

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Studijní obor: GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

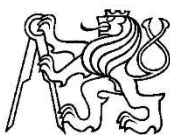
Zaměření a vytvoření důlní mapové dokumentace oblasti
Čelina Západ ve štole Josef

Measurement and Creation of Map Documentation of the Čelina Západ Area of the Josef Mine

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

Králíky, 2019

Martin Kouba



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kouba Jméno: Martin Osobní číslo: 468232

Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Zaměření a vytvoření důlní mapové dokumentace oblasti Čelina Západ ve štolě Josef

Název bakalářské práce anglicky: Measurement and Creation of Map Documentation of the Čelina Západ Area of the Josef Mine

Pokyny pro vypracování:

Zaměření oblasti podzemí Čelina Západ a úvodní části páteřní stoly důlního díla Josef 3D skenovacím systémem. Zpracování a registrace naměřených dat.

Vytvoření důlní mapové dokumentace zaměřené oblasti.

Seznam doporučené literatury:

Štroner, M. a kol.: 3D skenovací systémy. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 2013, ISBN 978-80-01-05371-3.

Vyhláška č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem ve znění vyhlášky Českého báňského úřadu č. 158/1997 Sb. "úplné komentované znění, 1997. Ostrava: Montanex. ISBN 80-85780-88-7.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně za odborného dohledu Ing. Tomáše Křemena, Ph.D.

Také prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Králíkách dne

.....
Martin Kouba

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Křemenovi, Ph.D. za pomoc při měření a odborné rady při zpracování a tvoření této bakalářské práce. Taktéž bych chtěl poděkovat UEF Josef za umožnění přístupu do prostor štol.

Zvláště bych chtěl poděkovat celé své rodině, že to se mnou vydrželi a podporovali při studiu. Hlavní poděkování patří mamince za speciální pomoc s bakalářskou prací.

Abstrakce

Tato bakalářská práce se zabývá zaměřením zpřístupněné oblasti Čelina Západ a nezpřístupněné části Páteřní štoly ve Štole Josef a vytvořením její důlní mapové dokumentace. Zpracování naměřených dat bylo provedeno v programu Leica Cyclone, transformace podrobných bodů v programu Groma a základní důlní mapa byla vytvořena v programu Microstation s nadstavbou DULMAP.

Klíčová slova

štola Josef, laserové skenování, registrace, Leica Cyclone, základní důlní mapa

Abstraction

This bachelor thesis focuses on the measurement of an accessible area of Čelina West, inaccessible part of area Main Drift in Josef Mine, and creating of its mining map documentation. The processing of the data was done in Leica Cyclone program, transformation of trig points in Groma program and the basic mining map was created in Microstation program with the DULMAP extension.

Key words

Josef Mine, laser scanning, registration, Leica Cyclone, basic mining map

Obsah

Úvod	7
1. Štola Josef.....	8
2. Zaměření	10
2.1 3D laserové skenování	10
2.2 Přístroje a pomůcky	13
2.2.1 Přístroj Leica ScanStation P40.....	13
2.2.2 Další pomůcky	15
2.3 Měření.....	16
3. Zpracování naměřených dat.....	20
3.1 Leica Cyclone.....	20
3.1.1 Struktura Leica Cyclone Navigator	20
3.1.2 Ovládání Leica Cyclone ModelSpace.....	22
3.2 Import do Leica Cyclone Navigator	22
3.3 Identické body.....	23
3.4 Registrace na identické body	24
3.5 Transformace podrobných bodů do S-JTSK	24
3.6 Registrace na body důlního bodového pole v S-JTSK.....	25
3.7 Úprava mračen bodů.....	26
4. Tvorba důlní mapové dokumentace	28
4.1 Základní důlní mapa	28
4.1.1 Obsah základní důlní mapy	29
4.2 Účelové důlní mapy.....	30
4.3 Kresba mapy.....	31
4.3.1 Kresba v Leica Cyclone	31
4.3.2 Kresba v Microstationu	34
4.3.3 Kresba v DULMAPu	36
5. Výsledky	40
Závěr.....	41
Seznam zdrojů.....	42
Seznam obrázků	44
Seznam tabulek.....	45
Seznam příloh.....	46

Úvod

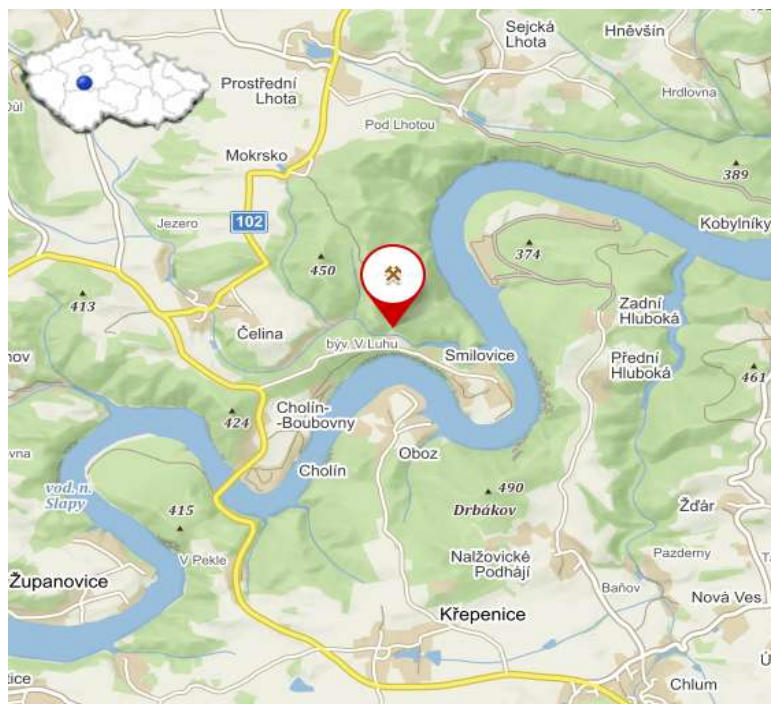
Štola Josef je hornické dílo ve zlatorudném revíru Psí Hory, který se nachází na Příbramsku. Spolu s místními zlatorudními ložisky jsou majetkem státu a pod správou Ministerstva životního prostředí České republiky. Od ministerstva si pronajímá prostory štoly Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze pro vzdělávací a výzkumné účely. Samotná štola není sama o sobě klasické důlní dílo, protože nemusí splňovat důlní předpisy, což je například absence hlavního důlního měřiče.

Každé důlní dílo by mělo mít důlní mapovou dokumentaci. Ta se vyhotovuje a řídí podle Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu. Na částech štoly Josef byla důlní mapová dokumentace již vyhotovena, a to konkrétně v části Čelina Východ metodou 3D laserového skenování, která je použita i v mé bakalářské práci. Vyhotovení je uvedeno v diplomové práci Ing. Filipa Špačka a v bakalářské práci Bc. Ladislava Ritschela. Část Čelina Západ už byla též zpracována Ing. Gertrúdou Paštékovou pomocí polární metody měřenou totální stanicí.

Tato bakalářská práce se zabývá vyhotovením důlní mapové dokumentace části Čeliny Západ, a to konkrétně základní důlní mapy s prvky důlní účelové mapy. Avšak v porovnání s Ing. Gertrúdou Paštékovou měření probíhá 3D laserovým skenovacím systémem, ze kterého vznikne detailní 3D model kompletní části Čeliny Západ. Výstupy z tohoto modelu budou ve formě mračna bodů, ze kterých vzniknou půdorysné a příčné řezy a následně 3D výkresy mapových listů území doplněných o důlní mapové značky.

1. Štola Josef

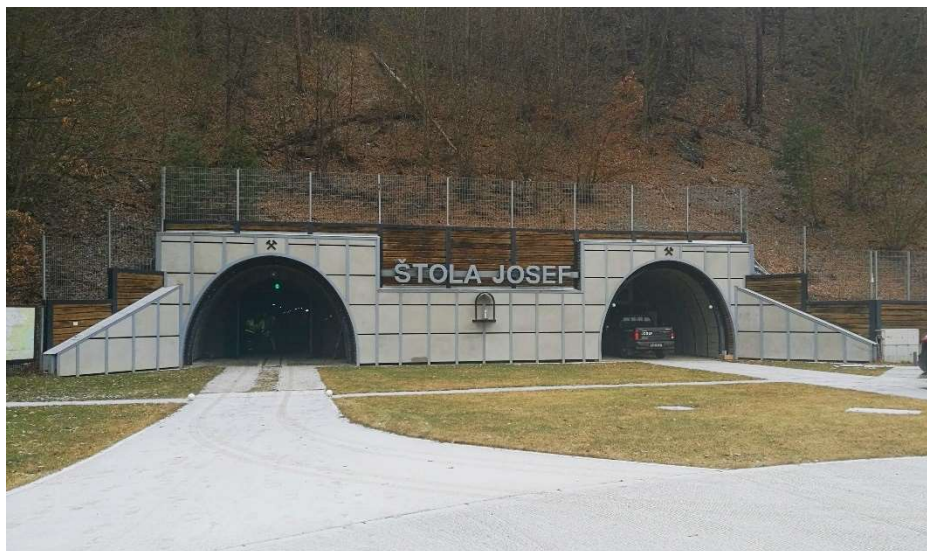
Štola Josef je hornické dílo, které se nachází na levém břehu Vltavy na katastrálním území Prostřední Lhoty místní části obce Chotilsko v okrese Příbram ve Středočeském kraji zhruba 30 km od okresního města Příbram a 50 km jižně od hlavního města Prahy (viz obr. 1).



Obr. 1 Poloha štoly Josef [2]

Samotná štola Josef (viz obr. 2) je umístěna mezi obcemi Čelina a Mokrsko a je v přímé blízkosti vodní nádrže Slapy. Tvoří součást zlatorudního revíru Psí hory. Tento revír se nachází v okolí Nového Knína, kde se zlato dobývalo ještě v dalších dvou revírech: kozohorský revír, který se rozprostírá mezi obcemi Kozí Hory a Borotice jihozápadně od Nového Knína a libčický revír, který leží jižně od Nového Knína mezi Libčicemi a Dražeticemi. V tomto revíru se zlato těžilo ještě do první poloviny 20. století. Samotná oblast revíru Psí hory je jako jediná z Novoknínska umístěná v horninách tzv. Jílovského pásma, což bylo pojmenováno podle nedalekého města Jílové u Prahy. Zlato z tohoto pásma hrálo velkou roli v minulosti, kde se z něj vyráběl tzv. český dukát (florián), který zavedl roku 1325 jako první panovník ve střední Evropě Jan Lucemburský. K ukončení těžby zlata došlo až v roce 1968.

V současnosti štolu Josef spravuje Fakulta stavební ČVUT v Praze, kde je vytvořena mimo jiné „Podzemní laboratoř Josef“. Taktéž je zde umístěna v oblasti Čelina Východ „podzemní katedrála“ (kaverna), která tu zůstala po podzemní těžbě. Nyní ve štole kromě jiného probíhá výuka předmětů bakalářských a magisterských oborů podzemního stavitelství a inženýrské geodézie. Zároveň se zde vytváří bakalářské, diplomové a doktorské práce studentů. [1]



Obr. 2 Vstupní portály štol Josef

2. Zaměření

V této kapitole bude rozebrána teorie 3D laserového skenování a laserových skenerů. Dále bude popsáno samotné měření, které bylo rozděleno do dvou dnů, včetně přístroje, se kterým se měřilo a pomůckami, které se používaly.

2.1 3D laserové skenování

Laser, jakožto zdroj světla, je velmi vhodný ve formě záření pro skenovací systémy. Laserové záření je totiž ve vysoké míře souvislé, intenzivní a s využitím doplňující optické soustavy vysoce směrové. Využití laserů v jiných oborech, než je geodézie, je velmi široké. Používá se v průmyslu na řezání, vrtání materiálů, dále v medicíně zejména v dermatologii a stomatologii. Také se používá ve vojenství ve zbraňových systémech, ve spotřební elektronice (např. tiskárny, záznamová média), v datových přenosech s optickými vlákny, ve výzkumu nebo v kosmetice. [9]

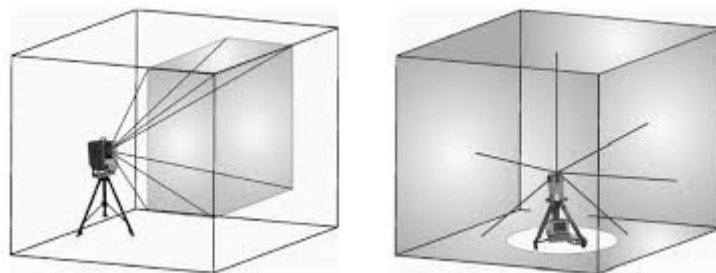
3D laserové skenování je metoda, ve které se využívá bezkontaktní určování prostorových souřadnic bodu. Díky rychlosti skenování vzniká velký shluk bodů, kde už je neefektivní jednotlivé body pojmenovávat a uvádět v seznamu souřadnic, a proto se body nechávají neoznačené. Tomuto shluku bodů se říká tzv. mračno bodů. Kvůli velkému množství bodů jdou naskenované objekty lehce tvarově rozeznávat a dále s nimi pracovat a upravovat. 3D laserové skenování si proto našlo uplatnění v mnoha oborech. Výhoda této metody je přesnost zaměření stávajícího stavu spolu s větší produktivitou práce, a tedy finanční úsporou, vysoká rychlost měření v terénu s vyšší bezpečností a také velmi rychlé zpracování 3D digitálních modelů. Samotné měření může probíhat za plného provozu, případně i s redukcí délky odstávky náročných provozů na minimum. Výsledné zpracování digitálních modelů je velmi rychlé.

Skenovací systémy lze dělit podle jejich parametrů. Těchto parametrů je hned několik. Skenery se dělí podle principu měření, dále podle zorného pole, podle dosahu, přesnosti a rychlosti skenování.

Podle principu se 3D skenery dělí na dvě skupiny. Na polární skenery a na skenery se základnou. Polární skenery měřící prostorovou vzdálenost se dělí podle využití tranzitního času nebo vzniklého fázového rozdílu. Skenery se základnou obsahují buďto

jednu kameru nebo dvě. Systémy s jednou kamerou jsou tvořeny CCD kamerou a středem rotace zrcátka, kde se snímá stopa laseru na objektu. Dvou kamerový systém tvoří dvě konvergentně zaměřené CCD kamery a mezi nimi umístěný projektor, což je zařízení pro vytvoření prostorově strukturovaného záření, kterým se tvoří světelný řez. Anebo se místo projektoru využije laser.

Významným dělením skenerů je dělení podle zorného pole. Udává se ve stupních v horizontálním a vertikálním směru a je vymezeno maximálním úhlovým rozdílem krajních výstupních paprsků. 3D laserové skenery obecně fungují tak, že laserový paprsek je naváděn ve sloupcích a řádcích na body rastru, u kterého je určena vzdálenost, horizontální a vertikální úhel. Skenery se rozlišují podle zorného pole na dvě různé skupiny. První skupina těchto skenerů se nazývá *kamerové skenery* (viz obr. 3 vlevo), kde jejich zorné pole je relativně malé a je podobné například fotoaparátům nebo kameře. Druhá skupina jsou skenery *panoramatické* (viz obr. 3 vpravo), což už podle názvu napovídá, že jejich zorné pole je velké a dokážou zastihnout skoro celé okolí.



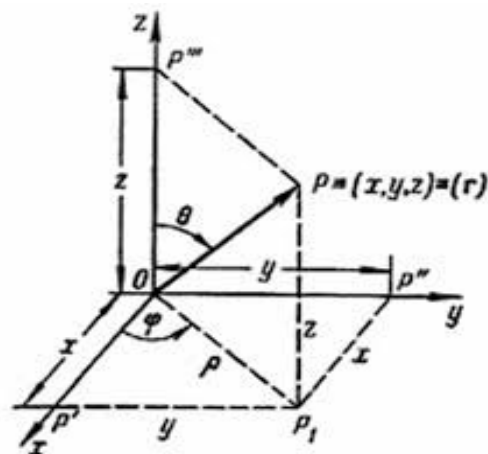
Obr. 3 Kamerový a panoramatický skener [3]

Další dělení je podle dosahu. Dělí se na skener s velmi krátkým dosahem (0,1 m až 2 m), krátkým dosahem (2 m až 10 m), středním dosahem (10 m až 100 m) a s dlouhým dosahem (100 m až stovky metrů).

Následující dělení skenerů je podle přesnosti, které závisí na dělení dle dosahu. Skenery s malou základnou s největší přesností (0,01 mm až 1 mm) jsou skenery s velmi krátkým dosahem, skenery s velkou základnou a polární skenery s krátkým dosahem mají přesnost 0,5 mm až 2 mm. Polární skenery se středním dosahem mají přesnost 2 mm až 6 mm. Nejmenší přesnost mají polární skenery s dlouhým dosahem, a to 10 mm až 100 mm.

Posledním dělením skenerů je podle rychlosti skenování. Dělí se do čtyř skupin: systémy s velmi vysokou rychlostí (více jak 100 000 bodů za sekundu), s vysokou rychlostí (5000 až 100 000 bodů za sekundu), se střední rychlostí (100 až 5000 bodů za sekundu) a s nízkou rychlostí (do 100 bodů za sekundu)

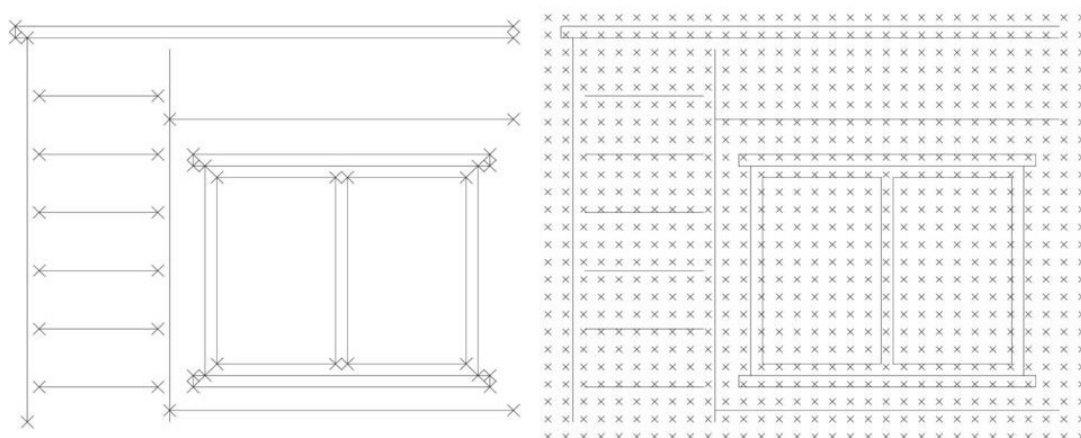
Pro fungování laserového skeneru v oblasti geodézie je základ prostorová polární metoda (viz obr. 4). Pro určení souřadnic bodu u této metody je zapotřebí znát délku průvodiče r , která se změří impulsním dálkoměrem (měření tranzitního času mezi odesláním impulsu z vysílače a přijmutím impulsu v přijímači), anebo fázovým dálkoměrem (určení fázového rozdílu mezi vyslaným a přijímaným signálem). Dále jsou potřeba znát úhly θ a φ , které se určí ze samotné polohy zrcadel v přístroji.



Obr. 4 Schéma prostorové polární metody [3]

Díky rychlosti naskenování dalších takových bodů vzniká již zmiňované mračno bodů. V mračně bodů se lépe orientuje díky barevnému spektru, kde každý jednotlivý druh barvy znamená intenzitu přijatého signálu v přijímači při měření délek dálkoměrem.

Hlavní rozdíl laserového skenování od geodetických metod je, že laserové skenování je neselektivní metoda měření. To znamená, že v geodetických metodách (například prostorová polární metoda) jsou měřeny typické body předmětu, což jsou například různé záhyby, rohy či vrcholy. Při laserovém skenování jsou nevyběrově měřeny body v pravidelných rozstupech podle hustoty skenování po celém povrchu předmětu (viz obr. 5). Tyto rozestupy se volí s uvážením vzdálenosti a povrchem měřeného terénu [3] [11].



Obr. 5 Rozdíl mezi geodetickou metodou (vlevo) a skenováním (vpravo) [3]

2.2 Přístroje a pomůcky

Pro 3D laserové skenování bodů byl použit pouze jeden přístroj. Pro správné zaměření, vyhodnocení a zpracování bylo nutno mít k tomuto přístroji i několik pomůcek.

2.2.1 Přístroj Leica ScanStation P40

Pro mé měření byl použit skener Leica ScanStation P40 (viz obr. 6). Přístroj váží 12,25 kg a jeho rozměry jsou 238 x 358 x 395 mm. Kvalita skeneru je udávána ve větší míře v přesnosti. Jeho délková přesnost je 1,2 mm + 10 ppm v plném rozsahu. Úhlová přesnost je 8" v horizontálním i vertikálním směru. Pro kompenzaci přístroje do správné polohy po urovnání přístroje krabicovou libelou je zde vestavěn dvou-osý kompenzátor, který je osazen kapalinovým senzorem s kompenzací v reálném čase v přístroji. Lze ho vypnout a jeho rozlišení je 1" a dynamický rozsah +/- 5'. Přesnost tohoto kompenzátoru je 1,5". Rychlost skenování je až 1 milion bodů za sekundu. Zorné pole přístroje je 360° v horizontálním směru a 290° ve vertikálním směru. Pro skenování v oblasti zenitu je při měření potřeba odmontovat ucho pro snadnější nošení přístroje, které je u tohoto přístroje odnímatelné, a tudíž odebráním tohoto ucha před skenováním zajistí čistý obzor přímo nad objektivem při měření.

Tento skener značky Leica je druhým z těchto modelů, existují nyní na trhu ke koupi ještě modely P30 a P50. Modely se liší zejména dosahem měření. Model P30 je „nejslabší“, měří „pouze“ na 120 metrů. Naopak model P50 je „nejsilnější“, dokáže měřit

až na 1000 metrů. Použitý model P40 má dosah až 270 metrů, avšak byl použit dosah 120 m kvůli maximální rychlosti skenování.

Přístroj je vybaven interní kamerou, která má rozlišení 4 MPix na každý záběr při rozměru 17°x17° a 700 MPix pak na celé panorama. [4]

Ovládání přístroje je řešeno přes integrovaný dotykový displej. Po zapnutí přístroje se zobrazí menu, které obsahuje ikony pro *Skenování*, *Polygonový pořad*, *Správa*, *Stav*, *Konfig* a *Nástroje*. Pro mé účely se používalo pouze *Skenování* (viz kapitola 2.3 Měření)

Sériové číslo použitého přístroje bylo 1851583.



Obr. 6 Leica ScanStation P40 [4]

2.2.2 Další pomůcky

Pro správné postavení přístroje byl použit stativ od firmy Trimble a stativ od firmy Leica s rychlosvorkami. Tyto dva stativy byly střídány podle toho, na kterém stativu bylo měřeno a na kterém byl skenovací terč pro orientaci. Trojnožka byla součástí přístroje, avšak byly používány i samostatně pro trny s černobílými terči. Pro centraci a horizontaci byl použit samostatný optický centrovač s trubicovou libelou. K měření výšky přístroje byl použit speciální svinovací metr *Leica GHM008*. Pro orientace při měření byly použity již zmiňované černobílé skenovací terče, které byly nasazovány na trny (viz obr. 8). Tyto terče byly nasazovány na stativ s trnem, který byl zcentrovaný a zhorizontovaný nad bodem důlního bodového pole, anebo byly nasazovány na stabilizované trny ve stěně štoly. Jako identické body byly použity referenční koule o průměru 145 mm, které byly vyrobeny z odolného plastu a na straně byl přidělán ke kouli magnet, se kterým se snadno přichycovalo na kovový povrch (viz obr. 7).



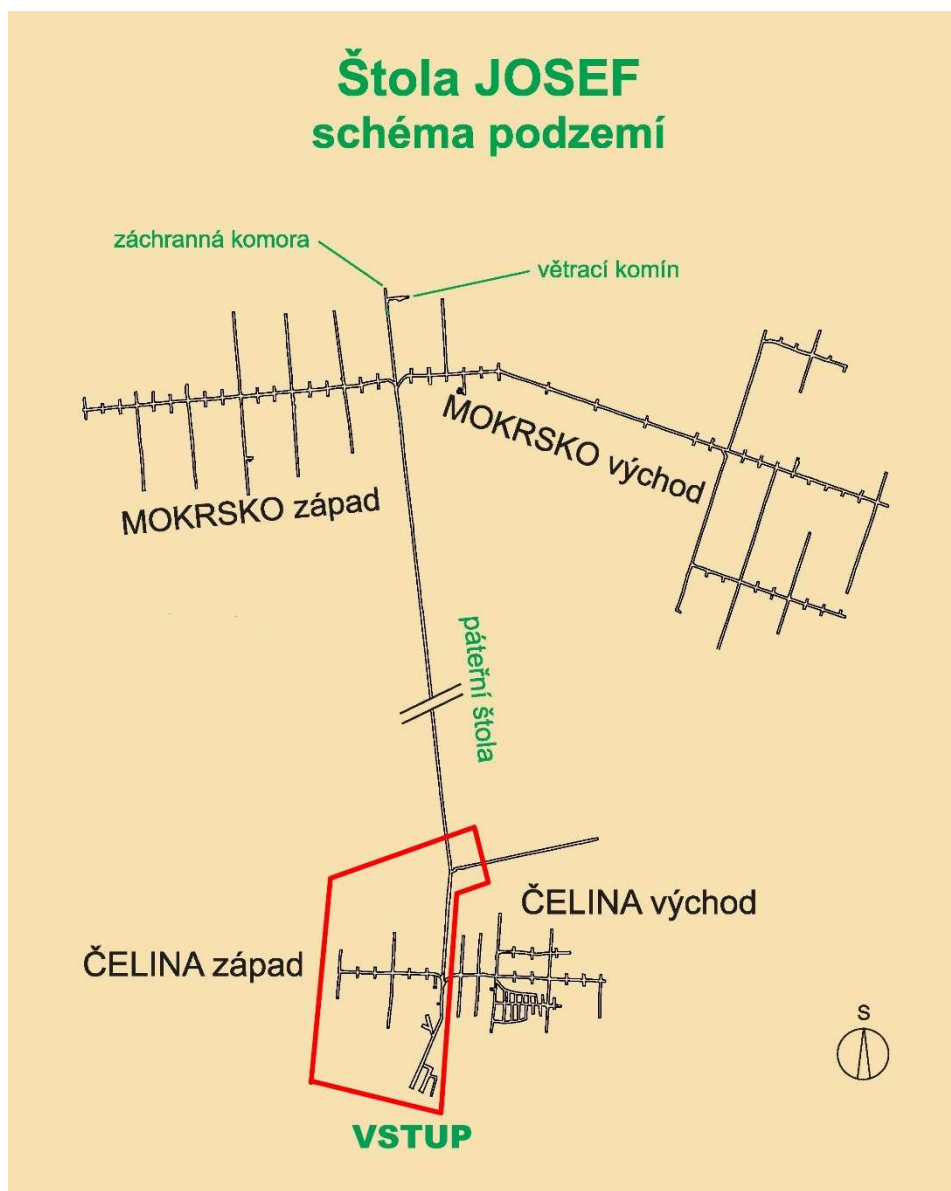
Obr. 7 Referenční koule [4]



Obr. 8 Černobílý skenovací terč [4]

2.3 Měření

Měření probíhalo pouze v části štoly Čelina Západ a v části Páteřní štoly (červená část na obr. 9). Celá oblast Čelina byla pojmenována podle místní části Čelina obce Borotice. Další část je již změřená Čelina Východ stejnou metodou 3D skenování s vytvořením důlní mapové dokumentace Bc. Ladislavem Ritschelem a Ing. Filipem Špačkem [12] [13]. Následující část štoly je Mokrsko Západ a Mokrsko Východ pojmenována taktéž podle části obce Borotice. Tato část nebyla doposud podrobně zmapována v rámci závěrečných prací.



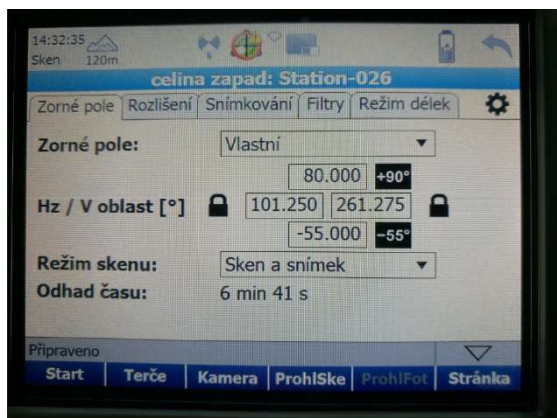
Obr. 9 Schéma štoly Josef [1]

Proces skenování byl vždy situován tak, aby z každého měření bylo vidět na pevný bod pro orientaci. Na tento pevný bod byl s optickým centrovačem zcentrován a

zhorizontován stativ. Dále byl vyměněn optický centrovač za trn, na který byl nasazen černobílý terč. Terč sloužil jako orientace při skenování a pro propojení jednotlivých skenů. Před samotným skenováním vždy bylo vhodně zvoleno stanoviště, aby mezi jednotlivými stanovisky byla vzdálenost kolem 10 metrů kvůli vyplnění částí stěn mračnem bodů. Při nedodržení vhodné vzdálenosti často vznikají stíny (prázdny mezery v mračně bez bodů) a přesnost při dalším zpracování rázem klesá. Pro propojení jednotlivých skenů a stanovisek sloužily taktéž referenční koule, což byly vlastně dočasné identické body. Tyto koule byly pokládány vždy dvě do meziprostoru mezi stanovisky. Byl volen vždy patřičný rozestup na každou stranu chodby a vhodná viditelnost těchto dvou koulí, aby byla zajištěna větší přesnost při dalším zpracování a propojování mračen skenů.

Měření bylo rozděleno do dvou dnů. První den 3. prosince 2018 bylo zaměřeno 26 skenů. Nejdříve bylo započato měření na konci části Čelina Západ, kde byl umístěn bod 512, což byl bod důlního bodového pole.

Na prvním stanovisku byl v přístroji založen nový projekt, který byl použit pro celou Čelinu Západ. Poté bylo vybráno první stanoviště a dále nastavení skenu (viz obr. 10). Po nastavení oblasti skenu a jeho rozlišení byl zobrazen časový odhad měření. Poté bylo stisknuto *Start* a bylo oskenováno zájmové území. Po naskenování bylo prohlédnuto mračno bodů, zda nějaká část nebyla přítomna. Dále byl vybrán v mračnu terč pro orientaci a ten byl v projektu vytvořen a pojmenován a byl naskenován znovu podrobněji. Avšak pokud terč už v projektu byl přítomen, tak byl pouze identifikován a vybrán z uložených terčů. Toto bylo opakováno na každém stanovisku.

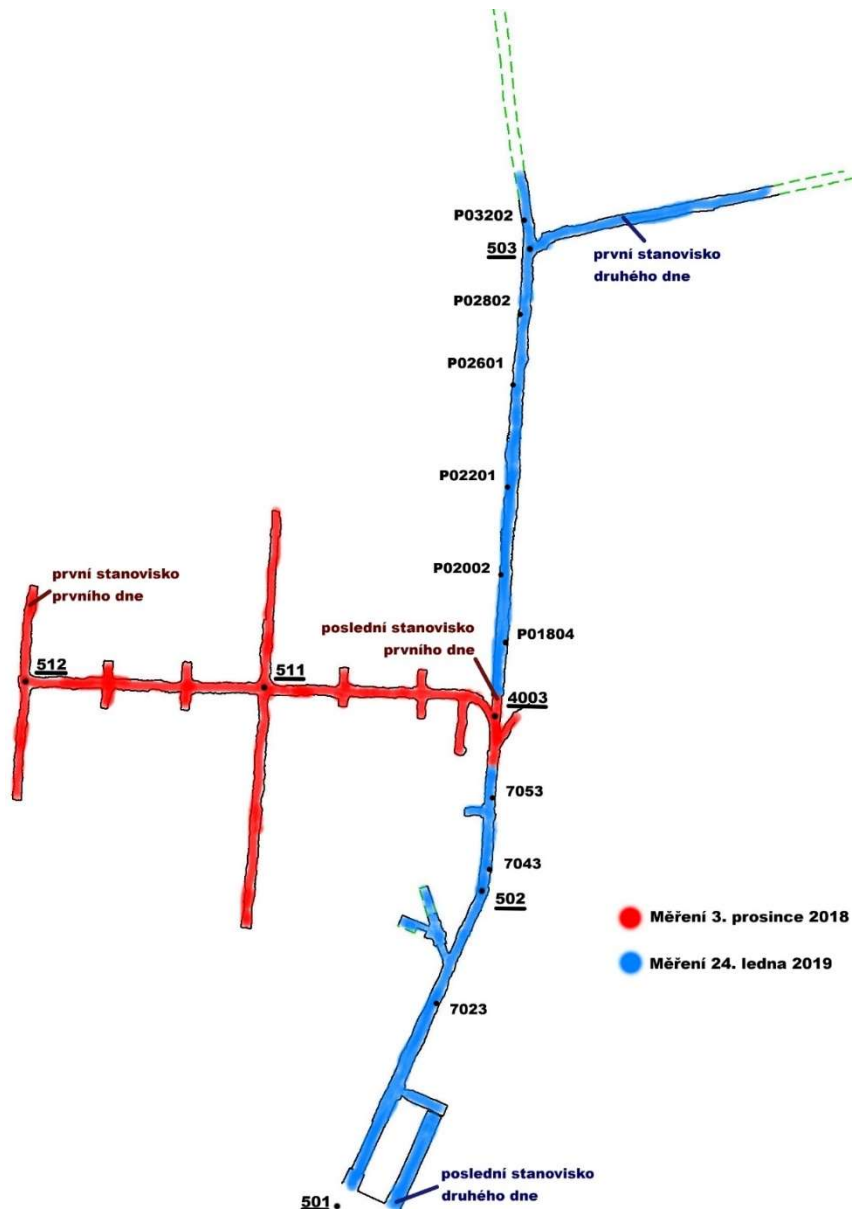


Obr. 10 Nastavení skenu



Obr. 11 Obsluha přístroje

Měření bylo započato u pevně stabilizovaného bodu 512 v severním křídle chodby a začalo se skenovat na prvním stanovisku, bylo postupováno přes bod 511 a ve všech přilehlých chodbách a měření bylo ukončeno u bodu 4003 na posledním 26. stanovisku (viz obr. 12).



Obr. 12 Schéma měření

Druhý den měření, který proběhl 24. ledna 2019, bylo naměřeno 14 skenů. Začalo se měřit v přilehlé chodbě 40 metrů od Páteřní štoly na prvním stanovisku toho dne. Pokračovalo se přes bod 503, na kterém však byla udělána chyba. Na trn posazený na stativu v trojnožce nebyl správně zasunutý černobílý terč. Jeho výška měla chybnou hodnotu v řádu centimetrů. Proto tento bod byl vyloučen dále z registrace a nebylo se na něj připojováno. Měření bylo připojováno v této severní části pouze na body

podrobné, které byly trvale stabilizovány jako trny s černobílými terči ve stěnách a stropech štoly. Podrobné body byly označovány PXXXXY, kde P znamenalo, že to byla Páteřní štola, XXXX byla vzdálenost v metrech od vstupního portálu štoly a Y bylo číselné označení, na kterém místě trn byl nacházen v profilu ve štole. Číslo 1 měl levý spodní roh chodby ve směru dovnitř štoly, horní levý roh měl číslo 2, umístění uprostřed stropu mělo číslo 3, pravý horní roh měl číslo 4 a poslední pravý spodní roh měl číslo 5. Tyto použité body byly jmenovitě P01804, P02002, P02201, P02601, P02802 a P03202. V severní části Páteřní štoly bylo měřeno po bod 4003, kde měření bylo napojeno na měření z prvního dne. Zde byla udělána mezera a bylo započato měření až za bodem 4003 poblíž bodu 7053. Stabilizace bodů 70xx byly podobné bodům podrobným v severní části Páteřní štoly. Poté bylo měřeno dál až na bod 501, což byl bod venku před vstupními portály. Na tomto bodě bylo provedeno i focení snímků, kde skener vyprodukoval 252 snímků ve formátu jxr (zkrácenina JPEG XR, což je obrázkový formát), které po spojení vytvoří panorama vnějšku štoly. Také byl změřen z jednoho stanoviska druhý vstupní portál, což bylo poslední stanovisko, na kterém bylo měřeno.

Celkem bylo naskenováno za dva dny 40 skenů ze 40 stanovisek a na jednom stanovisku se skenerem fotilo. Při skenování byl veden náčrt pro lepší orientaci při dalším zpracování. Náčrt je uveden v příloze b).

Ve štole byla stálá teplota okolo 8 °C, avšak během mrazivých dnů může teplota klesnout a při horkých dnech naopak stoupnout. V mém případě ve druhém dnu teplota právě klesla, a proto bylo započato měření od severu Páteře a bylo postupováno k východu, aby se nerozšířila optika přístroje.

3. Zpracování naměřených dat

Zpracování naměřených dat probíhalo hned v několika programech vhodných pro úpravu mračna bodů. Jako první byl zvolen program Cyclone od firmy Leica dodávaný k přístroji Leica ScanStation P40, ve kterém probíhalo modelování kulových terčů, vektorizace, registrace naměřených dat a ořezávání bodů, které byly kvůli špatnému odrazu špatně zaměřeny. Pro připojení mračna bodů do Systému jednotné sítě katastrální (dále S-JTSK) byla provedena transformace podrobných bodů z místní souřadnicové soustavy (dále S-JOSEF) do S-JTSK. K tomu byl použit program Groma. Dále byl použit program CloudCompare, ve kterém byl zředěn počet bodů pro lepší zpracovávání. Poté byl opět použit program Leica Cyclone pro vektorizaci mračen bodů. Jako poslední byl použit program Microstation s nadstavbou DULMAP pro vytvoření základní důlní mapy s prvky z účelové důlní mapy.

3.1 Leica Cyclone

V této kapitole je rozebrána struktura programu Leica Cyclone Navigatoru, ve kterém bylo při práci s projektem neustále pohybováno, prohlíženo a upravováno. Dále je zde vysvětleno základní ovládání Leica Cyclone ModelSpace pro účely mého zpracování, pohybu a orientaci v mračně bodů.

3.1.1 Struktura Leica Cyclone Navigator

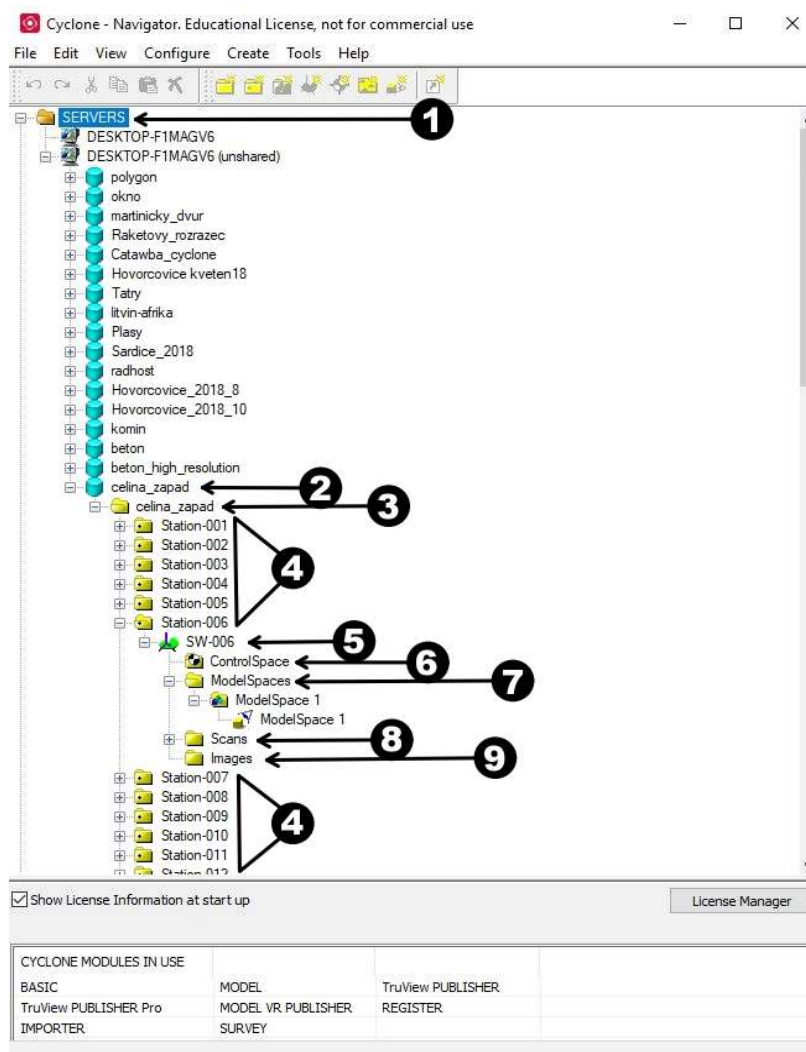
V programu Leica Cyclone probíhala většina úprav s mračnem bodů. Pro lepší orientaci v programu zde byl proto program Navigator, kde se nacházela struktura adresářů. V hlavičce struktury se nachází složka *Servers* (v obr. 13 číslo 1), což už podle názvu napovídá, na jakém serveru je možno hledat měření. Dále tu jsou databáze, které obsahují složku s projektem (v obr. 13 číslo 2). Databáze byla vytvořena přes záložku *Configure -> Databases*, vybral se server, ve kterém se pracovalo a následně byla databáze pojmenována. Dále se zde nachází složka projektu (v obr. 13 číslo 3), ve které je uloženo samotné měření. Tato složka obsahuje všechna stanoviška (v obr. 13 číslo 4), na kterých bylo měřeno (název *Station-xxx*, kde *xxx* je číslo stanoviška). Jednotlivé stanoviško obsahuje měření (v obr. 13 číslo 5) (název *SW-xxx*, kde *SW* je zkratka pro *ScanWorld* a *xxx* je číslo měření), které byly měřeny na stanovisku. Obvykle je to pouze jedno měření, ve kterém jsou čtyři další složky.

První složka v pořadí je složka *ControlSpace* (v obr. 13 číslo 6), ve které se nachází vše, co se upraví v pohledu *ModelSpace*. *ControlSpace* je automaticky tvořen po vytvoření *ScanWorld*. Pokud se jednotlivý objekt smaže v *ControlSpace*, nemůže být už nikdy použit v případných dalších registracích.

Druhá složka je již zmiňovaný *ModelSpace* (v obr. 13 číslo 7). V něm se provádí veškeré úpravy mračen bodů a modelování. Nachází se v něm pohled či více pohledů.

Další složka je složka *Scans* (v obr. 13 číslo 8), která obsahuje složku s cíli, na které se měřilo, a také samotný sken. Po otevření těchto souborů se lze v okně pouze pohybovat a prohlížet, nikoliv samotné mračno bodů upravovat.

Jako poslední složka v pořadí je složka *Images* (v obr. 13 číslo 9), ve které se nacházejí případné obrázky, který se fotí integrovanou kamerou. [8]



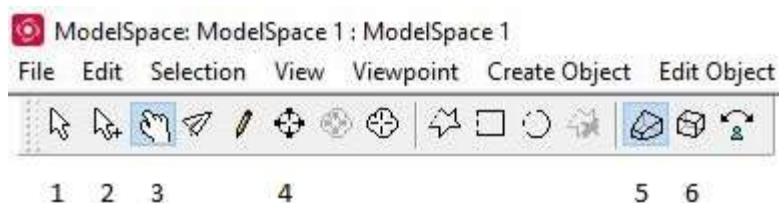
Obr. 13 Struktura Leica Cyclone

3.1.2 Ovládání Leica Cyclone ModelSpace

Veškeré kontroly a úpravy naměřených mračen probíhaly v již zmiňovaném *ModelSpace*. Pro základní ovládání a upravování v *ModelSpace* se používalo několik funkcí.

Pohyb s mračnem probíhal pomocí funkce *View Mode* (v obr. 14 číslo 3), kde se pro otočení s mračnem muselo stisknout levé tlačítko myši a následně provést pohyb myši. Pro posun pohledu se naopak stisknulo pravé tlačítko myši a také se provedl pohyb myši. Pro přiblížení se stisknuly obě tlačítka na myši. Prostor, kterým se pohybuje, šel zobrazit dvěma způsoby. První byl ortogonální (v obr. 14 číslo 6), který byl vhodný pro výběr prvků nebo částí prostoru. Druhý byl perspektivní (v obr. 14 číslo 5), který byl vhodný pro orientaci v 3D prostoru. Při pohybu v prostoru se obraz hýbal kolem určitého bodu, kolem tzv. Focal pointu. Změna tohoto bodu se dala nastavit pomocí příkazu *Seek Mode* (v obr. 14 číslo 4).

Pro výběr jednoho objektu byla v programu funkce *Pick Mode* (v obr. 14 číslo 1). Touto funkcí šlo také vybrat samotné mračno bodů. Pro výběr více objektů a mračen byla také funkce *Multi-Pick Mode* (v obr. 14 číslo 2).



Obr. 14 Základní ovládání ModelSpace

Další ovládání programu bude popsáno v kapitole 3.7 Úprava mračen bodů.

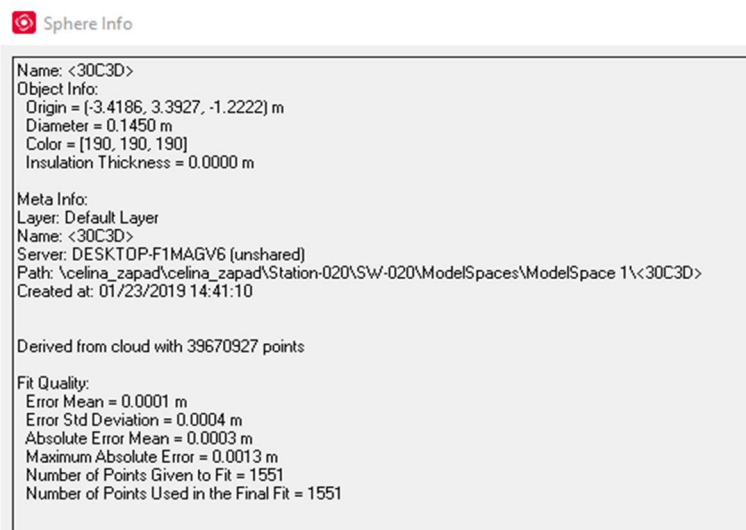
3.2 Import do Leica Cyclone Navigator

Po importování veškerého měření do Leica Cyclone Navigator byla prohlédnuta v ModelSpace všechna mračna bodů v jednotlivých stanoviscích, zda byla správně exportována z přístroje. Chybné exportování šlo poznat podle toho, že v mračně bodů v určitém směru od stanoviska chyběly naskenované body. Tato chyba byla identifikována. Byl to důsledek špatného odpojení harddisku při exportování z přístroje.

3.3 Identické body

Pro propojení jednotlivých stanovisek sloužily referenční koule jakožto identické body. Tyto koule byly pro účely propojení stanovisek modelovány. K tomuto účelu sloužila v programu Leica Cyclone ModelSpace funkce modelování objektů. K této funkci v programu vedla cesta záložkou *Create Object -> Region Grow -> Sphere*. Před spuštěním této funkce bylo vybráno mračno bodů příkazem *Pick Mode*, ze kterého byla potřeba modelovat. Pro lepší přesnost výsledného modelu koule bylo kliknuto na bod mračna, který byl přibližně uprostřed koule naskenovaných bodů. Při spuštění funkce bylo zobrazeno dialogové okno, ve kterém byla nastavována šířka a velikost území použitých bodů pro výpočet modelu. Daný průměr výsledné vymodelované koule byl nastaven na 145 mm.

Výpočet probíhal na bázi metody nejmenších čtverců a při vytvoření modelu byla zkontrolována chyba tohoto výpočtu a jeho směrodatná odchylka přes informace o kouli (viz obr. 15). Tato odchylka by neměla přesáhnout 2 mm pro zachování lepší přesnosti dalšího výpočtu. Tyto informace také obsahují údaje o počtu bodů, z kolika probíhal výpočet. Také zde je průměr objektu, který by se neměl lišit od průměru referenční koule použité při měření.



Obr. 15 Informace o modelu koule

Přejmenování a očíslování modelu koule číslem bodu bylo provedeno příkazem pod záložkami *Tools -> Registration -> Add/Registration Label*, kde byl umístěn dialog, kam bylo zadáno číslo identického bodu. Toto číslo bylo zkontrolováno s náčrtem, zda bylo jedinečné v celém měření kvůli správné registraci stanovisek. Identické body/koule

byly číslovány od čísla 101 první den měření a druhý den byly číslovány od čísla 201. Celkem bylo použito 77 těchto identických bodů.

3.4 Registrace na identické body

Po vymodelování všech identických bodů přišla na řadu registrace dat. Registrací bylo zajištěno propojení jednotlivých stanovisek mezi sebou. Celkové propojení všech stanovisek nebylo však možné. Důvod byl ten, že měření Čeliny Západ bylo rozděleno do dvou dnů a měření na sebe přímo nebyla navazována kvůli identickým bodům. Proto nakonec byla registrace na identické body rozdělena na tři části. První část byla celá Čelina Západ, druhá byla severní část Páteřní štol a třetí část byla jižní část Páteřní štol se vstupními portály. Samotná registrace byla založena v programu Leica Cyclone Navigator tak, že bylo kliknuto pravým tlačítkem na složku projektu a následně bylo zvoleno *Create -> Registration*. Do registrace byla přidána jednotlivá stanoviška, která byla propojena identickými body, což bylo zkontrolováno podle náčrtu. Také zde bylo uvedeno, o jaký typ identického bodu se jedná. Zda to byl pevný bod na orientaci nebo jestli to byla koule (*Vertex/Sphere*). Dále zde byla možnost vypnout bod pro registraci například při jeho velké nepřesnosti (*Status – On/Off*). Pro proběhnutí registrace byly zkontrolovány odchylky (*Error*). Tento proces byl zopakován třikrát pro všechna stanoviška a mračna bodů.

3.5 Transformace podrobných bodů do S-JTSK

Pro připojení všech mračen bodů do S-JTSK a spojení třech registrací byly potřeba znát body základního důlního bodového pole, které měly souřadnice v S-JTSK a body podrobného důlního bodového pole. Některé podrobné body však byly známy pouze v S-JOSEF, a tudíž byly za pomoci bodů ze základního důlního bodového pole a některých podrobných bodů známých v obou systémech transformovány do S-JTSK.

Transformace probíhala v programu Groma verze 12.0. Zde byl načten seznam souřadnic identických bodů v S-JTSK, který byl dodán od Ing. Tomáše Jiříkovského, Ph.D. a podrobných bodů v S-JOSEF z bakalářské práce Ing. Miloslava Srpa [16]. Poté byly pomocí funkce *Transformace souřadnic* podrobné body transformovány do S-JTSK. Výšky v Bpv (Balt po vyrovnání) byly pouze přejaty z tabulek beze změn. Přesnost

souřadnic byla uvedena na tři desetinná místa. Protokol z výpočtu je uveden v příloze c) a. Seznam souřadnic všech transformovaných bodů je uveden v příloze d).

Základní body, ze kterých bylo měřeno, či na které bylo orientováno, byly opraveny o výšku terče na stativu. Ta byla měřena ke středu terče, který byl vyznačený na jeho boční straně. Na třech bodech (body 511, 512 a 4003) však vznikla chyba, kde byla změřena výška přístroje a nebylo počítáno při měření s rozdílností výšky terče a přístroje. Kvůli tomu bylo od výšky přístroje odečteno 5,4 cm, aby bylo dosaženo pouze výšky terče. Taktéž byla špatně měřena výška přístroje metrem a bylo také odečteno 3,5 cm.

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
501	753430,173	1081634,670	286,404
502	753377,287	1081511,472	286,645
503	753363,049	1081309,217	288,288
511	753446,581	1081449,518	287,452
512	753523,453	1081446,948	287,782
4003	753373,432	1081457,276	286,878
P01804	753370,122	1081436,665	287,994
P02002	753371,971	1081416,769	288,212
P02201	753370,762	1081396,119	286,761
P02601	753368,252	1081356,120	286,605
P02802	753366,252	1081336,714	289,307
P03202	753365,342	1081296,697	288,850
7053	753373,513	1081478,932	286,744
7043	753375,089	1081505,459	287,023
7023	753393,987	1081555,406	286,936

Tab. 1 Souřadnice bodů a orientací

Výsledné transformované souřadnice se správnými výškami, které byly použity v registraci, jsou uvedeny v tabulce 1.

3.6 Registrace na body důlního bodového pole v S-JTSK

Transformované body byly uloženy v textovém souboru. Následně byly importovány do projektu v programu Leica Cyclone Navigator. Před importováním však byly souřadnice upraveny do správného formátu, který tento program dokázal přečíst. To bylo provedeno tak, že bylo před souřadnicí Y a X doplněno znaménko mínus. Důvod této úpravy byl ten, že program Cyclone má matematickou soustavu os.

Poté byl proběhnout stejný proces registrace jako na identické body, kde maximální chyba (*Error*) dosahovala 19,5 mm (viz tab. 2). Přesnost registrace byla uvedena na čtyři desetinná místa. Podrobný bod P02002 je v tabulce uveden dvakrát z důvodu použití tohoto bodu ve dvou registracích. Protokol o výpočtu je uveden příloze c) b.

Číslo bodu	Chyba Y [m]	Chyba X [m]	Chyba Z [m]	Celková chyba [m]
4003	0,0133	-0,0049	0,0062	0,0155
P01804	0,0081	0,0020	-0,0097	0,0127
P02002	-0,0032	0,0019	-0,0080	0,0088
P02002	-0,0081	-0,0121	-0,0013	0,0146
P02201	0,0046	-0,0077	0,0012	0,0091
P02601	0,0105	0,0001	0,0000	0,0105
P02802	-0,0059	0,0063	0,0001	0,0087
P03202	-0,0012	0,0134	0,0001	0,0135
7053	0,0016	0,0106	-0,0003	0,0107
7043	0,0035	0,0067	0,0001	0,0075
7023	-0,0012	-0,0040	-0,0001	0,0042
511	-0,0025	0,0000	0,0062	0,0066
502	0,0037	0,0044	0,0037	0,0069
501	-0,0076	-0,0177	-0,0034	0,0195
512	-0,0157	0,0010	0,0053	0,0166

Tab. 2 Přesnost registrace

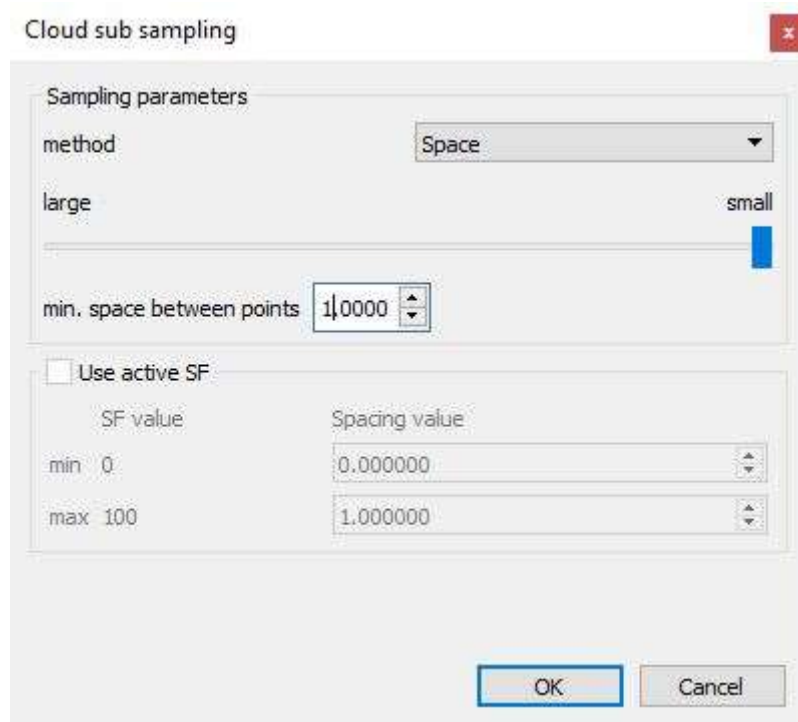
3.7 Úprava mračen bodů

Po registraci všech mračen bodů a spojení všech stanovisek vzniknul jeden velký ModelSpace se 40 mračny bodů a s celkově přibližně 2 miliardami bodů. Velikost všech souborů dosahovala 46,4 GB. S takto obrovským souborem by byla opravdu složitá manipulace například při kopírování či přesouvání na jiný disk a rychlost dalšího zpracování by byla výrazně snížena. Tudíž tento soubor mračen byl zcelen a byla zmenšena jeho velikost.

Nejdříve v Leica Cyclone funkcí *Merge* bylo spojeno všech 40 mračen bodů do jednoho celistvého mračna. Poté byly smazány z mračen bodů přebytečné body, které nebyly pro další zpracovávání důležité. To byly například stromy nebo kus svahu před vstupními portály.

Pro další úpravu mračen bodů byl zvolen open source program CloudCompare. Tento software je vhodný jako Leica Cyclone pro práci s 3D mračnem bodů. Prvně byl navržen proto, aby porovnával dvě hustá 3D mračna bodů. Později byl software rozšířen o více funkcí, které jsou například editování mračen bodů, což obsahovalo registraci, převzorkování, výpočet statistik a další. [6]

V programu CloudCompare byl otevřen soubor s příponou *e57* s mračnem bodů a byla využita funkce *Subsample a point cloud*, se kterou byl zředěn celkový počet bodů. Hlavním parametrem pro ředění bodů byla vzdálenost rozestupu bodů, která byla zadána jako 10 mm (viz obr. 16). Po spuštění této funkce měl tento proces dlouhé trvání kvůli velikosti mračna bodů. Nakonec z přibližně 2 miliard bodů byl počet snižen na 79,7 milionů bodů. Po dokončení funkce bylo zředěné mračno exportováno do formátu *e57* (v příloze f) a dál bylo zpracovááno v Leica Cyclone.



Obr. 16 Dialog s ředěním bodů

4. Tvorba důlní mapové dokumentace

4.1 Základní důlní mapa

Obsah této kapitoly spolu s podkapitolou byl kompletně převzat z Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu.

Základní důlní mapa je technickým a právním dokladem organizace, který je vedený pro činnosti podle § 1. Vyhotovuje se trvalým způsobem jako originál na základě údajů získaných vlastním měřením nebo převzatých údajů § 2 odst. 6. Jako originál digitální základní důlní mapy se též považuje digitální model základní důlní mapy na paměťových médiích; grafický tiskový výstup pak obrazem základní důlní mapy. Základní důlní mapou při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí a na povrchu se rozumí zejména:

- a) základní průzkumná mapa při provádění geologicko-průzkumných prací na ložiscích nerostů na povrchu a při inženýrsko-geologickém a hydrogeologickém průzkumu,
- b) základní důlní mapa při hlubinném dobývání nerostů,
- c) základní mapa lomu při povrchovém dobývání nerostů,
- d) základní mapa při těžbě ropy a zemního plynu sondami,
- e) základní mapa při těžbě loužením sondami,
- f) základní mapa provedených prací na povrchu při činnostech prováděných hornickým způsobem podle § 3 písm. g) a h) zákona České národní rady č. 61/1988 Sb., ve znění zákona České národní rady č. 542/1991 Sb.,
- g) základní mapa zvláštních zásahů do zemské kůry.

Základní důlní mapa obsahuje zákresy všech základních hornických, geologických a technických údajů i správních objektů a údajů, které jsou nutné pro vedení prací. Originál základní důlní mapy, pokud se vede v analogové podobě, se vyhotovuje na podkladu, jehož srážlivost v žádném směru nepřekročí hodnotu jednoho promile, v měřítku 1:500, 1:1000 nebo 1:2000, jednotně pro území celého dobývacího prostoru či pracoviště. O volbě měřítka základní důlní mapy rozhoduje hlavní důlní měřič. Klad listů základní důlní mapy navazuje na dělení evidenční jednotky (triangulačního listu) v S-JTSK. [7]

4.1.1 Obsah základní důlní mapy

V základní důlní mapě se uvádějí tyto mimorámové údaje:

- a) označení listu,
- b) souřadnicový a výškový systém, při použití jiného než předepsaného výškového systému nutno uvést výškový rozdíl,
- c) klad listů s vyznačením jejich rohů, hranic dobývacího prostoru, vyšrafovaným předmětného listu a označením mapových listů uvedených v kladu listů,
- d) vysvětlivky,
- e) údaje o založení základní důlní mapy,
- f) údaje o doplňování základní důlní mapy,
- g) údaje o obnovení základní důlní mapy,
- h) těženy nerost,
- i) dobývací metoda, použita technologie,
- j) název organizace,
- k) název ložiska,
- l) název dobývacího prostoru,
- m) název základní důlní mapy,
- n) měřítko základní důlní mapy,
- o) pořadové číslo listu (podle vlastního kladu listů),
- p) evidenční číslo základní důlní mapy,
- q) souřadnice čtvercové sítě na jižním a východním okraji rámu listu,
- r) údaje o nedělitelných součástech základní důlní mapy (průsvitky apod.).

Do základní důlní mapy se značkami zakresluji podle 5. části vyhlášky a přílohy č. 3:

- a) čtvercová síť o rozměrech 100 mm x 100 mm, případně jiná souřadnicová síť,
- b) statní hranice a hranice katastrálních území,
- c) hranice chráněných ložiskových území, chráněných území a ochranných
- d) pasem podle zvláštních předpisů, 172/1992 Sb., 364/1992 Sb. dobývacích prostorů,
- e) ochranných pilířů, orientačních bezpečnostních celíků, ochranných celíků,
- f) ochranných pasem vrtů, případně jiná omezení činnosti podle § 1 včetně
- g) uvedení čísla rozhodnutí, jimž byla hranice stanovena,

- h) základní a podrobné důlní bodové pole,
- i) průzkumné vrty, štoly a šachtice,
- j) základní geologické údaje, plochy odpisů zásob ložiska,
- k) důlní a podzemní díla, související s činností podle § 1 s technologickými udaji,
- l) zařízení a objekty sloužící k bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a
- m) bezpečnosti provozu, větrání a hasičské ochraně,
- n) údaje o dřívější hornické činnosti a ostatní činnosti v podzemí,
- o) údaje o objektech a místech zvláštní důležitosti,
- p) úplná důlní situace v pásmu nejméně 100 m za hranici dobývacího prostoru,
- q) linie profilů a řezů,
- r) vrty a sondy,
- s) správní, sociální a technologické objekty a zařízení,
- t) krasové a jiné dutiny přírodního charakteru,
- u) odkaliště, odvaly, výsypky, skládky, uložiště odpadů a rekultivované plochy a
- v) další důležité skutečnosti, které vzniknou při činnostech podle § 1. [7]

4.2 Účelové důlní mapy

Obsah této kapitoly byl kompletně převzat z Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu.

Do účelových důlních map patří mapy, jejichž vedení je dáno

- a) zvláštními předpisy,
- b) podle potřeb organizace a rozhodnutí hlavního důlního měřiče.

Účelovými důlními mapami jsou zejména

- a) provozní důlní mapa,
- b) mapa větrání,
- c) mapa zdolávání havárií,
- d) základní mapa závodu (provozovny).

Vedení účelových důlních map, vyhotovených podle potřeb organizace a rozhodnutí hlavního důlního měřiče, které nejsou předmětem účelových důlních map, se řídí směrníci, zpracovanou hlavním důlním měřičem a schválenou vedoucím pracovníkem

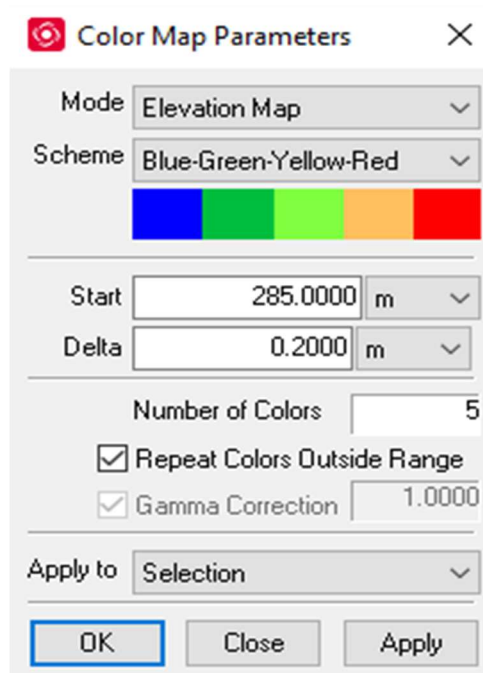
organizace (závodním, závodním dolu nebo závodním lomu). Účelové důlní mapy vedené digitální formou mají svůj základ v digitální základní důlní mapě a jsou tvořeny odnímáním, doplňováním, popřípadě úpravou vrstev grafického systému ve smyslu odstavců 1 a 2. Soutisk příslušných vrstev (podle charakteru digitální účelové důlní mapy) s podkladem digitální základní důlní mapy – jeho grafický výstup v potřebném měřítku a formátu – je obrazem digitální účelové důlní mapy. Jedná-li se o obraz mapy větrání a obraz mapy zdolávání havárií, doplňuje je pracovník pověřený organizací podle § 2 odst. 5 a ověřuje hlavní důlní měřič. [7]

4.3 Kresba mapy

Kresba základní důlní mapy s prvky účelové důlní mapy byla tvořena v několika programech. Základní zvektorizování půdorysného řezu a příčných profilů z mračen bodů probíhal v programu Leica Cyclone. Dále v programu Microstation byla provedena oprava a oříznutí některých linií. Také zde byla vytvořena plocha půdorysného řezu. Doplnění kresby o liniové a bodové prvky a vytvoření výkresů základní důlní mapy s prvky účelové důlní mapy proběhlo v programu Microstation s nadstavbou DULMAP.

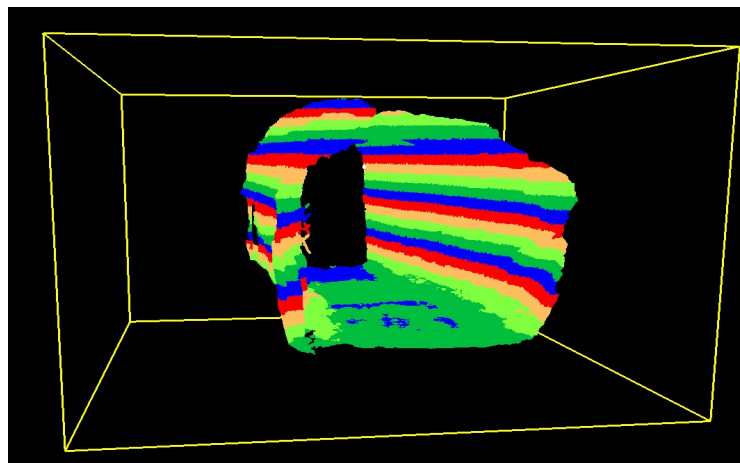
4.3.1 Kresba v Leica Cyclone

Po úpravě mračna bodů v programu CloudCompare byl znovu soubor otevřen v programu Leica Cyclone. Zde byla provedena vektorizace půdorysného řezu ve výšce 1 metr nad počvou štoly (podlaha štoly). Pro tuto vektorizaci byla v programu vytvořena vlastní vrstva v záložce *Layers*. Aby byla k rozeznání výška 1 metru nad počvou, bylo nastaveno v ModelSpace pomocí funkce *Color Map* barevné rozeznávání částí mračna bodů (viz obr. 17). Tato funkce fungovala tak, že byla nastavena výchozí výška počvy podle určitého bodu na ní (*Start*) a byla zvolena výšková rozdílnost pro jednu barvu 20 cm (*Delta*). Těchto barev bylo 5, proto byla lehce určována výška 1 metru nad počvou. Barevné schéma bylo zvoleno podle vlastního uvážení. Také bylo zaškrtnuto *Repeat Colors Outside Range*, což znamenalo opakování se barev pro přesáhnutí dosahu výšky jednoho metru od výchozího bodu.



Obr. 17 Color Map

Dále mohla začít samotná vektorizace půdorysného řezu. Nejdříve byly vybírány body, kterými měla vézt linie, pomocí funkce *Multi-Pick Mode*. Po vybrání bodů bylo spojení bodů provedeno tak, že pod záložkou *Create Object -> From Pick Points* byla vybrána funkce *Polyline*. Touto funkcí byly spojeny jednotlivou linií všechny body od prvního za sebou po poslední vyznačený. Dále funkcí *Line Segment* byly vytvořeny jednotlivé linie mezi každým vyznačeným bodem, které byly každé zvlášť editovatelné. Pro snadnější orientaci v mračně bodů byl tvořen tzv. *Limit Box*, což byla funkce, která vymezovala vzdálenost dohledu v mračnu od středu *Limit Boxu* hranami kvádru (viz obr. 18). Byla nastavena funkcí *Set Limit Box by Cursor* pod záložkou *View*. Jeho velikost byla



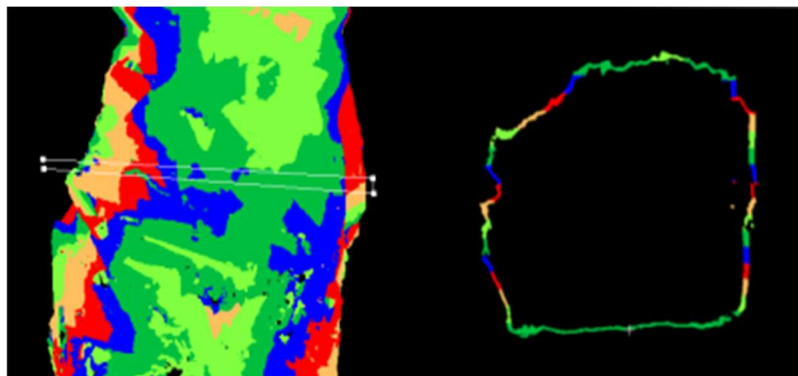
Obr. 18 Limit Box

plynule měnitelná v závislosti na požadované velikosti mračna bodů u vektorizace půdorysného řezu.

Podrobnost vektorizace půdorysného řezu byla přiměřená měřítku výkresu 1:500, takže například 1 mm dlouhá linie ve výkresu byla 0,5 metru dlouhá ve skutečnosti, takže snaha o zvektorizování každého detailu byla nesmyslná, protože by to na výkresu nebylo možné rozeznat. Kvůli tomu byly části mračna generalizovány. V některých částech mračna, které nebyly dostatečně naskenované například z důvodu velké vzdálenosti od přístroje, byla vektorizace brána jako přibližná (byla vytvořena vlastní vrstva) a nebyla brána v potaz pro další úpravy s kresbou.

Po zvektorizování půdorysného řezu byla na řadě vektorizace příčných profilů chodby štoly. Ta probíhala taktéž v programu Cyclone.

Postup jednoho zvektorizovaného příčného profilu byl takový, že byl určen Focal point nad zájmovým územím pro příčný profil a byla vybrána funkce *Top* ze záložek *Viewpoint -> Standard Viewpoints*, kterou byl umístěn pohled kolmo ze shora nad mračnem bodů. Poté byla vybrána funkce *Polygonal Fence Mode*, čímž byl vybrán úzký pás bodů kolmo na směr chodby. Dále bylo vybráno pravým tlačítkem na myši *Copy Selection to New ModelSpace* a vybraný pás bodů byl překopírován do nového ModelSpace (viz obr. 19).

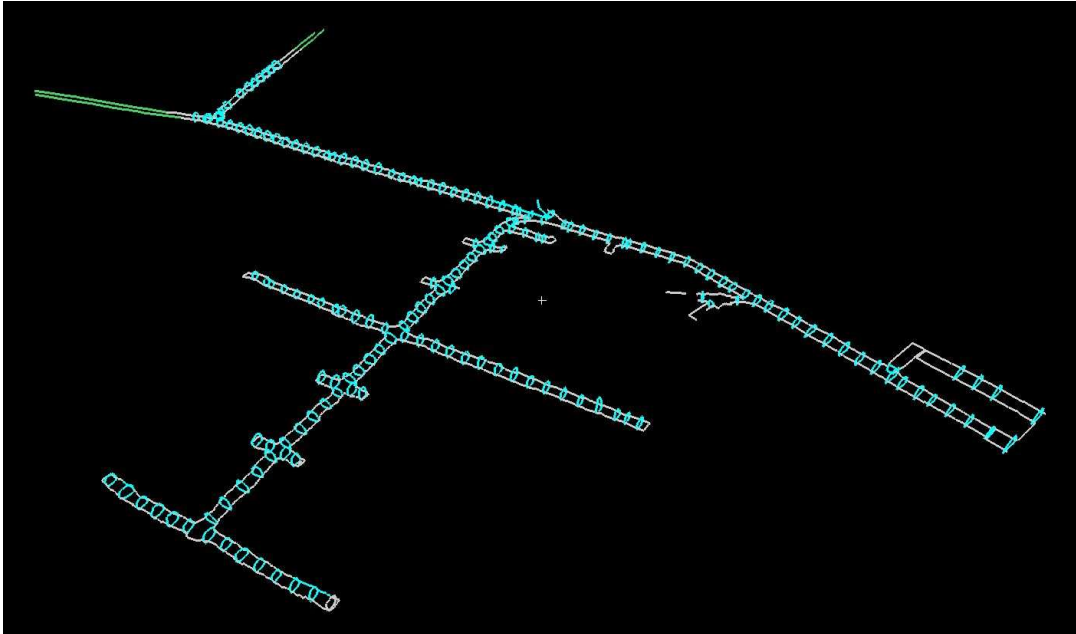


Obr. 19 Tvorba příčného řezu

Zde byl příčný řez zvektorizován funkcí *Line Segment* a navrácen do původního ModelSpace pomocí funkce *Update Original ModelSpace*.

Takto byla provedena vektorizace v rozestupech po 5 metrech v celé štolě v místech půdorysného řezu. Ve křížení chodeb byl vektorizován příčný profil 0,5 metru

od hrany křížení na všech stranách křižovatky. Tam, kde byl zvektorizován půdorysný řez přibližně, nebyl proveden příčný profil. Těchto příčných profilů bylo nakresleno dohromady 181. Po dokončení vektorizací byla kresba exportována do programu Microstation. Celková vektorizace (viz obr. 20) je uvedena v příloze e) a.

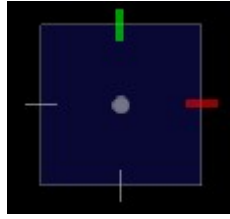


Obr. 20 Celková vektorizace v Leica Cyclone

4.3.2 Kresba v Microstationu

Vektorizace v programu Cyclone byla exportována jako formát *dxf*, což je formát vhodný pro otevření v programu Microstation. Tento formát byl původně vytvořen firmou Autodesk, který umožňoval výměnu dat mezi programem AutoCAD a dalšími programy [10].

V programu Microstation byla otevřena kresba a uložena jako *dgn*, což je formát, který primárně používá program Microstation. Zde byly opraveny různé překlepy, které byly provedeny v programu Cyclone. Například nespojené linie v půdorysném řezu či jiné přetahy a zbytečné linie, které v programu Cyclone byly obtížně editovány. Pokud v programu Microstation byla potřeba editovat nějaká linie, byla nejdříve rozložena na jednotlivé úsečky. K tomu byla funkce *Rozložit prvek*. Avšak pokud byl potřeba udělat opak, z úsečky na celou linii, byla zvolena funkce *Vytvořit řetězec prvků*. Samotná kresba ve trojrozměrném prostoru byl problém. Řešením tohoto problému byla v programu Microstation pro doplňování kresby volena funkce *AccuDraw*, která byla snazší pro kreslení ve 3D, a to hlavně díky kompasu (viz obr. 21).

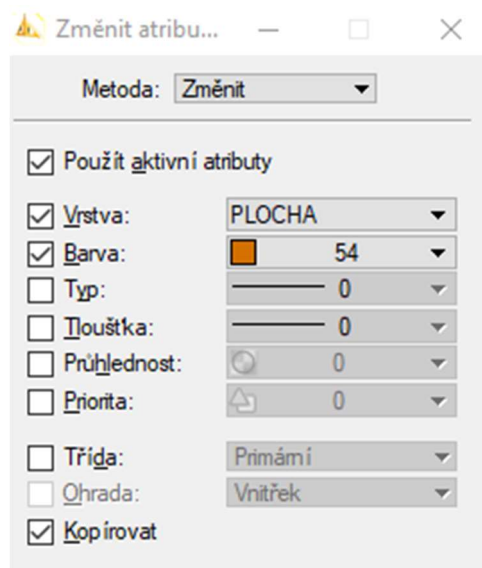


Obr. 21 Kompas ve funkci Accudraw

Pracování s kompasem bylo celkem komplikované, a proto klávesou „?“ byly otevřeny klávesové zkratky pro jeho ovládání. Kompas usnadňoval prostorové kreslení pomocí os, které byly nastavovány například na předchozí linii v kreslení a poté byla snadno nakreslena kolmice další linie ve stejné výšce. Taktéž zde byla možnost souřadnicového vstupu, kde byly opsány souřadnice v záporné hodnotě (kromě Z souřadnice) z mračna bodů v Leica Cyclone a poté vloženy do kresby, což značily konec nebo začátek linie.

Samotný výkres byl obsažen vrstvami, které byly nastaveny v programu Leica Cyclone a ty byly spravovány v programu Microstation ve *Správci vrstev*. Bohužel zde nebyla možnost změnit barvu, která byla přenesena z programu Leica Cyclone, a proto byla změněna přes funkci *Změnit atributy prvku* (viz obr. 22).

Pro vyobrazení půdorysného řezu v základní důlní mapě byla vektorizace vyplněna plochou. Ta byla vytvořena z půdorysných hran. Avšak po vytvoření plochy byla tato hrana vždy smazána. Takže vrstva Půdorys byla nakopírována, aby nebyla smazána. Tato zdánlivě jednoduchá věc avšak nebyla tak lehce proveditelná. Obvyčejné kopírování



Obr. 22 Změnit nastavení atributu

bylo provedeno funkcí *Kopírovat* pod záložkou *Editovat*, což zkopírovalo kresbu na stejné místo, na jaké bylo požadováno. Jenže právě kvůli tomu nebyla možnost rozdělit kopii do odlišné vrstvy. Proto byla celá kresba označena a pomocí funkce *Změnit atributy prvku* se zaškrtnutým políčkem *Kopírovat* byla okopírována (viz obr. 22). Poté bylo možno vytvářet plochu v *Plošným modeláři* pod funkcí *Konstrukce plochy hranami*. Nejdříve bylo kliknuto na první hranu, poté na druhou a příkaz byl potvrzen, díky čemuž byla vytvořena mezi hranami výplň. Výchozí zobrazení této výplně bylo nastaveno jako drátový model, avšak byla možnost to přepnout ve *Stylech zobrazení* například na *Hladké* pro lepší názornost.

4.3.3 Kresba v DULMAPu

Po práci v programu Microstation byly úpravy přesunuty do nadstavby tohoto programu DULMAP v17, která je od společnosti HSI s.r.o. Tato nadstavba si zachovává prostředí originálního Microstationu.

Po spuštění programu DULMAP bylo zobrazeno dialogové okno se zakázkami. Zde byl zvolen příkaz *Založení zakázky*. Dále bylo zobrazeno dialogové okno s nastavením nové zakázky (viz obr. 23). V tomto okně byly povinné pro vyplnění tři pole: *Název zakázky*, *Název lokality* a *Vzor*. *Informace o stavbě* byly volitelné pro

Informace o stavbě		
Pamatovat	Název	Hodnota
<input checked="" type="checkbox"/>	Název stavby	Stola Josef
<input type="checkbox"/>	Číslo stavby	
<input type="checkbox"/>	Místo stavby	
<input type="checkbox"/>	Investor	
<input type="checkbox"/>	Objednatel	
<input checked="" type="checkbox"/>	Firma	ČVUT v Praze
<input type="checkbox"/>	Sídlo firmy	
<input type="checkbox"/>	Telefon	

Výkresy						
Název	Kategorie	Podkategorie	Model	Měřítko	Popis	3D

Obr. 23 Založení zakázky v Dulmapu

doplnění informací o zakázce. V poli *Výkresy* byly založeny tři výkresy v měřítku 1:500: *Důlní mapa.dgn* a *Inženýrské sítě.dgn* a *Hlubina.dgn*, do kterých byly rozřazovány mapové značky podle přílohy č.3 Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Výkresy byly přiřazeny pod stejnou kategorií podle názvu. Poté byl zvolen příkaz *Provést* a zakázka byla vytvořena.

Po otevření zakázky byl otevřen *Správce zakázky*, kde byly uvedeny informace o zakázce a otevřené výkresy (vše, co bylo zadáváno při jejím zakládání). Pod záložku *Externí výkresy* byl připojen výkres s kresbou. Obsah tohoto výkresu byl funkcí *Kopírovat* překopírován do výkresu *Důlní mapa.dgn*. Struktura vrstev nebyla porušena, avšak stávající vrstvy byly přejmenovány pro lepší identifikaci. Výkresy byly doplněny o liniové a bodové prvky podle Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Jednotlivé liniové či bodové prvky byly obarveny podle barev, které jsou ve stejné vyhlášce. Tyto barvy jsou společně s druhem materiálu uvedeny v tabulce 3.

Druh materiálu	Barva	Označení
dřevo	žlutá	T 3 – žluť chromová
cihlové zdivo, plynosilikátové tvárnice	červená	T 5 – rumělka červená
beton, betonové tvárnice	zelená	T 15 – zeleň májová
železo	modrá	T 12 – modř pruská
sádra	modrá	T 10 – modř světlá
popílek, jíl	žlutá	T 2 – žluť zinková
voda	modrá	T 12 – modř pruská
plyn	žlutá	T 3 – žluť chromová
vzduch (užitkový)	zelená	T 29 – zeleň světlá

Tab. 3 Barevné vyznačení materiálů


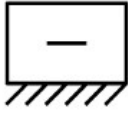



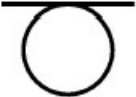
Nadstavba DULMAP obsahovala po vytvoření zakázky výchozí buňky, ze kterých byly kresleny všechny prvky ve výkresu. Některé bodové značky však zde nebyly obsaženy. Proto byla vytvořena nová složka pro buňky a do ní byly podle přílohy č. 3 Vyhlášky č. 435/1992 Sb. vytvořeny nové buňky. To bylo provedeno tak, že byl nakreslen symbol a byl určen vztažný bod funkcí *Určit vztažný bod buňky*, kterým byla buňka

vkládána. Poté byl pouze v *Knihovně buněk* stisknut příkaz *Vytvořit* a buňka byla nahrána. Vytvořené buňky jsou v tabulce 4 a ve formátu *cel* v příloze e) b.

Buňka *Vrata (dveře)* byla převzata z bakalářské práce Bc. Ladislava Ritschela [13]. Jako samotná se nevyskytuje ve Vyhlášce č. 435/1992 Sb., avšak byla přejata z důvodu zachování jednotného mapového klíče bodových značek všech závěrečných prací pro štolu Josef. Barva buňky byla použita podle tabulky 3. Materiál se u jednotlivých vrat neměnil, proto byla použita modř pruská pro železo.

Bodová značka *Větry vztažné* byla kombinována s modrou liniovou značkou pro lepší názornost průběhu osy lutny.

Použitá bodová značka *Spínače (vypínače)* není uvedena ve Vyhlášce č. 435/1992 Sb, ale pouze v DULMAPu.

Označení	Předmět	Značka
	Vrata (dveře)	
8.1.17	Rozvaděč pevný	
14.1.60	Ventilátor	
14.1.98	Hasicí přístroj	
15.1.01	Větry vztažné	
17.1.33	Osvětlovací těleso	

Tab. 4 Vytvořené buňky v *Microstationu*

Vkládání bodových a liniových značek bylo provedeno podle mračna bodů. Některé části zde však nebyly rozeznatelné, a proto mračno bylo kontrolováno prostřednictvím náčrtu, který byl kreslen při měření. Seznam všech výkresů a jejich vrstev je uveden v tabulce 5.

Výkres	Vrstva	Obsah vrstvy
Důlní mapa.dgn	Body podrobné důlní	body podrobného a výškového pole
	Dopravní stavby – ČSN	zábradlí
	Dveře a vstupní vrata	dveře, brány
	Hrana řezů +1m	půdorysný řez
	Hrana řezů +1m plocha	plocha půdorysného řezu
	Hrana řezů přibližně	přibližné půdorysný řez
	Hrany řezů – digitalizace	příčné profily
	Objekty a místa zvl_ význ_	rozvaděče, lékárny, hasičáky
	Vlečky a tratě	osa kolejnic
	Výztuže	kovové, dřevěné a zděné výztuže
	Větrání	osa lutny, ventilátor
Inženýrské sítě.dgn	Elektrické vedení	osvětlovací tělesa, vypínače
Hlubina.dgn	Hlub_ rubání v prov_ mapě	ústí štoly

Tab. 5 Seznam použitých výkresů, vrstev a jejich obsah

Výtisk základní důlní mapy byl proveden v DULMAPu pod záložkou *Výstupy* funkcí *Tisk*. Zde bylo určeno měřítko, podle jakého bylo potřeba tisknout a byl vybrán mapový list. Před vybráním mapového listu byly do dialogového okna vyplněny informace o mapovém listu, což byl například název lomu, dobývací prostor či jméno zpracovatele. Poté byl automaticky vytvořen nový výkres *dgn* již s mapovým rámem a v něm se zadanými informacemi. Dále byly doplněny ručně vysvětlivky jednotlivých mapových značek, které se nacházely v mapovém listu. U mapového listu v měřítku 1:1000 byla zvlášť doplněna poloha vůči ostatním mapovým listům. Dále byly vypnuty vrstvy, které nepatřily do základní důlní mapy a výkres byl vytisknut ve formátu *PDF* (přenosný formát dokumentů) v tiskovém formátu ISO A1.

Vyhotovená zakázka je v příloze e) c.

5. Výsledky

Výsledkem této bakalářské práce jsou 3D výkresy mapových listů základní důlní mapy části Čeliny Západ vyhotovené v programu Microstation s nadstavbou DULMAP ve formátu *dgn*, který vznikly z mračna bodů, jež je uvedeno v příloze f) na DVD. Taktéž jsou výsledkem výkresy základní důlní mapy vytisknuté ve formátu *PDF*.

Celkem bylo vytištěno pět mapových listů, z čehož čtyři mapové listy byly vytisknuty v měřítku 1:500 a jeden mapový list je umístěn obecně, který zahrnuje celé území v měřítku 1:1000. Výkresy byly pojmenovány podle dělení nomenklatury kladu mapových listů ZMVM (Základní mapa velkých měřítek) v obou formátech (viz tab. 6).

Měřítko	Pojmenování výkresů
1:500	ZDM_Krásná_Hora_1-0_413
	ZDM_Krásná_Hora_1-0_414
	ZDM_Krásná_Hora_1-0_431
	ZDM_Krásná_Hora_1-0_432
1:1000	ZDM_Krásná_Hora_1-0_41,32,43,34

Tab. 6 Pojmenování výkresů

Tyto výkresy jsou v příloze a) v tištěné podobě a také v příloze e) d. a e) e. v digitální podobě.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zaměření části Čelina Západ štol Josef a vyhotovení její důlní mapové dokumentace. Tohoto cíle bylo dosaženo, a dokonce byla navíc změřena část Páteřní štol se vstupními portály jak zevnitř, tak zvenku a vyhotovena taktéž její důlní mapová dokumentace. Bakalářská práce navazuje na závěrečné práce Bc. Ladislava Ritschela a Ing. Filipa Špačka a dokončila skenování celé oblasti Čelina. V budoucnu pro další závěrečné práce by mohla být vyhotovena důlní mapová dokumentace i v části Mokrsko.

Zaměření Čeliny Západ a části Páteře probíhalo 3D laserovým skenerem Leica ScanStation P40, tudíž v této bakalářské práci byly rozebrány charakteristiky a podrobnosti přístroje a teorie samotného laserového skenování. Byly zde popsány kroky jednotlivého měření, které bylo rozděleno do dvou dnů.

Zpracování naměřených dat probíhalo v programu Leica Cyclone, kde byla vysvětlena struktura a ovládání programu pro vyhotovení této práce. Poté bylo probráno modelování identických bodů, registrace na identické body a transformace podrobných bodů základního důlního bodového pole v programu Groma, na které se taktéž registrovalo. Průměr celkové chyby této registrace byl 11 mm. V Leica Cyclone proběhla také editace a úprava mračen bodů a vektorizace půdorysných řezů spolu s příčnými profily. Ve zpracování byl taktéž uveden postup zředění velikosti naměřených dat na jeho menší počet, který probíhal v programu CloudCompare z důvodů lepší práce a manipulace s daty.

V této práci bylo taktéž popsáno vyhotovení důlní mapové dokumentace podle Vyhlášky 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu, které probíhalo v programu Microstation s nadstavbou DULMAP, kde se přejaly vektorizace z programu Leica Cyclone a doplnily se o bodové, liniové a plošné mapové značky.

Seznam zdrojů

- [1] Centrum experimentální geotechniky [online]. Praha, 2014 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://ceg.fsv.cvut.cz/>
- [2] Mapy.cz [online]. 2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [3] KAŠPAR, Milan. Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. Hradec Králové: Vega, 2003. ISBN 80-900860-3-9.
- [4] Leica ScanStation P30/P40 [online]. GEFOS [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: https://www.gefos-leica.cz/data/original/skenery/p40/leica_scanstation_p30-p40_cz.pdf
- [5] HANOUSEK, David. Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly Josef. Praha, 2016. Fakulta stavební ČVUT.
- [6] CloudCompareWiki [online]. CloudCompare, 2016 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=Introduction>
- [7] Vyhláška č. 435/1992 Sb., Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem ve znění vyhlášky Českého báňského úřadu č. 158/1997 Sb. “ úplné komentované znění, 1997. Ostrava: Montanex. ISBN 80-85780-88-7.
- [8] ScanStation P30/40 & CycloneBasic Training Manual [online]. Heerbrugg, Švýcarsko: Leica Geosystems, 2015 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.manualslib.com/manual/1289720/Leica-Scanstation-P30.html>
- [9] Laser a vše o něm [online]. Kachtík, 2013 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://lasery.wz.cz/>
- [10] DXF. Wikipedia [online]. 2018 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/DXF>
- [11] ŠTRONER, Martin, Jiří POSPÍŠIL, Bronislav KOSKA, Tomáš KŘEMEN, Rudolf URBAN, Václav SMÍTKA a Pavel TŘASÁK. 3D skenovací systémy. Praha: České vysoké učení technické, 2013. ISBN ISBN 978-80-01-05371-3.

- [12] ŠPAČEK, Filip. *Zaměření části štoly Josef a vytvoření její důlní mapové dokumentace*. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.
- [13] RITSCHER, Ladislav. *Zaměření části štoly Josef a vytvoření základní důlní mapy*. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.
- [14] PAŠTÉKOVÁ, Gertrúda. *Základní důlní mapa Podzemní laboratoře Josef*. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Michal Seidl, Ph.D.
- [15] SRP, Miloslav. *Tunelové měření v UEF Josef s využitím Trimble S8*. Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Rudolf Urban, Ph.D.

Seznam obrázků

Obr. 1 Poloha štol Josef [2]	8
Obr. 2 Vstupní portály štol Josef	9
Obr. 3 Kamerový a panoramatický skener [3]	11
Obr. 4 Schéma prostorové polární metody [3]	12
Obr. 5 Rozdíl mezi geodetickou metodou (vlevo) a skenováním (vpravo) [3].....	13
Obr. 6 Leica ScanStation P40 [4]	14
Obr. 7 Referenční koule [4].....	15
Obr. 8 Černobílý skenovací terč [4].....	15
Obr. 9 Schéma štol Josef [1]	16
Obr. 10 Nastavení skenu	17
Obr. 11 Obsluha přístroje.....	17
Obr. 12 Schéma měření	18
Obr. 13 Struktura Leica Cyclone.....	21
Obr. 14 Základní ovládání ModelSpace.....	22
Obr. 15 Informace o modelu koule	23
Obr. 16 Dialog s řaděním bodů	27
Obr. 17 Color Map.....	32
Obr. 18 Limit Box.....	32
Obr. 19 Tvorba příčného řezu	33
Obr. 20 Celková vektorizace v Leica Cyclone	34
Obr. 21 Kompas ve funkci Accudraw	35
Obr. 22 Změnit nastavení atributu.....	35
Obr. 23 Založení zakázky v Dulmapu.....	36

Seznam tabulek

Tab. 1 Souřadnice bodů a orientací	25
Tab. 2 Přesnost registrace.....	26
Tab. 3 Barevné vyznačení materiálů	37
Tab. 4 Vytvořené buňky v Microstationu.....	38
Tab. 5 Seznam použitých výkresů, vrstev a jejich obsah.....	39
Tab. 6 Pojmenování výkresů	40

Seznam příloh

V tištěné podobě:

- a) Mapové listy ZDM

V elektronické podobě:

- b) Náčrty z obou dnů – *Nacrty.pdf*
- c) Protokoly:
 - a. O transformaci z programu Groma – *protokol_transformace.pro*
 - b. O registraci na body důlního bodového pole v S-JTSK – *protokol_registrace.txt*
- d) Seznam souřadnice transformovaných bodů – *SS_transformovane.txt*
- e) Výkresy:
 - a. Vektorizace exportovaná z Leica Cyclone – *vektorizace.dxf*
 - b. Knihovna vytvořených buněk – *knihovna_bunek.cel*
 - c. Zakázka z DULMAPu – *Štola_Josef_Čelina_západ*
 - d. ZDM ve formátu *dgn* – *Výkresy ZDM dgn*
 - e. ZDM ve formátu *PDF* – *Výkresy ZDM PDF*

DVD obsahuje všechny tyto přílohy v elektronické podobě, plus je přiloženo:

- f) Zředitelné mračno bodů o rozestupu 10 mm – *mracno_bodu_10mm.e57*