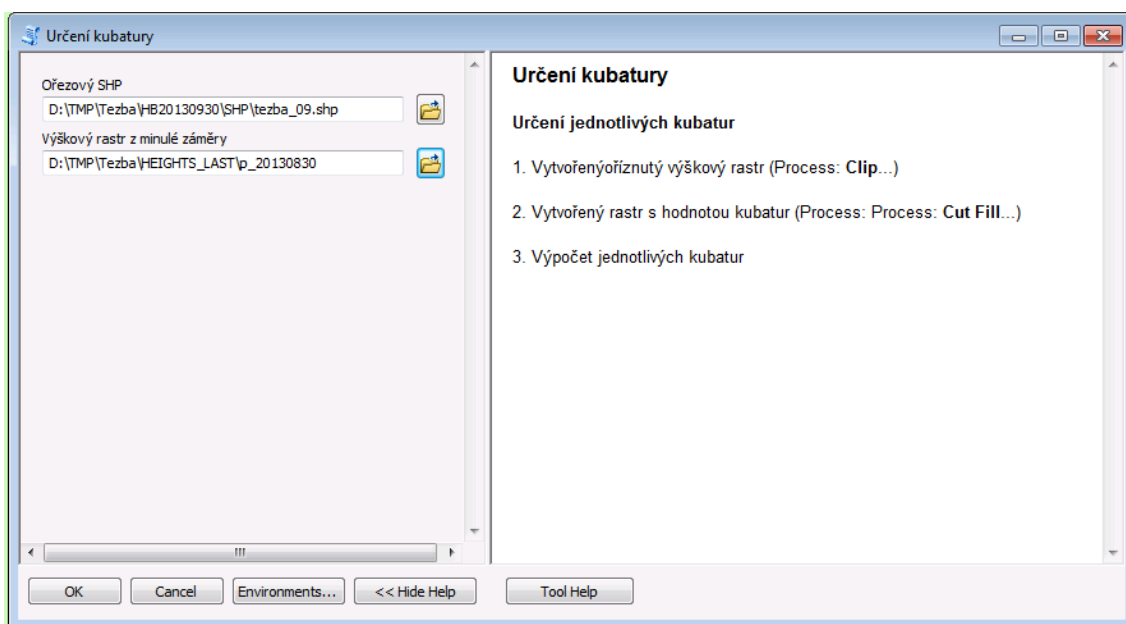
Table				
tezba_09				
FID	Shape *	Id	plocha	VOLUME
0	Polygon	0	1384,888278	3376,659599
1	Polygon	0	4211,871733	9449,844889
2	Polygon	0	2314,002724	4439,225685
3	Polygon	0	4582,425439	6821,810492
4	Polygon	0	639,24859	428,663372
5	Polygon	0	3968,332222	8266,644285
6	Polygon	0	2441,783557	4520,003569

*Obr. 11.10: Hodnoty kubatury v m<sup>3</sup> (VOLUME)*

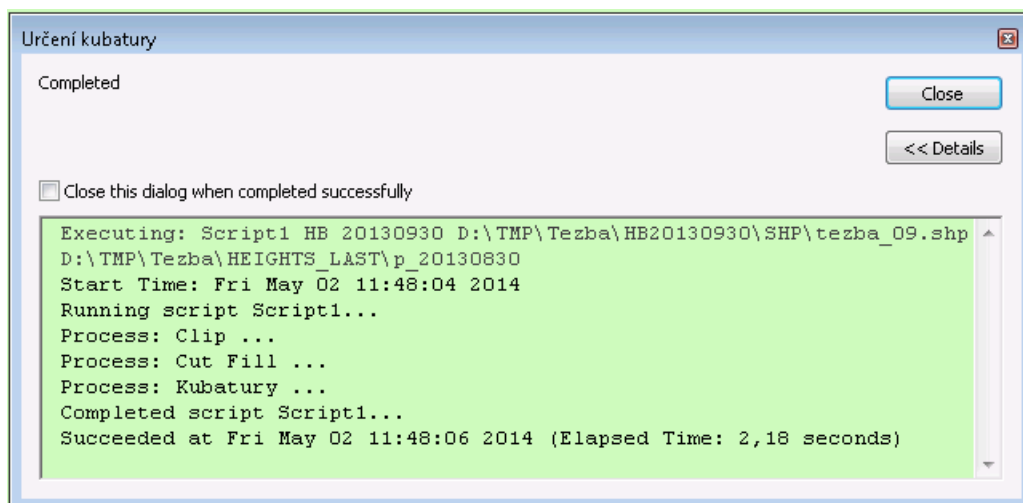
Vstupními hodnotami skriptu jsou:

- Ořezový shapefile (se zakreslenými zájmovými oblastmi)
- Výškový rastr z aktuální záměry
- Výškový rastr z minulé záměry

Po vložení vstupních hodnot se klikne levým tlačítkem myši na tlačítko **OK**. Tím se spustí proces skriptu (viz Obr. 11.11). O průběhu zpracování vstupních dat (jednotlivých procesů) a vytváření výstupů informuje dialogové okno spuštěné na ploše prostředí ArcMap (viz Obr. 11.12).



Obr. 11.11: Určení kubatury



Obr. 11.12: Dokončení procesů skriptu

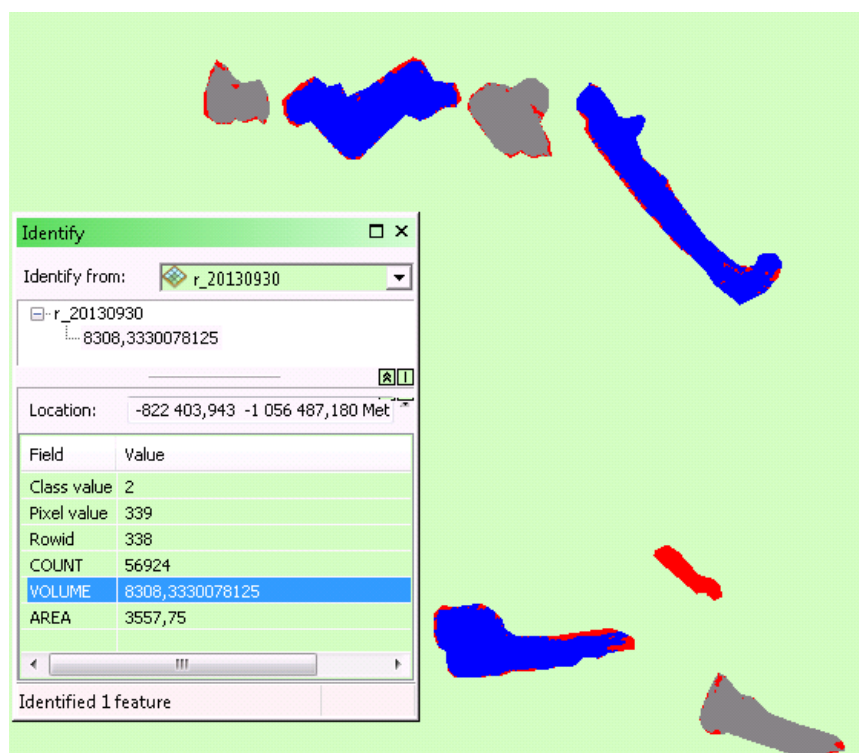
Vytvořenými **výstupy** jsou:

- Rastrová datová sada oříznutého výškového rastru podle vytvořených zájmových oblastí pro výpočet kubatur.



Obr. 11.13: Oříznutý výškový rastr

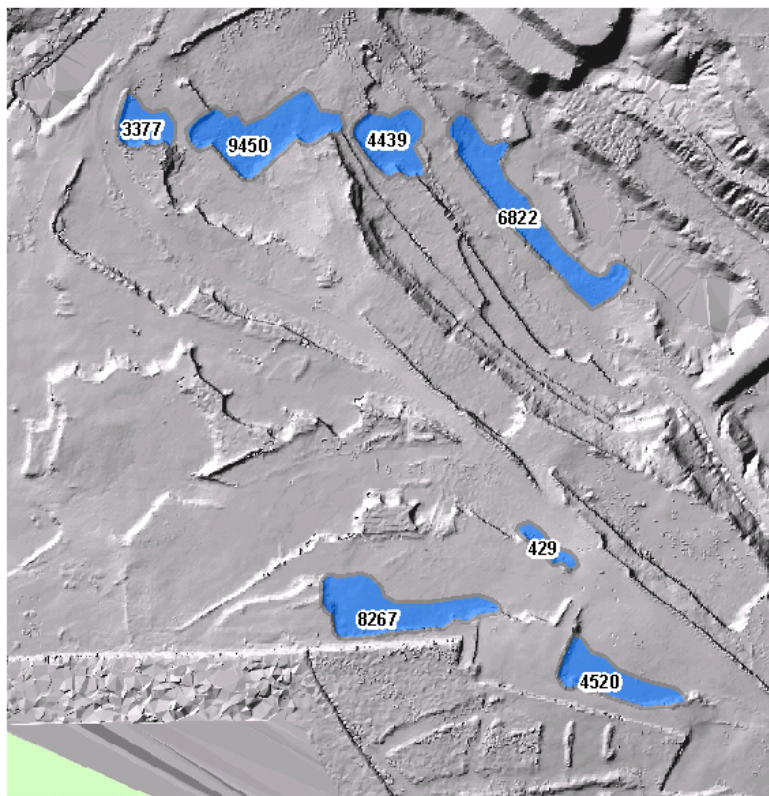
- Rastrová datová sada s hodnotami (*volume*) kubatur



Obr. 11.14: Hodnoty jednotlivých částí kubatur

Součet všech hodnot (*volume*) v jednotlivých částech provede automaticky část skriptu a uloží výsledné hodnoty do atributové tabulky. Přehled jednotlivých výsledků kubatur a celková kubatura je pro představu znázorněna na *Obr. 11.15*.

**KUBATURA - LOM HORNÍ BŘÍZA - 37304 m<sup>3</sup>**



*Obr. 11.15: Výsledná kubatura*

Základním vstupem do výpočtů kubatur je mračno bodů uložené v souboru DXF. Z tohoto souboru je vytvořen TIN a další zpracování a výpočty probíhají nad rastrovými datovými sadami. Důvodem zvolení rastrů je rychlejší a efektivnější výpočet kubatur. Spojené mračno bodů povrchového lomu Horní Bříza obsahuje přibližně šedesát milionů bodů. Při testování s daty takového objemu bylo zjištěno, že ArcGIS je schopen uspokojivě pracovat a provádět výpočty s množstvím přibližně dvou miliónů bodů. Na základě testování s daty bylo zjištěno, že tento počet plně dostačuje svým detailem a přesností pro výpočet kubatur v povrchových lomech a naměřené mračno bodů, tedy mohlo být pomocí filtru redukováno na tuto hodnotu. I přesto je práce s tak velkým souborem (TIN) v prostředí ArcGIS náročná, a proto jsou využity rastry, nad kterými výpočty probíhají výrazně rychleji. Součástí efektivnějšího dosažení určení výpočtu je samozřejmě i vytvořený nástroj obsahující vytvořené skripty.

## 11.4 POPIS SKRIPTU – *Určení kubatury*

V následující části jsou pomocí komentářů popsány jednotlivé funkce používané v tomto skriptu stejně jako u popisu prvního skriptu. Celý skript je druhou částí vytvořeného nástroje Kubatury.

```
CUT_SHP= ARCPY.GetParameterAsText(0)
Heights_Last = ARCPY.GetParameterAsText(1)
# Načte zadaný parametr podle jeho indexu polohy ze seznamu parametrů

head, tail = os.path.split(CUT_SHP)
head, tail = os.path.split(head)
Tezba_Dir = head
# arcpy.AddMessage(Tezba_Dir)
head, tail = os.path.split(head)

DATUM = tail
DATUM = DATUM[2:]
# arcpy.AddMessage(DATUM)
# Funkce použije pro pojmenování souboru název složky, ze které se načítá vstupní soubor bez dvou prvních míst
```

### 1) Funkce – Clip

```
# Local variables:
#Definování lokálních proměnných
heights_clip_Dir = Raster_Dir + "\\HEIGHTS_CLIP"
os.makedirs(heights_clip_Dir)

heights_clip= heights_clip_Dir + "\\p_" + DATUM + "_c"
# Označení výstupního souboru
arcpy.AddMessage("Process: Clip ...")
#Funkce, která vytváří informativní zprávu o procesu v dialogovém okně

# Process: Clip
Heights = Tezba_Dir + "\\RASTER\\HEIGHTS" + "\\p_" + DATUM
# arcpy.AddMessage(Heights)

arcpy.Clip_management(Heights, "", heights_clip, CUT_SHP, "", "ClippingGeometry")
arcpy.SetParameter(2, heights_clip)
```

## 2) Funkce – Cut Fill

```
cut_fill_Dir = Raster_Dir + "\\CUT_FILL"  
os.makedirs(cut_fill_Dir)  
# Vytvoření adresáře CUT_FILL do adresáře RASTER  
  
cut_fill= cut_fill_Dir + "\\r_" + DATUM  
# Označení výstupního souboru  
  
arcpy.AddMessage("Process: Cut Fill ...")  
  
# Process: Cut Fill  
arcpy.CutFill_3d(Heights_Last , heights_clip, cut_fill, "1")  
arcpy.SetParameter(7, cut_fill)  
# Funkce automaticky přidá výstupní soubor do mapy
```

## 3) Spuštění skriptu napsaného v jazyce Visual Basic .NET pomocí skriptu

```
# Import arcpy module  
import arcpy  
  
# Load required toolboxes  
arcpy.ImportToolbox("D:/TMP/Tezba/Kubatury.tbx")  
# Spuštění skriptu  
  
# Process: Kubatury podle hranic  
arcpy.gp.toolbox = "D:/TMP/Tezba/Kubatury.tbx";  
  
arcpy.gp.KubaturyPodleHranicTool(cut_fill, CUT_SHP)  
arcpy.AddMessage("Process: Kubatury ...")
```

Skript je napsán pomocí softwarových komponentů ArcObjects, které poskytují služby pro podporu GIS aplikací. Třídy jsou založené v dynamicky linkovaných knihovnách a z těchto tříd se tvoří objekty.

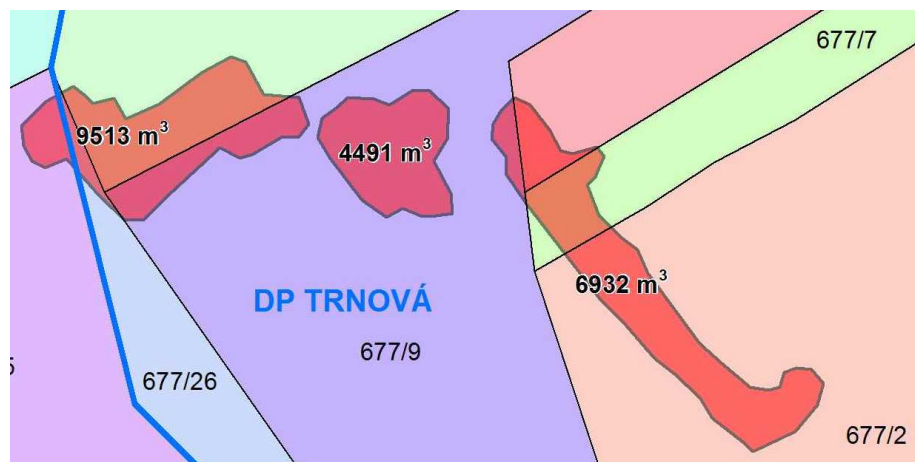
Skript je tvořen jednou třídou obsahující jednu metodu, jejímž vstupem je rastrová datová sada a vytvořený shapefile. Skript do jeho tabulky atributů určí a zapíše výsledné kubatury jednotlivých oblastí. Celý skript je součástí přílohy nástroje Kubatury.



## 11.5 MOŽNÁ VYLEPŠENÍ NÁSTROJE KUBATURY

Nástroj pro určování kubatur by bylo možné rozšířit o další funkčnost. Společnosti provádějící těžební činnost kromě výsledného objemu kubatur také zajímá, jak velká část se z celého objemu (např. deponie materiálu) nachází na konkrétních parcelách katastru nemovitostí, katastrálním území a dobývacím prostoru.

Výpočet je možné realizovat tak, že se již vypočtené kubatury rozdělí podle hranic parcel, katastrálního území atd. pomocí funkce intersect (rozřezání podle hranic), která je součástí ArcToolboxu v prostředí ArcGIS. Tato funkce by jednotlivé kubatury rozdělila na části, podle protínající hranice např. hranice katastrálního území nebo hranice parcel katastru nemovitostí. (viz Obr. 11.16). Po rozřezání by skript spočítal kubatury jednotlivých částí, např. kolik  $m^3$  spadá do parcely 677/9 a zapsal hodnotu do atributové tabulky.



Obr. 11.16: Intersect podle hranic

Navázáním na tento krok by mohlo být rozšíření předchozího nástroje, které by hodnoty z atributové tabulky vypisovalo přímo do textového souboru jako tabulku výkazů kubatur.

Ukázka tabulky s výslednými hodnotami:

<b>Povrchový lom Horní Bříza</b>		
<b>Parcely KN</b>		
<b>Parcelní číslo</b>	<b>Plocha</b>	<b>Kubatura úbytku hmot</b>
677/2	1211	438
677/25	4498	9466
<b>Bloky zásob</b>		
<b>Číslo bloku</b>	<b>Plocha</b>	<b>Kubatura úbytku hmot</b>
1PB3	8113	12391
2PB3	6407	14088
<b>Katastrální území</b>		
<b>Katastrální území</b>	<b>Plocha</b>	<b>Kubatura</b>
Trnová u Plzně	21016	39367
<b>Dobývací prostor</b>		
<b>Dobývací prostor</b>	<b>Plocha</b>	<b>Kubatura úbytku hmot</b>
Trnová	12474	21484
Trnová II	8543	17883

Dále je možnost navázat na kapitolu pojednávající o geografickém informačním systému DuGIS, kterou lze bohatě rozvíjet a řešit problémy spojené s převodem dat v systému GIS a data v systému CAD.

## 12 ZÁVĚR

S rozvojem metod laserového skenování, zpracování dat a rozvíjejícími se informačními technologiemi se otevírají nové možnosti pro aplikace důlního měřictví. Toto je jedna ze skutečností, ze které vychází myšlenka této práce. Dalším důležitým podnětem zpracování byl nedostatek odborné literatury zabývající se podrobným popisem tvorby důlně měřické dokumentace. K dispozici je legislativa, popisující výstupy a způsoby potřebné k vedení důlního měřictví – žádná už ale detailně nepopisuje, jakým způsobem se celý proces tvorby utváří. Proto je jedním z hlavních cílů poskytnout ucelený postup pro tvorbu důlně měřické dokumentace, která je nedílnou součástí důlního měřictví, za pomoci nejmodernějších měřických metod a jejich vhodného zpracování. V neposlední řadě bylo z důvodu zdlouhavého početního postupu při určování kubatur úkolem vytvořit nástroj fungující v prostředí ArcGIS, kterým je výpočet kubatur do největší míry automatizován.

V teoretické části je uvedena problematika laserového skenování, se zaměřením na pozemní laserové skenování. Je zde vysvětlen nejčastější výstup celého měření, což je již několikrát zmiňované mračno bodů. Právě tento výstup zásadně ovlivnil zpracování v oblasti důlního měřictví. Důležitou součástí této práce je také seznámení s důlně měřickou dokumentací, kterou jsou ze zákona povinny vést organizace provádějící těžební činnost. Závěrečná část teoretické části pojednává o pracovním prostředí specializovaných softwarů potřebných pro zpracování dat. Popsány jsou tři stěžejní softwary, převážně zahraničních společností. Dva softwary pracují na bázi CAD a jeden na bázi GIS.

Pro získání dat byla vybrána testovací oblast povrchového kaolinového lomu nacházejícího se nedaleko Plzně v Horní Bříze. Data naměřená v tomto lomu jsou vhodná jak pro vypracování všech postupů, tak pro vizualizaci finálních výstupů. Jak bylo již zmíněno, hlavní měřickou metodou bylo pozemní laserové skenování. Na jedné skenovací pozici je laserový skener schopen naskenovat dva milióny bodů během čtyř minut, což je obrovské množství bodů. Důležitým faktorem je správné rozmístění skenovacích pozic, díky kterému je pak vytvořeno mračno bodů celé zájmové oblasti.

Během zpracování dat byla zjištěna nesourodost a nekompatibilitnost mezi systémy CAD a GIS. V dnešní době sledujeme veliký rozvoj především geografických informačních systémů, které ale stále nejsou schopny při vedení důlně měřické dokumentace plně nahradit systémy CAD. V oblasti důlního měřictví jsou ale společnostmi stále

využívány převážně programy a nadstavby pracující na bázi CAD. Velkou roli zde samozřejmě hrají finanční nároky na zmiňované softwary. Pokud by byla všechna data pro důlně měřickou dokumentaci zpracovávána v prostředí GIS, musel by být nedílnou součástí plnohodnotný převod ze souborů vytvořených v GIS do souborů CAD a naopak. Jak bylo zjištěno, v dnešní době tento převod lze provést pouze do určité úrovně. Příkladem mohou být výkresy v systému CAD, ve kterých jsou barevné či texturou vyplněné objekty. Převodem do GIS se tyto informace o výplních ztrácí.

Při zpracování naměřených dat bylo také zjištěno, že samotné systémy CAD nejsou schopny pracovat s tak velkým množstvím dat, proto jsou vyvíjeny nadstavby tohoto systému, jakým je například program RiSCAN PRO. Co se týká prostředí ArcGIS, to je schopno uspokojivě pracovat s počtem dvou miliónů bodů. Z toho vyplývá, že díky dostatečnému počtu získaných bodů byla data filtrována na nižší počet podle uživatelem stanovených kritérií.

Při zpracování dat v programu DULMAP probíhala komunikace s vývojovým střediskem toho programu. Na základě připomínek a návrhů, které vyplynuly z tvorby této práce, byla funkčnost programu v mnoha případech vylepšena či pozměněna.

Jedním z hlavních zásadních výstupů je zpracovaný nástroj, který řeší - původně velmi zdoluhavý postup výpočtu kubatur se zaměřením na velké povrchové lomy. S rozvojem geografických informačních technologií bylo logickým krokem zpracovat nástroj v prostředí ArcGIS. Z důvodu časové náročnosti nebyl nástroj zdokonalován o další funkčnosti, ale bude dále rozšiřován a vylepšován, a to dle požadavků uživatele. Nabízí se možnost nástroj rozšířit o funkce, které společnosti provádějící těžební činnost požadují. Příkladem je automatické zapisování hodnot kubatur do tabulky výkazů, kde jsou obsaženy části kubatur spadající např. do daného katastrálního území.

Přínosem praktické části je řešení a popis konkrétních detailních postupů při sběru, zpracování a vizualizaci dat pozemního laserového skenování pro účely důlně měřické dokumentace, a dále také vytvoření nástroje, který automatizuje výpočet kubatur v povrchových lomech. Díky nastudování této práce bude uživatel schopen zpracovat celý proces související s tvorbou důlně měřické dokumentace.

Nástroj pro určování kubatur je funkční a je plně používán společností GEOREAL spol. s r.o., stejně jako podrobně popsané postupy tvorby důlně měřické dokumentace.

## 13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CAD	( <i>Computer Aided Design</i> ) počítačem podporované navrhování - zkratka označující software pro projektování či konstruování na počítači
CZEPOS	Česká síť permanentních stanic pro určování polohy
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DGN	( <i>Design</i> ) základní formát výkresů v produktech firmy Bentley Systems
DMD	Důlně měřická dokumentace
DMT	Digitální model terénu
DXF	( <i>Drawing Exchange Format</i> ) je CAD formát, umožňující výměnu dat mezi AutoCADem a dalšími programy
ESRI	( <i>Environmental Systems Research Institute</i> ) je společnost zabývající se vývojem softwaru určeného pro práci s geografickými informačními systémy
ETRS89	( <i>European Terrestrial Reference System 1989</i> ) evropský terestrický referenční systém je geodetické datum pro celoevropský sběr, uchování a analýzu prostorových dat
GNSS	( <i>Global Navigation Satellite System</i> ) globální družicový polohový systém, určený k získání polohy na libovolném místě na zemi v reálném čase
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální, založený na Křovákově konformním kuželovém zobrazení v obecné poloze
RTK	( <i>Real Time Kinematic</i> ) kinematická metoda řešená v reálném čase, toto měření automaticky určuje prostorové trojrozměrné (3D) souřadnice měřených bodů
TIN	( <i>Triangulated Irregular Network</i> ) nepravidelná trojúhelníková síť
WGS84	( <i>World Geodetic System 1984</i> ) geodetický referenční systém používaný zejména pro účely kosmické geodézie

## 14 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1: Digitální model terénu - © GEOREAL spol. s r.o.....	12
Obr. 2.2: Laserové skenování v povrchovém lomu - © GEOREAL spol. s r.o.....	14
Obr. 2.3: Vytváření 3D modelu s vegetací - © GEOREAL spol. s r.o.....	16
Obr. 2.4: Spojená mračna bodů povrchového lomu- © GEOREAL spol. s r.o.....	17
Obr. 2.5: Určování kubatur - data © GEOREAL spol. s r.o.....	18
Obr. 3.1: Charakteristický řez.....	24
Obr. 3.2: Vysvětlivky pro charakteristický řez.....	24
Obr. 3.3: Měřické metody sběru dat - © GEOREAL spol. s r.o.....	26
Obr. 4.1: Hlavní okno RiSCAN PRO - © Riegl.....	32
Obr. 4.2: Prostředí programu ArcMap.....	33
Obr. 4.3: ArcToolbox.....	35
Obr. 6.1: Ložisko Horní Bříza - © GEOREAL spol. s r.o.....	39
Obr. 7.1: Přehledka skenovacích pozic.....	41
Obr. 7.2: Laserscanning v povrchovém lomu pomocí skeneru Riegl LMS-Z420i.....	42
Obr. 8.1: Struktura složek.....	44
Obr. 8.2: Datová struktura skenovací pozice.....	45
Obr. 8.3: Filtr Octree.....	46
Obr. 8.4: TPL GLSC – souřadnice stanovisek.....	47
Obr. 8.5: Modify orientation and position.....	48
Obr. 8.6: Multi Station Adjustment.....	49
Obr. 8.7: Mračno bodů obarvené podle výškových hodnot.....	50
Obr. 8.8: Výřez mračna bodů.....	51
Obr. 8.9: Charakteristický profil.....	51
Obr. 8.10: Mračno bodů s naskenovanou vegetací.....	52
Obr. 8.11: Nevyčištěné mračno bodů (elektrické vedení, vegetace).....	52
Obr. 9.1: Panel nástrojů.....	54
Obr. 9.2: Popis hranic.....	56
Obr. 9.3: Spirit KN.....	58
Obr. 9.4: Hillshade.....	59
Obr. 9.5: Hrana skrývkového řezu.....	59
Obr. 9.6: Správné a špatné vyhodnocení hrany výsypky.....	60
Obr. 9.7: Funkce svahování.....	61

Obr. 9.8: Špatná a správná redukce kót .....	62
Obr. 9.9: Surface From Graphics .....	63
Obr. 9.10: Profile .....	64
Obr. 9.11: Rekultivace .....	65
Obr. 9.12: Průzkumný a hydrogeologický vrt.....	65
Obr. 10.1: DuGIS .....	66
Obr. 11.1: Nástroj Kubatury.....	67
Obr. 11.2 : Struktura adresářů s výstupními soubory.....	68
Obr. 11.3: TIN a Rastry.....	69
Obr. 11.4: Procesy skriptu TIN a Rastry.....	69
Obr. 11.5: TIN – Lom Horní Bříza .....	70
Obr. 11.6: Výškový rastr – Lom Horní Bříza .....	70
Obr. 11.7: Rozdílový rastr – Lom Horní Bříza .....	71
Obr. 11.8: Hillshade – Lom Horní Bříza.....	71
Obr. 11.9: Zájmové oblasti pro výpočet kubatury .....	75
Obr. 11.10: Hodnoty kubatury v m <sup>3</sup> (VOLUME).....	75
Obr. 11.11: Určení kubatury.....	76
Obr. 11.12: Dokončení procesů skriptu .....	76
Obr. 11.13: Oříznutý výškový rastr.....	77
Obr. 11.14: Hodnoty jednotlivých částí kubatur .....	77
Obr. 11.15: Výsledná kubatura .....	78
Obr. 11.16: Intersect podle hranic .....	81

## 15 SEZNAM LITERATURY

- [1] ARCDATA PRAHA. *Aplikace ArcGIS for Desktop*. [online]. Praha: ARCDATA PRAHA, s.r.o., 2014. [cit. 2014-02-06] Dostupné z <<http://angell.symbio.cz/infoglueDeliverWorking/ViewPage.action?siteNodeId=1164&languageId=4&contentId=-1#ArcToolbox>>.
- [2] ARCDATA PRAHA. *ArcGIS for Desktop*. [online]. Praha: ARCDATA PRAHA, s.r.o., 2014. [cit. 2014-02-06] Dostupné z <<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/arcgis-for-desktop/>>.
- [3] BRŮHOVÁ, P. *Vyhotovení výkresové dokumentace historické budovy z dat z laserového skenování*. [online]. Diplomová práce, vedoucí B. Koska. Praha, 2012. ČVÚT v Praze. Fakulta stavební. [cit. 2013-11-09] Dostupné z <<http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2012/pavla-bruhova-dp-2012.pdf>>.
- [4] BUCHROITHNER, M. F., GAISECKER, T. *Terrestrial Laser Scanning for the Vi-sualization of a Complex Dome in an Extreme Alpine Cave System*. [online]. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, 4/2009, s. 329 – 339. Dostupné z <[http://www.riegl.com/uploads/tx\\_pxpriegldownloads/0025\\_Buchroithner\\_wm.pdf](http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/0025_Buchroithner_wm.pdf)>.
- [5] DOLANSKÝ, T. *Lidary a letecké laserové skenování*. [online]. Ústí nad Labem, 2004. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, s. 1-100. [cit. 2013-12-02] Dostupné z <<http://wvc.pf.jcu.cz/ki/data/files/160lidaryweb.pdf>>.
- [6] DOLANSKÝ, T. et. al. *Zpracování a analýza dat laserového skenování*. [online]. Ústí nad Labem, 2011. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, s. 1-22. Dostupné z <[http://projekty.fzp.ujep.cz/transeconet/documents/LS\\_vysledky.pdf](http://projekty.fzp.ujep.cz/transeconet/documents/LS_vysledky.pdf)>.
- [7] FIALA, R. *Laserové skenování - principy*. [online]. Plzeň, 2011. Dostupné z <[http://www.gis.zcu.cz/projekty/Geomatika\\_multimedialne/FGM/fgm-lls-principy.pdf](http://www.gis.zcu.cz/projekty/Geomatika_multimedialne/FGM/fgm-lls-principy.pdf)>.



- [8] GEOREAL. *3D Laserové skenování*. [online]. Plzeň: GEOREAL spol. s r.o., 2013. [cit. 2013-12-05] Dostupné z <<http://georeal.cz/cz/produktydata/laserove-skenovani>>.
- [9] GEOREAL. *Důlní měřictví*. [online]. Plzeň: GEOREAL spol. s r.o., 2013 [cit. 2013-12-05] Dostupné z <<http://georeal.cz/cz/produktydata/dulni-mericka-dokumentace>>.
- [10] HOTAŘ, Z., JANKŮ, M. *Využití laserových moderních skenerů k určování kubatur prostorových těles*. Brno: Těžební unie. Ústav geoinformačních technologií v Brně, 2005, roč. 15, s. 32-35. ISSN 1212-7248.
- [11] HSI: DULMAP verze 13.0. *Podrobná dokumentace k programu DULMAP*. HSI, spol. s r. o., Praha, 2013. [cit. 2014-01-19].
- [12] HRDLIČKA Group. *Georevue – internetový zpravodaj*. [online]. Praha: HRDLIČKA spol. s r.o., zima 2012, Číslo 33. Dostupné z <[http://www.hrdlicka.cz/www/docs/georevue/33\\_cz.pdf](http://www.hrdlicka.cz/www/docs/georevue/33_cz.pdf)>.
- [13] KOLEJKA, J., TEJKAL, M. *Využití laserových modelů terénu v geomorfologickém výzkumu*. [online]. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, Bratislava: Asociácia slovenských geomorfológov pri SAV, 2011, roč. 11, č. 1, s. 7-17. ISSN 1337-6799. [cit. 2013-11-29] Dostupné z <<http://www.asg.sav.sk/gfsb/v0111/gfsb0110101.pdf>>.
- [14] LAND MANAGEMENT. *Metoda laserového skenování*. [on-line]. Praha: LA-MA, oborový portál, Červenec 2011. [cit. 2014-01-09] Dostupné z <<http://www.la-ma.cz/?p=88>>.
- [15] LAPŠANSKÁ, H. *Laserové technologie v praxi*. [online]. Portál moderní fyziky. Olomouc, 2010. Univerzita Palackého v Olomouci, s. 1-17. Dostupné z <<http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/laser.pdf>>.
- [16] RIEGL. *Manuál k programu RiSCAN PRO*. RIEGL Laser Measurement Systems, červen 2005. [cit. 2013-10-12].

- [17] RIEGL. *Riegl 3D Terrestrial laser scanner LMS-Z420i*. Technical documentation, Users instruction. Červen, 2005. [cit. 2013-10-01].
- [18] SITEWELL. *Mračno bodů jejich správa a vizualizace*. [online]. Praha: Sitewell s.r.o., 2010. [cit. 2013-11-25] Dostupné z <<http://www.sitewell.cz/aktuality/2010/07/26/mracna-bodu-jejich-sprava-a-vizualizace/>>.
- [19] SIROTEK, J. *Využití laserscanningu při dokumentaci těžební činnosti a určování kubatur*. Brno: Těžební unie, 4/2003, s. 22.
- [20] ŠTRONER, M. et.al. *3D skenovací systémy*. Praha, 2013. ČVUT v Praze. Fakulta stavební, s. 1-396. ISBN 978-80-01-05371-3.
- [21] ŠVÁBENSKÝ, O., BUREŠ, J., VITULA, A. *Geodézie v podzemních prostorách*. [online]. Brno, 2007. Vysoké technické učení v Brně. Fakulta Stavební, s. 1-42. Dostupné z <[http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE08\\_M01-D%20C5%20AFIn%20C3%20AD%20m%20C4%209B%20C5%2099ictv%20C3%20AD.pdf](http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE08_M01-D%20C5%20AFIn%20C3%20AD%20m%20C4%209B%20C5%2099ictv%20C3%20AD.pdf)>.
- [22] UHLÍŘOVÁ, K. *Možnosti využití leteckého laserového skenování pro vodohospodářské účely*. [online]. GIS Ostrava, 2010. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, s. 1-9. [cit. 2014-02-06] Dostupné z <[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2010/sbornik/Lists/Papers/CZ\\_3\\_5.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2010/sbornik/Lists/Papers/CZ_3_5.pdf)>.
- [23] VRANÝ, V. *Určení tvaru komunikace – porovnání geodetických metod*. [online]. Diplomová práce, vedoucí J. Pospíšil. Praha, 2007. ČVUT v Praze. Fakulta stavební. [cit. 2014-01-11] Dostupné z <<http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2007/vaclav-vrany-dp-2007.pdf>>.
- [24] Vyhláška Českého báňského úřadu 435/1992 Sb. ze dne 13. května 1992., O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, v platném znění. Ostrava: MONTANEX a.s., Ostrava, 1997. [cit. 2014-01-06] ISBN 80-85780-88-7.

- [25] Zákon č. 44/1988 Sb. ze dne 19. dubna 1988 o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). [online]. [cit. 2013-12-08] Dostupné z <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=37650&fulltext=44~2F1988&nr=61~2F1988&part=&name=&rpp=15#local-content>>.
- [26] Zákon č. 61/1988 Sb. ze dne 21. dubna 1988 o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě. [online]. Dostupné z <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=37650&nr=61~2F1988&rpp=15#local-content>>.
- [27] ZÁVRSKÝ, M. Geodézie Ledec nad Sázavou. *Laserové skenování*. [online]. Geodézie Ledec nad Sázavou s.r.o. [cit. 2013-11-25] Dostupné z <<http://www.geodezieledec.cz/laserove-skenovani/>>.

## **16 SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1: Technické parametry 3D Skeneru LMS-Z420i

Příloha č. 2: Základní důlní mapa, Mapa povrchu, Provozní mapa a Účelová důlní mapa

Příloha č. 3: Rozhodnutí o dobývacím prostoru Trnová II.

Příloha č. 4: Rozhodnutí o chráněném ložiskovém území Horní Bříza

Příloha č. 5: Rozhodnutí k povolení hornické činnosti

Příloha č. 6: Charakteristický řez

## STRUKTURA CD

-- Lacina_DP	
---- HB130930_DMD	tento adresář obsahuje digitální soubory ve struktuře programu DULMAP (vybrané pouze složky dgn a tmp)
----- DGN	tento adresář obsahuje soubory ve formátu dgn
----- TMP	
mp_X.dgn	tiskový soubor mapy povrchu (mapový list c. X)
zdm_X.dgn	tiskový soubor základní důlní mapy (mapový list c. X)
provozni_X.dgn	tiskový soubor účelové důlní mapy provozní 1:1000
provozni_2000.dgn	tiskový soubor účelové důlní mapy provozní 1:2000
dopravni_mapa.dgn	tiskový soubor účelové mapy - dopravní mapa 1:2000
CH_130930.dgn	charakteristické řezy DP Trnová I. a Trnová II.
---- HB130930_RISCAN	tento adresář obsahuje digitální soubory ve struktuře programu RiSCAN PRO
----- HB20130930.RiSCAN	tento adresář obsahuje podadresáře programu RiSCAN PRO (vybrané složky OBJETCS, SCANS a VIEWS)
----- OBJECTS	tento adresář obsahuje výsledné mračno bodů
----- SCANS	tento adresář obsahuje data skenovacích pozic
----- VIEWS	tento adresář obsahuje přehledku
----- project.rsp	zakládací projekt
----- HB20130930	výsledné mračno bodů ve formátu DXF
---- Nastroj_KUBATURY	tento adresář obsahuje nástroj ArcToolboxu a související složky
----- LAST_HEIGHTS	tento adresář obsahuje datovou rastrovou sadu
----- SHP	tento adresář obsahuje shapefile
----- Ukazkova_lokalita	tento adresář obsahuje ukázkové výstupní soubory k výpočtu kubatur
----- TIN_a_Rastrы.py	vytvořený skript v jazyce python
----- Urceni_kubaturы.py	vytvořený skript v jazyce python
----- CKubaturыPodleHranic.vb	vytvořený skript v jazyce .NET Visual basic
----- Kubaturы.tbx	vytvořený nástroj Kubatury (součást ArcToolbox)
----- symbology_TIN_a_Rastrы.lyr	symbologie pro rastrovou datovou sadu
----- symbology_Urceni_kubaturы.lyr	symbologie pro rastrovou datovou sadu
----- SetupKubaturы.msi	instalační balíček k nástroji Kubatury
----- READ_ME.txt	textový soubor pro instalaci a spuštění nástroje Kubatury
---- Prilohy	tento adresář obsahuje přílohy ve formátu pdf
Priloha_1.pdf	
Priloha_2_MP.pdf	
Priloha_2_PM.pdf	
Priloha_2_PM1.pdf	
Priloha_2_PM2.pdf	
Priloha_2_UDM.pdf	
Priloha_2_ZDM.pdf	
Priloha_3.pdf	
Priloha_4.pdf	
Priloha_5_I.pdf	
Priloha_5_II.pdf	
Priloha_6.pdf	
---- Lacina_DP_text.pdf	