

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Studijní obor: GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zaměření části štoly Josef a vytvoření základní důlní mapy

Measurement of the part of the Josef gallery and creation of the basic mine map

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

Katedra speciální geodézie

PRAHA 2018

Ladislav RITSCHER



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ritschel Jméno: Ladislav Osobní číslo: 458847  
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 části štoly Josef a vytvoření základní důlní mapy  
Název bakalářské práce anglicky: Measurement of the part of the Josef gallery and creation of the basic mine map

Pokyny pro vypracování:

Zaměření části podzemních prostor v oblasti Čelina - východ štoly Josef 3D skenovacím systémem.

Registrace a základní zpracování naměřených dat.

Tvorba základní důlní mapy zaměřené oblasti.

Seznam doporučené literatury:

- ŠTRONER, Martin. 3D skenovací systémy. Praha: ČVUT v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3
- Vyhláška 435/1992 sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem

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

Datum zadání bakalářské práce: 22. 2. 2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 27. 5. 2018  
*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“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a pouze s použitím podkladů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne: .....

.....

podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Jiřikovskému, Ph.D za vstřícný přístup a čas, který mi věnoval při sběru dat a během konzultací při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Tomáši Křemenovi, Ph.D. za pomoc při zpracování skenování. Dále pak firmě Geotronics Praha s.r.o. za zapůjčení laserového skeneru a firmě HSI, spol. s r.o. za zapůjčení licence programu DULMAP.

Poděkovat bych chtěl také spolužákům za pomoc při měření a především bych neměl zapomenout poděkovat své rodině za podporu v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá zaměřením dosud nezaměřených přístupných částí oblasti Čelina – východ štoly Josef. Měření bylo provedeno metodou laserového skenování. Po liniovém vyhodnocení v programu Cyclone, kde byla data zpracovávána, byla vyhotovena základní důlní mapa v nadstavbě DULMAP programu Microstaion.

## **Klíčová slova**

štola Josef, laserové skenování, registrace mračen bodů, základní důlní mapa

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the focus of the still not measured accessible parts of the area Čelina – east part of the Josef Gallery. Measurement was done by laser scanning. After a line evaluation in the Cyclone program, where the data was processed, a basic mine map in the Microstation DULMAP extension was prepared.

## **Keywords**

Josef Gallery, laser scanning, registering cloud points, basic mine map

# Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>1 ŠTOLA JOSEF.....</b>	<b>9</b>
1.1 ŠTOLE JOSEF.....	9
1.2 HISTORIE TĚŽBY V PSÍCH HORÁCH .....	10
1.3 SOUČASNOST.....	12
1.4 VÝUKA A VÝZKUM.....	12
<b>2 ZAMĚŘENÍ .....</b>	<b>14</b>
2.1 3D LASEROVÉ SKENOVÁNÍ .....	15
2.2 PROSTOROVÁ POLÁRNÍ METODA.....	16
2.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE .....	17
2.3.1 Leica ScanStation P40 .....	17
2.3.2 FARO Focus X330 .....	18
2.4 REKOGNOSKACE .....	19
2.5 SKENOVÁNÍ .....	20
2.5.1 Dne 7. 3. 2018 .....	20
2.5.2 Dne 19. 4. 2018 .....	23
<b>3 ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ .....</b>	<b>24</b>
3.1 REGISTRACE SKENŮ – PŘEHLED .....	24
3.1.1 Registrace na základě překrytu.....	24
3.1.2 Registrace pomocí identických bodů.....	24
3.2 PŘÍPRAVA DAT .....	26
3.2.1 Příprava dat z FARO Focus .....	26
3.2.2 Úprava dat .....	26
3.2.3 Modelování identických bodů .....	27
3.3 VÝPOČET SOUŘADNIC IDENTICKÝCH BODŮ.....	29
3.4 REGISTRACE .....	31
3.4.1 Obecný postup registrace.....	31
3.4.2 Postup registrace .....	32
3.4.3 Kontrola registrace .....	33

<b>4</b>	<b>DŮLNÍ MAPOVÁ DOKUMENTACE .....</b>	<b>35</b>
4.1	ZÁKLADNÍ DŮLNÍ MAPA.....	36
4.1.1	Obsah základní důlní mapy .....	37
4.2	ÚČELOVÉ DŮLNÍ MAPY .....	39
4.3	NADSTAVBA DULMAP .....	40
4.4	KRESBA MAPY .....	40
4.4.1	Liniové a bodové vyhodnocení mračna bodů .....	41
4.4.2	Kresba map v DULMAPu .....	43
4.4.3	Značky v důlní mapě .....	44
4.4.4	Tvorba výstupů .....	45
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>47</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>48</b>
	<b>ZDROJE .....</b>	<b>49</b>
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	51
	SEZNAM TABULEK.....	51
	SEZNAM PŘÍLOH.....	52
	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>53</b>

# Úvod

Cílem této bakalářské práce je zmapovat zbývající část oblasti Čelina – východ, která nebyla dosud zmapována. Jako měřická metoda bylo zvoleno 3D laserové skenování pro svoji rychlost a možnost využití dat ze skenování pro další výstupy. Pro editaci získaných mračen bodů byl použit program CloudCompare, který je šířen pod licencí GNU, která umožňuje volné využívání a další nakládání s programy pod touto licencí. Registrace a vyhodnocení mračna bodů bylo provedeno v programu Cyclone. Tvorba základní důlní mapy (dále jen ZDM) byla provedena v programu DULMAP, který je nadstavbou k programu MicroStation.

ZDM byla vytvořena podle vyhlášky číslo 435/1992 Sb., Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. ZDM byla vyhotovena i s ohledem na již vzniklé závěrečné práce ve štolě Josef. ZDM se zaměřením klasickými geodetickými metodami se věnovali Gertrúda Paštéková, Eliška Beránková a David Hanousek. ZDM a laserovému skenování se věnovali ve svých diplomových pracích Bc. Filip Špaček a Bc. Zbyněk Pražák.

V první kapitole je popsána štola Josef, její poloha, historie dobývání zlata v oblasti štoly a její aktuální využívání pro výuku a výzkum.

V druhé kapitole je obecně popsána metoda 3D laserového skenování, použité přístroje pro skenování a postup prací při skenování pro tuto práci.

Ve třetí kapitole je popsán postup zpracování měření od přípravy dat přes registraci skenů až po liniové vyhodnocení.

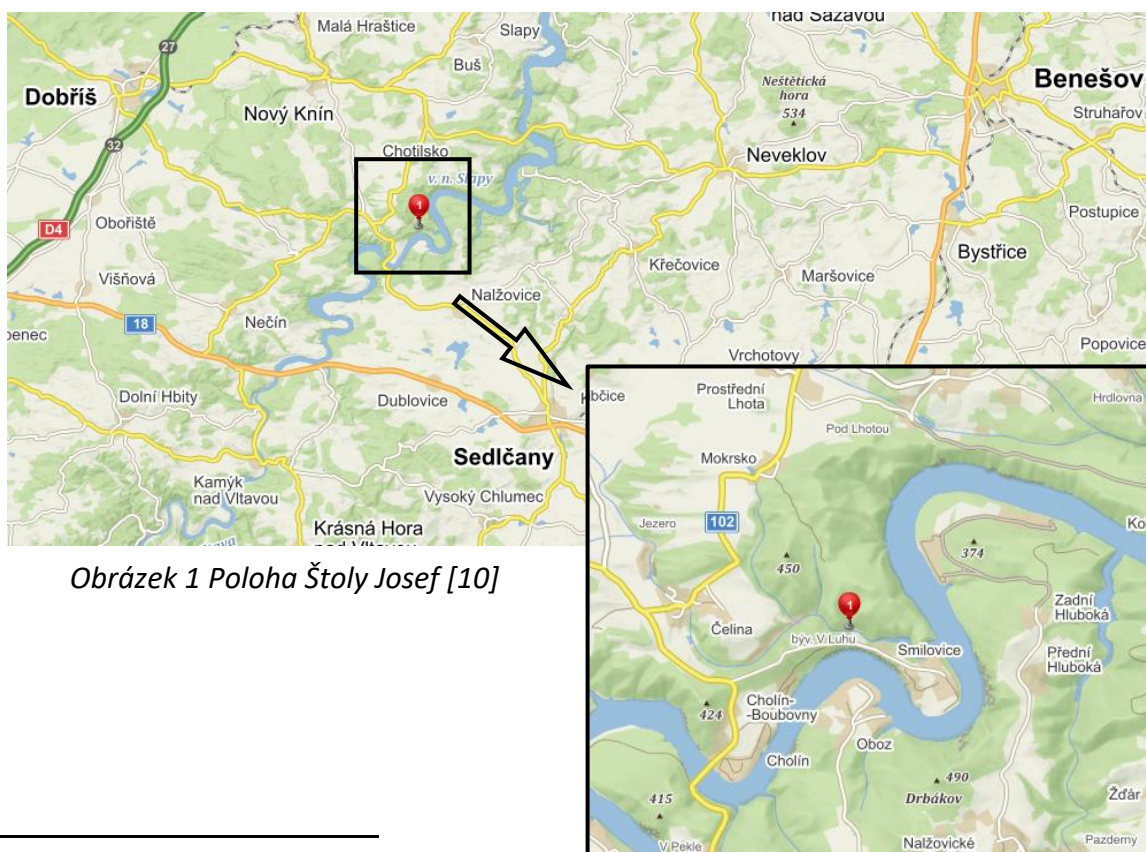
Ve čtvrté kapitole je popsán způsob tvorby základní důlní mapy podle vyhlášky číslo 435/1992 Sb. a postup prací v nadstavbě DULMAP.



# 1 Štola Josef

## 1.1 Štola Josef

Štola Josef se nachází asi 50 km jižně od Prahy mezi obcemi Čelina a Mokrsko v těsné blízkosti Slapské přehrady (obr. 1). Štola je součástí zlatorudního revíru Psí hory. Horninové prostředí tvoří slabě metamorfované vulkanické a vulkanosedimentární horniny (bazalty, andezity, ryolity, tufy, tufity) pronikané mladšími intruzivními horninami (granodiority, albitické žuly). Hlavní (páteřní) chodba je vyražena severo-severozápadním směrem pod masivem Veselého vrchu v délce 1835 m a profilu cca 15 m<sup>2</sup>. Na hlavní chodbu navazují další liniové chodby západním a východním směrem s častými rozrážkami a napojeními šibíky<sup>1</sup> do dalších dvou pater. Délka těchto chodeb je 6018 m v profilu 9 m<sup>2</sup>. Výška nadloží se pohybuje od 90 do 150 m. Převážná část (kolem 90 %) výlomu není vystrojena. Konec páteřní štoly je propojen s povrchem 136 m vysokým nevystrojeným větracím komínem. [1]



Obrázek 1 Poloha Štoly Josef [10]

<sup>1</sup> Šibík – svislé dílo, které neústí na povrch

## 1.2 Historie těžby v Psích horách

Těžba zlata na našem území započala již za dob Keltů, zejména ve 2. a 1. stol. př. n. l. Keltové naprostou většinu svého zlata získávali z rozsypů a rýžovišť. Vzhledem k prokázané existenci rýžovišť na Čelinském potoce i v náplavech Vltavy u Smilovic (dnes zatopených slapskou přehradou) je pravděpodobné, že keltští zlatokopové působili i na Psích horách.

S další těžbou se začalo na přelomu 13. a 14. století a k největšímu rozmachu došlo v průběhu 14. století. V této době se zlato dobývalo pomocí štol a úklonných šachtic dosahujících hloubky kolem 20 m. Horníci rudu těžili pomocí jednoduchých ručních nástrojů, tzv. želízka a mlátku, a svítili lojem v hliněných kahanech. Vytěžená hornina se drtila a mlela v rudných mlýnech. Zlato se pak z rozemleté rudy oddělovalo amalgamací. Na přelomu 14. a 15. století došlo k úpadku těžby, především z důvodu rostoucích nákladů, vyčerpání přístupnějších částí zlatonosných křemenných žil a technických problémů při těžbě ve větších hloubkách. K úpadku také jistě napomohla složitá politická situace v Českých zemích, a tak došlo na několik desetiletí k přerušení těžby.

Na přelomu 15. a 16. století došlo k obnovení těžby, podle dobových záznamů, avšak ne v tak velkém významu. Těžba na Psích horách zřejmě ustala v polovině 16. století a tento revír zůstal až do konce 20. století nevyužíván.

V letech 1977 – 1980 zde proběhl rozsáhlý průzkum hornin Jílovského pásma, který ukázal přítomnost zlatonosných rud v Psích horách. Následně pak v letech 1980 – 1990 proběhl podrobný geologický průzkum této oblasti. Jeho součástí bylo geologické mapování, geofyzikální průzkum, podrobný geochemický průzkum půdního pokryvu, průzkum pomocí vrtů z povrchu až do hloubky 300–600 m a konečně báňský průzkum z nově ražené štoly Josef kombinovaný s podzemními vrty. Při průzkumu bylo odebráno a zanalyzováno 9 818 půdních vzorků a přes 25 000 vzorků z vrtů a z podzemí.

Výsledkem průzkumu bylo objevení nového ložiska Mokrsko - západ a zhodnocení zásob zlata v dosud známých ložiscích Čelina a Mokrsko – východ. Celkový počet zásob zlata byl odhadnut na 130 t zlata, což je více, než kolik se vytěžilo na celém území České republiky během celé historie dobývání zlata. V rámci průzkumu probíhala v letech 1989-1991 i experimentální podzemní těžba ložiska Čelina. Bylo vytěženo celkem 19 500 t rudniny a zpracováním bylo získáno 21,5 kg zlata.

K průmyslové těžbě nebylo vzhledem k předpokládanému negativnímu dopadu na životní prostředí přistoupeno. Těžba by musela probíhat povrchovým způsobem. Pro separaci zlata by musela být použita metoda kyanidového loužení, která je ekologicky velice riskantní. V polovině 90. let došlo k ukončení všech prací, objekt byl uzavřen a postupně chátral. V roce 2000 došlo z bezpečnostních důvodů k zabetonování vstupních portálů do štoly. [1]



*Obrázek 2 Vstupní portály Štoly Josef (současný stav)*

### 1.3 Současnost

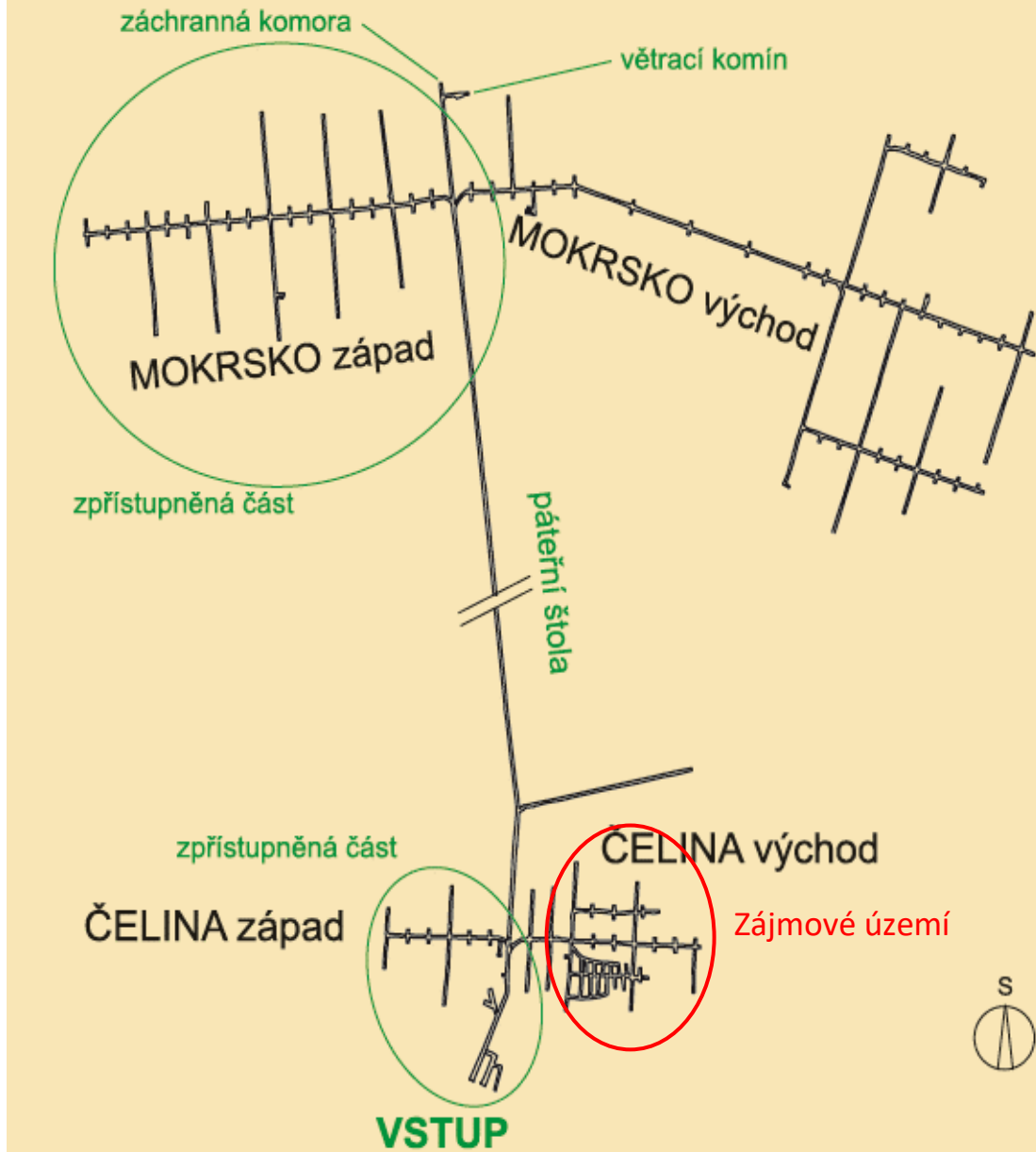
V roce 2003 vznikl na půdě ČVUT nápad využít opuštěné podzemní dílo k vytvoření podzemního pracoviště pro praktickou výuku a experimentální činnost. V květnu 2005 byla podepsána smlouva s Ministerstvem životního prostředí o zapůjčení štoly pro vzdělávání a výzkum. Rekonstrukci prostoru před štolou spolu s vybudováním povrchového zázemí a zpřístupnění prvních 650 m štoly provedla společnost Metrostav a. s. V červnu 2007 došlo k otevření prvních prostor a vznikla tak zde Podzemní laboratoř Josef. V srpnu 2010 došlo ke zpřístupnění dalších prostorů v oblasti Mokrsko – západ. V roce 2015 byla zpřístupněna kaverna, tzv. podzemní katedrála, v oblasti Čelina – východ. Schéma štoly Josef je uvedeno na obr. 3, kde je i vyznačena zájmová oblast této bakalářské práce. [1]

### 1.4 Výuka a výzkum

Výuka v podzemní laboratoři Josef byla zahájena v akademickém roce 2007/2008. Výuku zde provádí především Katedra geotechniky, Katedra speciální geodézie a Centrum experimentální geotechniky, které je také provozovatelem celého areálu štoly Josef. Na prováděných výzkumech se podílejí i jiné školy z celé České republiky a celého světa, jako např. Vysoká škola chemicko-technologická Praha, Masarykova univerzita Brno a Technická univerzita Liberec, Fakulta jaderná a fyzikálně-inženýrská ČVUT Praha. Ve štole proběhlo nebo stále probíhá řada výzkumů za spolupráce českých i světových pracovišť. Například výzkumy:

- TIMODAZ (2006–2010) – mezinárodní projekt zabývající se dlouhodobým vlivem tepelného záření na ostění tunelu s uloženým vyhořelým jader. palivem.
- MeziLab (2010) – meziuniverzitní podzemní laboratoř poskytující zázemí pro vzdělávání odborníků např. pro hlubinná uložení nebo provoz podzemních zásobníků plynu atd. Na projekt navázal obdobný projekt MeziLab II (2014)
- CEBAMA (2015-2018) – evropský projekt výzkumu cementových materiálů použitelných při výstavbě hlubinných uložení.

# Štola JOSEF schéma podzemí



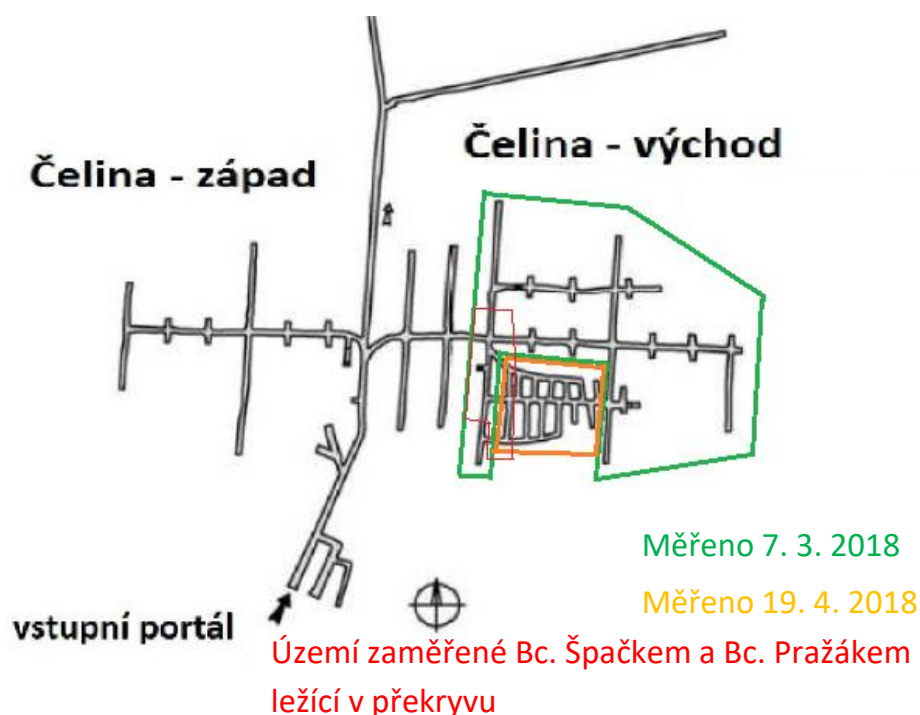
Obrázek 3 Schéma Štoly Josef s vyznačeným zájmovým územím



## 2 Zaměření

Zájmovým územím zaměření pro vyhotovení důlní mapy byly dosud nezmapované chodby v patře +0 m v oblasti Čelina – východ viz obr. 3. Zaměření navazuje na zaměření Bc. Filipem Špačkem a Bc. Zbyňkem Pražákem, kteří mapování provedli v roce 2016, obr. 4. Jako metoda pro měření bylo zvoleno 3D laserové skenování, vzhledem k již vzniklé mapě v této oblasti a k možnosti použít takto získaná data i k jiným výstupům.

Zaměření přístupných částí proběhlo 7. března 2018 společně s Vilémem Kolářem, který ve své bakalářské práci doplňuje bodové pole v oblasti Čelina – východ. Doměření dosud nezpřístupněných prostor bylo, po domluvě s pracovníky Centra experimentální geotechniky, provedeno 19. dubna 2018 novým školním přístrojem Leica ScanStation P40 s Ing. Tomášem Křemenem, Ph.D. Na obr. 4 je v detailu zobrazeno mapované území.



Obrázek 4 Etapy měření, podklad [5]

Obsahem této kapitoly je popis použité metody 3D skenování, stručný popis rekognoskace a postup zaměření. Jsou zde popsány použité přístroje a způsoby signalizace identických bodů.

## 2.1 3D laserové skenování

Metoda 3D laserového skenování je bezkontaktní neselektivní metoda sběru prostorových dat. Sběr dat je založen na principu prostorové polární metody s použitím bezhranolového dálkoměru. Výstupem skenování je tzv. mračno bodů. Jedná se o 3D soubor zaměřených bodů na povrchu zaměřovaného objektu. Zpracováním takto získaných dat můžeme získat různé druhy výstupů, např. drátový model, TIN (trojúhelníkovou nepravidelnou síť), objektový model a další. Díky rychlosti a přesnosti sběru dat se tato metoda rychle rozšířila do mnoha činností nejen v geodézii, ale i při zaměřování složitých konstrukcí a staveb, v metrologii, strojírenství, zaměření interiérů, podzemních prostor, historických, archeologických, památkových a jiných objektů [2].

Mezi výhody této rozvíjející se metody patří:

- přesné zaměření stávajícího stavu s výrazně vyšší produktivitou práce a finančními úsporami
- výrazné zkrácení práce v terénu a zvýšení bezpečnosti práce
- měření za plného provozu, případně jen s krátkou odstávkou náročných provozů
- velmi rychlé zpracování digitálních modelů terénu
- zpracování komplexních modelů složitých objektů [2]

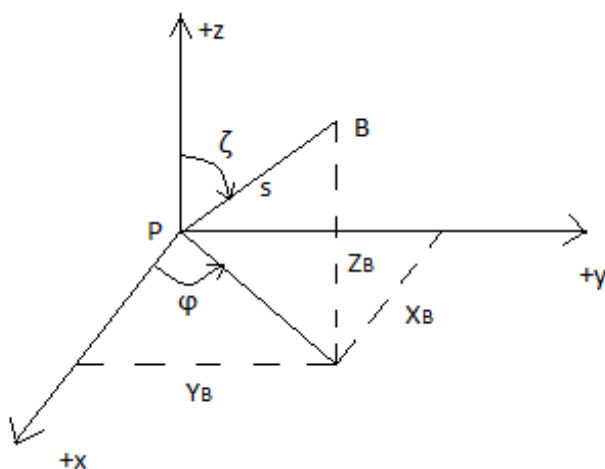
3D laserové přístroje fungují na principu počítačem řízeného laserového paprsku, který je v pravidelné mřížce, tedy ve sloupcích a řádcích, naváděn na zaměřovaný objekt. U každého paprsku je určen vodorovný a zenitový úhel a vzdálenost. Z těchto hodnot jsou poté určeny prostorové souřadnice pomocí

prostorové polární metody. Hustota skenování je dána úhlovým rozestupem mezi sousedními body ve vodorovném a svislém směru [2]. Tato hodnota se nastavuje před skenováním a určuje podrobnost provedeného měření. Je to hlavní parametr, který ovlivňuje dobu skenování. Nastavení např. 12 mm/ 10 m znamená, že body ve vzdálenosti 10 m od skeneru budou mít rozestup 12 mm, body bližší budou blíže u sebe, respektive body vzdálenější budou s větším rozestupem.

Tak jako všechny ostatní měřicí přístroje, tak i laserové skenery mají chyby, které ovlivňují přesnost měření. Tyto nejistoty lze rozdělit na vnitřní (chyby skeneru) a na vlivy vnější. Mezi vnější vlivy patří tvar a povrch měřeného objektu, jeho okolí a stav atmosféry. Do vnitřních vlivů patří především chyba z určení délky, chyby určení vodorovného a zenitového úhlu. K dalším vnitřním vlivům se řadí chyby systematické, které jsou závislé na typu a konstrukci přístroje, tyto chyby lze potlačit pouze kalibrací přístroje. Chyby jsou podrobněji popsány v [7].

## 2.2 Prostorová polární metoda

Souřadnice každého zaměřeného bodu jsou určovány pomocí tří měřených hodnot (vzdálenost, vodorovný a zenitový úhel). Tento výpočet je nazýván prostorová polární metoda a souřadnice bodu se vypočtou podle následujících rovnic:



$$X_B = s * \cos \varphi * \sin \zeta$$

$$Y_B = s * \sin \varphi * \sin \zeta$$

$$Z_B = s * \cos \zeta$$

kde  $s$  je šikmá měřená vzdálenost,  $\varphi$  je vodorovný úhel a  $\zeta$  je zenitový úhel.



## 2.3 Použité přístroje

Pro skenování byly použity dva laserové skenery. Skener FARO Focus X330 (obr. 6) byl použit pro skenování při měření 7. března 2018. Tento skener byl zapůjčen firmou Geotronics Praha s.r.o. Skenerem Leica ScanStation P40 (obr. 5) bylo provedeno doplňkové skenování dne 19. dubna 2018. Jedná se o nový skener, který Katedra speciální geodézie zakoupila počátkem dubna 2018.

### 2.3.1 Leica ScanStation P40



*Obrázek 5 Leica ScanStation P40 [6]*

Leica ScanStation P40 je impulsní laserový skener s rychlostí měření přes 1 000 000 bodů za sekundu a dosahem od 0,4 m do 270 m s přesností 1.2 mm + 10 ppm. Skener je vybaven dvojosým kapalinovým kompenzátorem s přesností 1,5", barevným dotykovým displejem, 256 GB vnitřním uložištěm (SSD) a komunikací přes USB (2.0), Wi-Fi nebo ethernetovým portem. Přístroj má rozsah 360° x 290° a váží přibližně 12,5 kg. Obsažený laser je kategorie 1, který je neviditelný a je pro lidské oko bezpečný podle IEC 60825:2014 [6].

### 2.3.2 FARO Focus X330



*Obrázek 6 FARO Focus X330 [7]*

FARO Focus X330 je fázový laserový skener s rychlostí až 976 000 bodů za sekundu a dosahem od 0,6 m do 330 m s přesností 2 mm do 25 m. Skener je vybaven dvojosým kompenzátorem s přesností 54“, barevným dotykovým displejem, elektronickým barometrem a kompasem a integrovaným GPS přijímačem. Skener ukládá data na karty SDXC a dále je vybaven Wi-Fi. Přístroj má rozsah 360° x 300° a váží 5,2 kg. Obsažený laser je kategorie 1, který je neviditelný a je pro lidské oko bezpečný podle IEC 60825-1:2007 [7].

## 2.4 Rekognoskace

Před samotným měřením byla provedena rekognoskace zaměřovaných chodeb. 4. 12. 2017 byla provedena prohlídka chodeb a katedrály v oblasti Čelina – východ. Při této návštěvě bylo rozhodnuto o použití 3D laserového skenování, jako metody pro zaměření chodeb, také bylo rozhodnuto o nutnosti doplnit bodové pole v úrovni +0 m a +20 m. Dne 12. 2. 2018 bylo provedeno označení míst pro umístění nových bodů a předání stropních a bočních stabilizací pracovníkům CEG, kteří provedli stabilizaci bodů na označená místa. V úrovni +0 m byly stabilizovány čtyři nové stropní body a v úrovni +20 m byl stabilizován jeden stropní bod a dva boční trny pro nasazení odrazného terče. Body bylo nutné doplnit, aby bylo možné naměřené skeny polohově umístit do státního systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (dále jen S-JTSK) a výškově do systému Balt po vyrovnání (dále jen Bpv), případně do místního systému S-Josef.

Bylo rozhodnuto, že měření v chodbách bude vedeno polygonovým pořadem pomocí trojpodstavcové soupravy. Sousední body budou signalizovány kulovými terči o průměru 200 mm (obr. 7) a mezi sousedními stanovisky budou použity jako identické body kulové terče o průměru 145 mm (obr. 8). Navíc bylo rozhodnuto, že některá stanoviska skeneru budou zaměřena pomocí totální stanice pro dosažení lepších výsledků transformace skenů do S-JTSK a Bpv.



Obrázek 8 Kulový terč 200 mm na stativu



Obrázek 7 Kulový terč 145 mm

## 2.5 Skenování

### 2.5.1 Dne 7. 3. 2018

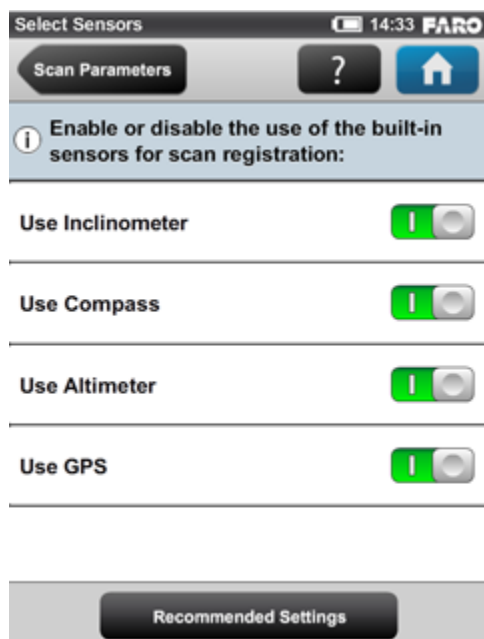
Měření bylo provedeno s vedoucím práce Ing. Tomášem Jiříkovským, Ph.D. a za pomoci Viléma Koláře a Vojtěcha Ceháka. Bylo naměřeno 25 jednotlivých skenů.

Přístroje:

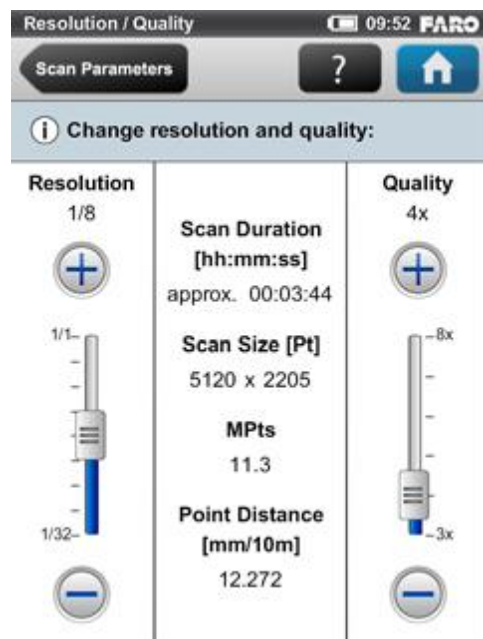
- FARO Focus X330 (v. č.: LLS071608695)
- Totální stanice Leica TS06 (v. č.: 1342543)
- Optický centrovač FG-L30 (v. č.: 613254)
- 9 stativů, pilířová podložka
- 6 třínožek, 2 trny Leica
- 6 kulových terčů 145 mm, 3 kulové terče 200 mm
- 5 Leica mini hranolů

Stativy umístěné pod body důlního bodového pole byly přesně horizontovány a centrovány pomocí optického centrovače a byla změřena výška přístroje. Tyto stativy byly dále využity pro měření důlního bodového pole Vilémem Kolářem. Ostatní stativy byly horizontovány jen podle krabicové libely trojnožky případně kompenzátoru skeneru.

Na prvním stanovisku bylo provedeno nastavení skeneru, tímto nastavením poté bylo skenováno na většině všech dalších stanoviscích. Byla založena zakázka, nastaven způsob pojmenovávání souborů z jednotlivých stanovisek. Z nastavení senzorů (obr. 9) byly vypnuty: GPS, kompas a barometr, jelikož jejich použití v podzemí by mohlo negativně ovlivnit výsledek měření nebo nejsou potřebné. Byly nastaveny parametry skenování (obr. 10): rozlišení na 1/5 (ovlivňuje hustotu skenování) a kvalita na 4x (určuje poměr mezi výskytem šumu a rychlostí skenování). Při použití tohoto nastavení je rozlišení cca 7,5 mm / 10 m a čas skenování cca 5 minut (rozpis parametrů pro různá nastavení je na obr. 11).



Obrázek 10 Nastavení senzorů [7]



Obrázek 9 Nastavení rozlišení a kvality [7]

Resolution		Quality	Speed (kpt/sec)	Noise Compression	Net Scan Time (full scan)	pt/360°
Mio. Pts (full scan)						
28.4	1/5	3x	244	-	0:02:17	8,192
28.4	1/5	4x	122	-	0:04:35	8,192
28.4	1/5	6x	122	2x	0:18:20	8,192
11.1	1/8	2x	488	-	0:00:27	5,120
11.1	1/8	3x	244	-	0:00:54	5,120
11.1	1/8	4x	122	-	0:01:47	5,120
11.1	1/8	6x	122	2x	0:07:09	5,120
11.1	1/8	8x	122	4x	0:28:38	5,120

Obrázek 11 Parametry skenu pro různá nastavení [7]

Na koncových stanovištích ve slepých rozrážkách, stanoviška 1009 a 1023 (způsob označování a přehledka stanovišek (obr. 12) viz dále), bylo sníženo rozlišení skenování na 1/8.

Aby bylo možné jednotlivé skeny registrovat, byly na sousední stanoviška umísťovány kulové terče o průměru 200 mm (obr. 7) a mezi jednotlivá stanoviška další dva identické terče v podobě kulových terčů o průměru 145 mm (obr. 8). Měřeno bylo pomocí trojpodstavcové soupravy.

Při skenování byl veden náčrt pro lepší orientaci hlavně při následném zpracování. Pro přehlednost bylo zavedeno následující označování stanovišek a identických terčů:

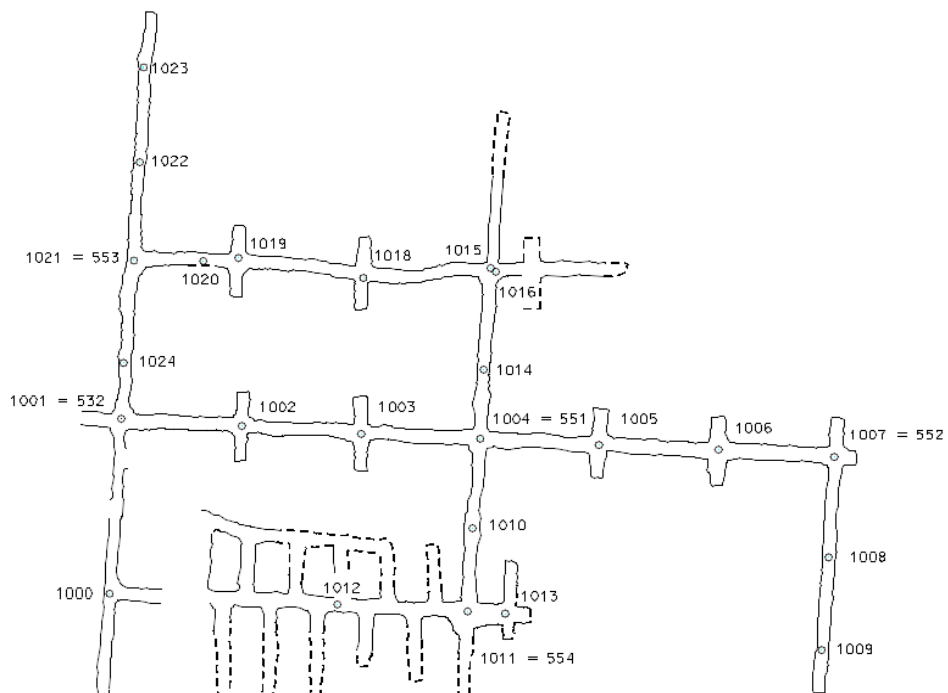
**TPCC** – kde: T = 1 pro stanoviško skenování a T = 2 pro identický bod

P = 0

CC – vlastní číslo bodu, číslování od 0

Při skenování byl veden polygon stanovišek tak, aby byly naskenovány všechny důležité části chodeb patra +0 m, které ještě nebyly zaměřeny v předchozích letech. Některé ze slepých rozrážek jsou trvale uzavřeny, u těchto rozrážek bylo zvoleno stanoviško skenování tak, aby ve výsledném skenu bylo zaměřeno co nejvíce z dané rozrážky.

Po provedení skenování byly některé ze stanovišek zaměřeny totální stanicí pro získání více identických bodů pro registraci mračen bodů. Měření bylo připojeno na stávající i nově vybudované bodové pole. Ze 4 stanovišek bylo zaměřeno 14 stanovišek skeneru. Celkem tedy bylo zaměřeno 18 stanovišek z 25. Měření bylo registrováno do paměti přístroje a poté staženo pro další výpočty.



Obrázek 12 Schéma stanovišek ze skenování 7. 3. 2018

### 2.5.2 Dne 19. 4. 2018

Skenování bylo provedeno skenerem Leica ScanStation P40. Jelikož se jedná o nový skener Katedry speciální geodézie, obsluhu a nastavení prováděl především Ing. Tomáš Křemen, Ph. D. Při skenování jsme společně s vedoucím práce Ing. Tomášem Jiřikovským, Ph. D. a Vilémem Kolářem pomáhali. Bylo naskenováno celkem 12 skenů v oblasti vyznačené na obr. 4 oranžovou barvou. V této oblasti teprve probíhají práce na zpřístupnění a v rozrážkách je nahrnuta hornina, bylo měřeno jen v přímé chodbě, která je přístupná.

Přístroje:

- Leica ScanStation P40
- Optický centrovač FG-L30 (v. č.: 613254)
- 4 stativů
- 2 třínožek, 2 trny Leica
- 12 kulových terčů 145 mm, 4 rovinné terče pro skenování Leica

Skenování bylo provedeno mezi dvěma pevnými body, které byly naskenovány v každém skenu. Pro tyto body byly použity rovinné kruhové terče. Jeden z bodů byl horizontován a zcentrován pod bodem 534 a byla u něj určena výška cíle. Druhý z bodů byl umístěn v katedrále a bylo z něj skenováno na vybrané body bodového pole, které byly osazeny rovinnými kruhovými terči. Pro zajištění dobré návaznosti a výsledků registrace bylo mezi skeny rozmístěno mnoho identických kulových terčů o průměru 145 mm tak, aby byly naskenovány na více skenech než jen na dvou sousedních. Skenováno bylo před každou z rozrážek a skener byl umístěn tak, aby bylo pokud možno vidět až na konec rozrážky.

Pro přehlednost a ulehčení zpracování byl veden náčrt rozmístění stanovisek a identických bodů. Schéma stanovisek v této oblasti je uvedeno v příloze P2 – Náčrt ze skenování 19. 4. 2018.

## 3 Zpracování měření

V této kapitole jsou obecně popsány některé části zpracování dat z měření a 3D skenování. Dále je podrobně popsán postup čištění, registrace a transformace do S-JTSK a Bpv. Výpočet souřadnic stanovisek byl proveden v programu Groma, čištění mračen proběhlo v programu CloudCompare a registrace a liniové vyhodnocení bylo realizováno v programu Cyclone.

### 3.1 Registrace skenů – přehled

Výsledkem měření 3D skenerem jsou mračna bodů, kde každé mračno bodů je vlastní souřadnicové soustavě příslušného skenu. Po prvotním očištění mračen je pro získání jednoho homogenního mračna nutno provést registraci skenů neboli transformaci z jednotlivých souřadnicových soustav do jedné společné soustavy. K registraci lze použít dva způsoby registrace, a to registraci pomocí identických bodů nebo na základě měřeného překrytu.

#### 3.1.1 Registrace na základě překrytu

Pro tuto metodu spojování mračen bodů se obvykle pro určení transformačního klíče používá metoda minimální vzdálenosti povrchů zaměřených na více skenech. Výpočetní algoritmy této metody jsou součástí již většiny profesionálních programů pro zpracování měření. Nevýhodou této metody je nižší přesnost výpočtu a v některých případech může dojít k selhání výpočtu. Více o této metodě je uvedeno v [2] nebo anglicky psaném [8].

#### 3.1.2 Registrace pomocí identických bodů

Pro registraci lze využít různé druhy signalizací. Mohou být použity přirozeně signalizované ostré objekty, např. rohy, které dokážeme zaměřit a v mračnu vymodelovat tak, abychom získali souřadnice v obou soustavách. Nebo mohou být použity různé umělé signalizace jako kulové terče (obr. 8 a obr. 9), nebo různé typy plochých terčů (obr. 13). Identické body mohou být použity jak pro spojení



jednotlivých mračen bodů, tak i pro transformaci spojeného mračka do zvolené souřadnicové soustavy.



Obrázek 13 Různé typy plochých terčů

Pro výpočet registrace skenů pomocí identických bodů se používá prostorová transformace. Transformační klíč je vypočten z dvojích souřadnic identických bodů s vyrovnáním metodou nejmenších čtverců. Obecně lze lineární transformaci v prostoru zapsat následující rovnicí [5]:

$$\mathbf{X} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{T}$$

kde  $\mathbf{x}, \mathbf{X}$  ... vektory souřadnic

$\mathbf{M}$  ... matice měřítkových koeficientů

$\mathbf{R}$  ... matice rotací

$\mathbf{T}$  ... matice posunů

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_x & 0 & 0 \\ 0 & m_y & 0 \\ 0 & 0 & m_z \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

## 3.2 Příprava dat

Jelikož byly použity dva zcela odlišné skenery, postup zpracování dat z obou skenerů se liší. Bylo nutné měřená data převést do takového formátu, aby s nimi bylo možné dále pracovat v programu Cyclone. Dále je uveden postup pro skener Faro. Jelikož je druhý skener (Leica ScanStation) vyráběn stejnou společností jako program Cyclone, byla data z něj stažena a přímo importována do programu, kde s nimi bylo dále pracováno.

### 3.2.1 Příprava dat z FARO Focus

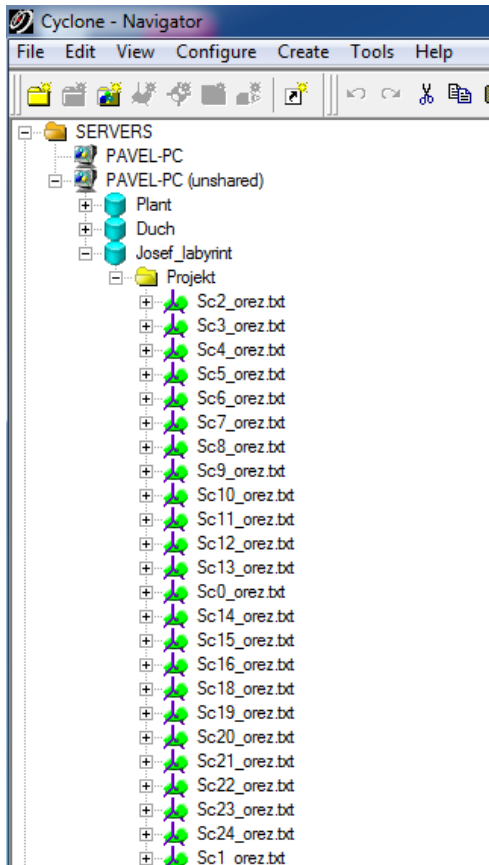
Data měření ve formátu .fls byla stažena z paměťové karty přístroje na disk počítače a byla odeslána paní Ing. Lucii Holíkové z firmy Geotronic k základnímu zpracování a převodu do formátu .asc, jelikož škola nemá vhodný program, který by tuto operaci provedl. Paní Ing. Holíková provedla zředění dat na 5 mm (naměřené mračno má různou hustotu bodů podle vzdálenosti od skeneru, blízké body mají až zbytečně velkou hustotu, např. jen několik málo milimetrů) a export do textového sboru ve formátu x, y, z, Nx, Ny, Nz, kde x, y, z jsou souřadnice bodu a Nx, Ny, Nz je normálový vektor směru ve kterém byl bod zaměřen. Tímto paní Ing. Holíkové děkuji za export měření.

### 3.2.2 Úprava dat

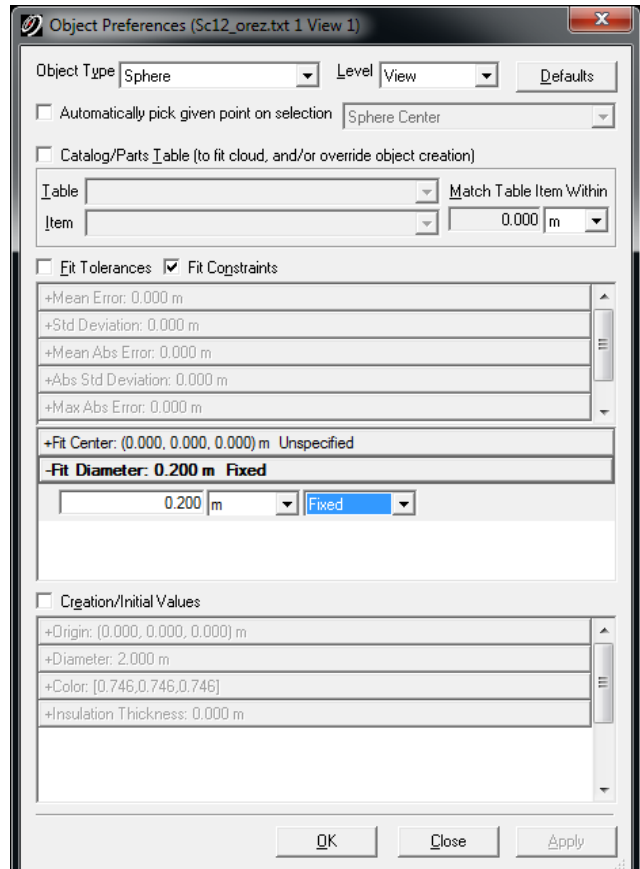
Jednotlivá mračna bodů byla postupně importována do programu CloudCompare, kde bylo provedeno ořezání částí za předchozím a následujícím stanoviskem skeneru, protože úhly odrazu u vzdálených bodů mohou být příliš ostré a mohou mít nižší přesnost a vnést chyby do celkového mračna po registraci. Také byly odstraněny předměty, které nejsou součástí stoly, ale byly naskenovány, jako osoby, krabice od přístrojů a jiné, také byly odstraněny odrazy od vodních hladin, které se místy v chodbách vyskytují. Takto očištěná data byla exportována do formátu .txt, který může být importován do většiny programů pracujících s mračny bodů.

### 3.2.3 Modelování identických bodů

V programu Cyclone byla založena nová databáze pro tuto bakalářskou práci. Jednotlivá mračna bodů byla naimportována do programu, a jelikož je každé mračno ve vlastní souřadnicové soustavě, jsou zde zobrazeny jednotlivé skeny samostatně (obr. 14).



Obrázek 14 Struktura databáze v Cyclone

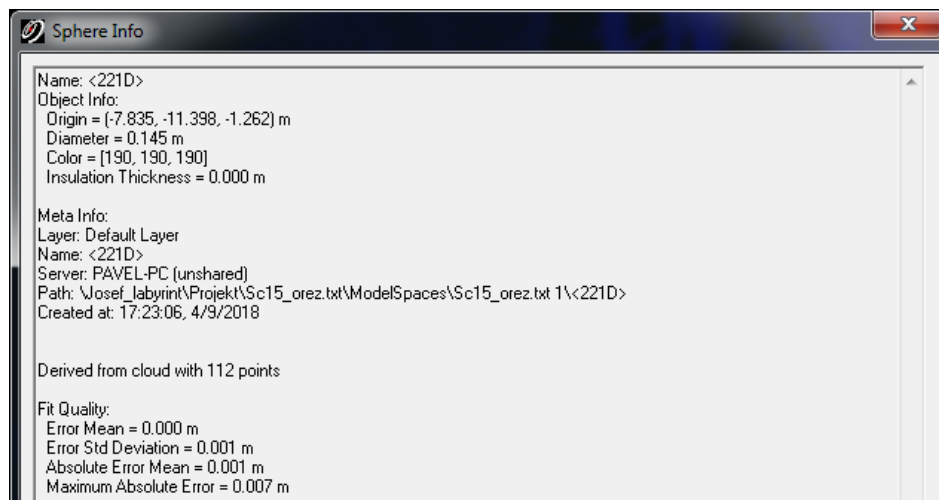


Obrázek 15 Nastavení pevného průměru identického terče

Následující postup je již pro mračna z obou skenů stejný.

Aby bylo možné jednotlivé skeny spojit pomocí identických bodů naskenovaných v mračnech bodů, bylo nutné vymodelovat tyto body proložením koule body ležícími na povrchu. Program dokáže koule po označení vymodelovat automaticky, ale lepších výsledků je dosaženo při nastavení známého průměru skutečně zaměřeného terče v terénu (obr. 15).

Jelikož při měření byly použity dvě velikosti terče, bylo potřeba hlídat toto nastavení po vytvoření každé koule (obr. 16).



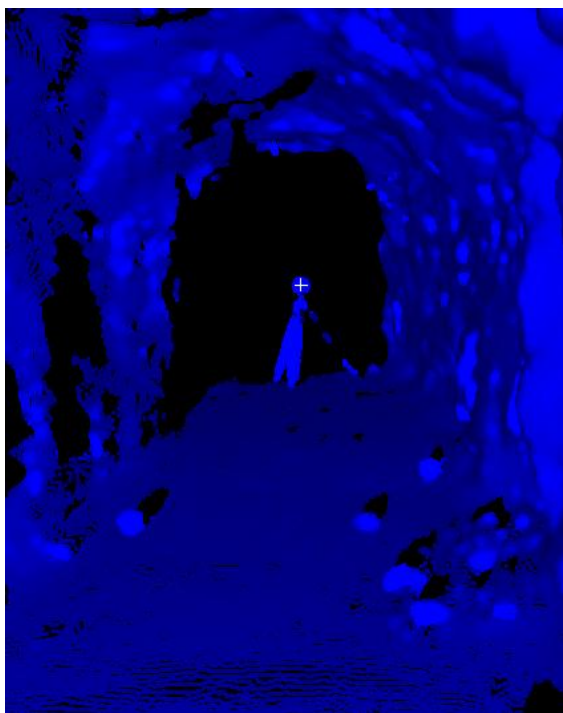
Obrázek 16 Informace o vkládaném objektu

Postup pro zpracování každého jednotlivého mračna bodů:

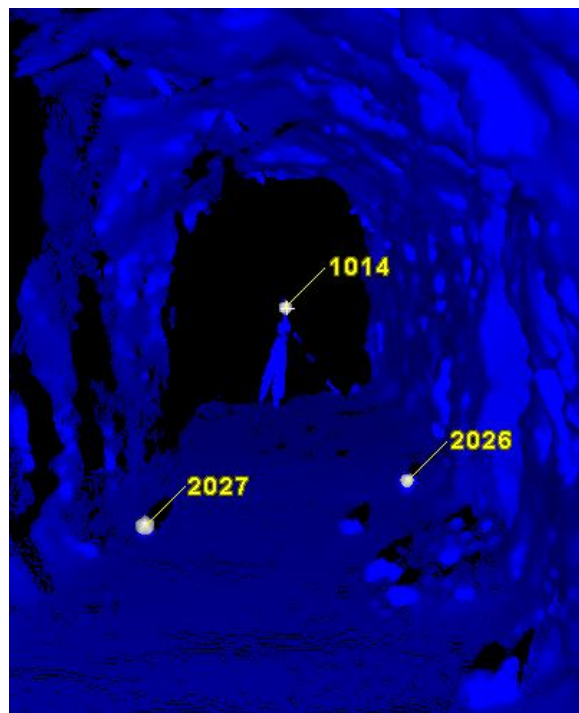
- Vložení bodů do počátku souřadnicové soustavy (místo skenu) funkcí v záložce *Create Object – Insert – Vetex* a označení tohoto bodu číslem pro registraci nástrojem v záložce *Tools – Registration – Add/Edit Registration Label*
- Nastavení průměru kulového terče v záložce *Edit – Object Preferences* a zvolit *Object Type: Sphere* a zadat průměr koule (obr. 15).
- Označit bod ležící na povrchu koule
- Funkcí ze záložky *Create Object – Region Grow – Sphere* vytvořit objekt koule, případně pomocí parametru *Regio Size* určit maximální vzdálenost bodů použitých pro výpočet od zadaného bodu
- Přiřadit kouli číslo nástrojem v záložce *Tools – Registration – Add/Edit Registration Label*

Aby registrace proběhla úspěšně, bylo nutné stejným bodům přiřadit stejné číslo podle číslování stanoveném v kapitole 3.5.1.

Na obr. 17 je zobrazen pohled na mračno před označením identických bodů a na obr. 18 je pohled na to samé mračno s vymodelovanými a registrovanými terči.



Obrázek 17 Mračno bodů před identifikací identických bodů



Obrázek 18 Mračno bodů po identifikaci identických bodů

Označení plochých terčů použitých při skenování 19. 4. 2018 proběhlo automaticky již při měření, kde byly označeny a znovu naskenovány s vyšším rozlišením. Software skeneru pak vypočte střed terče a označí jej vloženým číslem.

### 3.3 Výpočet souřadnic identických bodů

Výpočet souřadnic nově stabilizovaných bodů provedl Vilém Kolář v rámci své bakalářské práce v programu EasyNet [4]. Jím vypočtené souřadnice (tab. 1) byly předány včetně protokolů o výpočtech, které jsou v přílohách této bakalářské práce.

Tabulka 1 Souřadnice nových bodů použitých ve výpočtech

Číslo	X [m]	Y [m]	Z [m]
551	1 081 457,789	753 223,023	289,346
552	1 081 461,697	753 149,163	289,506
553	1 081 419,774	753 295,319	289,589
554	1 081 494,644	753 225,684	289,288
7534	1 081 501,296	753 281,931	308,572

Souřadnice identických bodů zaměřených totální stanicí při skenování dne 7. 3. 2018 byly vypočteny ze zápisníku měření výpočtem polární metody dávkou v programu Groma. Zápisník byl před samotným měřením editován (odstranění chybných záznamů, výpočet měření ve dvou polohách). Zápisník z měření a protokol o výpočtu je přílohou této bakalářské práce. Následující tab. 2 obsahuje souřadnice identických bodů použitých pro transformaci mračna bodů do S-JTSK a Bpv. Uvedené výšky, jsou výšky horizontu přístroje a v poznámce je uvedeno číslo bodu bodového pole, pokud byl bod přímo stanoviskem.

*Tabulka 2 Souřadnice identických bodů (výšky horizontu přístroje)*

<b>Číslo id. bodu</b>	<b>X [m]</b>	<b>Y [m]</b>	<b>Z [m]</b>	<b>poznámka</b>
<b>1000</b>	1 081 490,870	753 300,401	288,069	
<b>1001</b>	1 081 453,541	753 297,982	287,682	532
<b>1002</b>	1 081 455,083	753 272,821	287,373	
<b>1003</b>	1 081 456,771	753 247,920	287,503	
<b>1004</b>	1 081 457,789	753 223,023	287,627	551
<b>1005</b>	1 081 459,145	753 198,304	287,474	
<b>1006</b>	1 081 460,140	753 173,315	287,652	
<b>1007</b>	1 081 461,697	753 149,163	288,171	552
<b>1008</b>	1 081 483,116	753 150,311	287,839	
<b>1009</b>	1 081 502,912	753 151,774	287,914	
<b>1010</b>	1 081 476,895	753 224,667	286,601	
<b>1011</b>	1 081 494,644	753 225,684	287,918	554
<b>1014</b>	1 081 443,046	753 222,315	287,614	
<b>1015</b>	1 081 421,382	753 220,877	288,120	
<b>1016</b>	1 081 422,157	753 219,778	287,543	
<b>1019</b>	1 081 419,236	753 273,518	288,333	
<b>1020</b>	1 081 419,872	753 280,840	287,856	
<b>1021</b>	1 081 419,774	753 295,319	288,229	553
<b>1023</b>	1 081 378,551	753 293,269	288,350	

Pro transformaci mračna bodů naměřeného 19. 4. 2018 byly souřadnice převzaty z diplomové práce Bc. Lukáše Vaise [9] nebo to jsou již vypočtené body. Souřadnice jsou uvedeny v tab. 3.

Tabulka 3 Souřadnice identický bodů pro transformaci měření z 19. 4.

Číslo id. bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
6001	1 081 486,633	753 285,073	290,027
6005	1 081 505,025	753 281,618	300,706
6006	1 081 494,553	753 281,563	291,869
554	1 081 494,644	753 225,684	287,955
7534	1 081 501,296	753 281,931	308,572

### 3.4 Registrace

Registrace mračen byla rozdělena na dvě části. Nejprve byly spojeny a transformovány do S-JTSK a Bpv skeny naměřené skenerem Faro pomocí vazeb mezi identickými body. Mračna bodů získané skenerem Leica byly nejdříve spojeny pomocí vazeb mezi identickými body a následně transformovány do S-JTSK a Bpv pomocí bodů uvedených v tab. 3. Na závěr bylo toto mračno vloženo do prvního mračna a tím bylo vytvořeno jedno celistvé mračno.

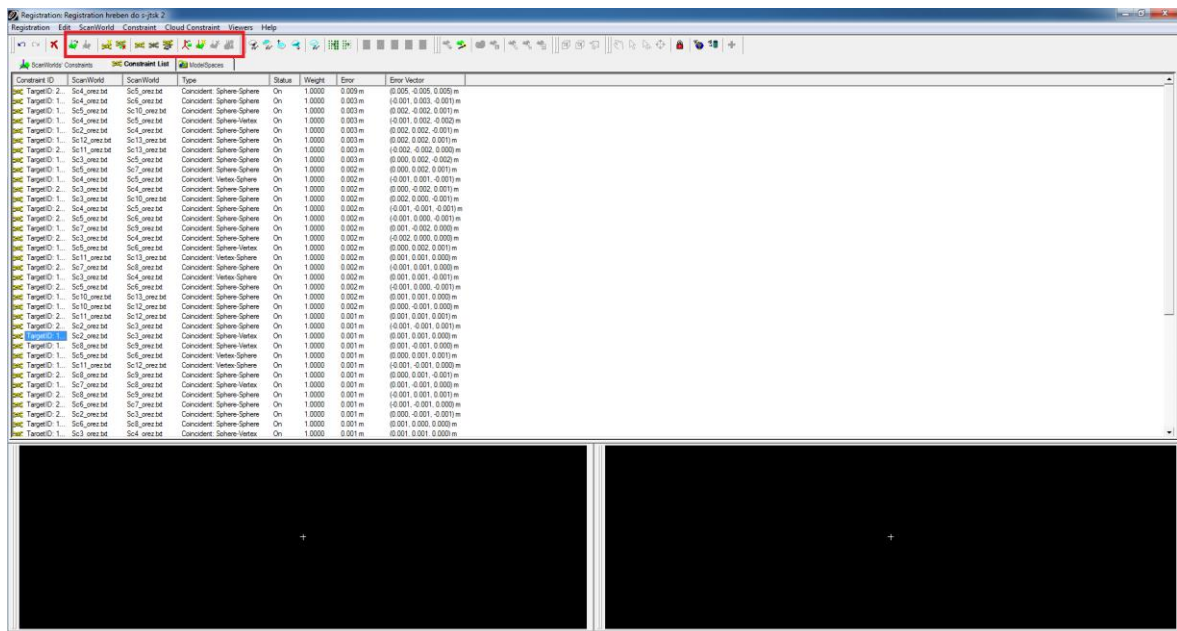
#### 3.4.1 Obecný postup registrace

Postup registrace v programu Cyclone je následující:

- V databázi, ve které jsou obsaženy skeny, je založena nová registrace pomocí *Create – Registration*. Po otevření se objeví okno, v kterém registrace probíhá.
- *Add ScanWorld* – nástroj pro přidání skenů do registrace. Pokud je v názvu v závorce *Leveled*, pak není sken při transformaci nakláněn a transformace je jednodušší.
- *Set Home ScanWorld* – touto funkcí je nastaven tzv. domácí sken, tedy ten, do jehož souřadnicové soustavy se ostatní skeny budou transformovat.
- *Auto-Add Constraint* – slouží k automatickému vyhledání vazeb mezi identickými body, pro správné fungování funkce musí být označené body správně očíslovány.
- *Register* – vypočítá registraci. Po výpočtu se v záložce *Constraint List* zobrazí celkové chyby a chyby v jednotlivých směrech.

- *Registration – Show Diagnostics* – zobrazí protokol o registraci s celkovou chybou a jsou zde uvedeny i jednotlivé vazby.
- *Registration – View Interim Results* – vytvoří náhled registrovaných skenů, kde je možné zkontrolovat registraci. Je zde možnost pro uložení protokolu.
- *Create ScanWorld/Freeze Registration* – uzamkne registraci a vytvoří jeden spojený sken. Před použitím je nutné na záložce *ModelSpaces* označit všechny skeny, které mají být ve výsledném mračnu.

Na použité funkce odkazují vyznačené ikony na obr. 19, nebo jsou k dispozici v roletových nabídkách.



Obrázek 19 Okno Cyclonu pro registraci

### 3.4.2 Postup registrace

Registrace byla pro přehlednost a zjednodušení rozdělena do dvou částí. V první části byly spojeny a transformovány skeny pořízené 7. 3. 2018. Jako domácí sken pro tuto registraci byl zvolen seznam souřadnic identických bodů v S-JTSK a Bpv. Při importu seznamu souřadnic bylo nutné zachovat matematickou orientaci os programu Cyclone a proto byly při importu souřadnice X a Y prohozeny a načteny s opačným znaménkem, souřadnice Z byla ponechána. Při výpočtu byl „Leveled“ jen seznam souřadnic identických bodů, jelikož ostatní skeny při této



volbě vykazovaly velkou chybu ve výšce (několik cm). Tato chyba byla pravděpodobně způsobena nízkou přesností kompenzátoru přístroje FARO Focus.

V druhé části bylo zvlášť provedeno spojení mračen bodů z měření 19. 4. Jako domácí sken byl použit první sken. Následně bylo celé mračno transformováno do S-JSTK a Bpv pomocí bodů uvedených v tab. 3. Poté bylo toto mračno nakopírováno do mračna vzniklého v první části a tím bylo vytvořeno jedno homogenní mračno celého zaměřovaného prostoru. V tab. 4. jsou uvedeny průměrné chyby dosažené při registraci. Protokoly o výpočtu registrací jsou přílohou této bakalářské práce.

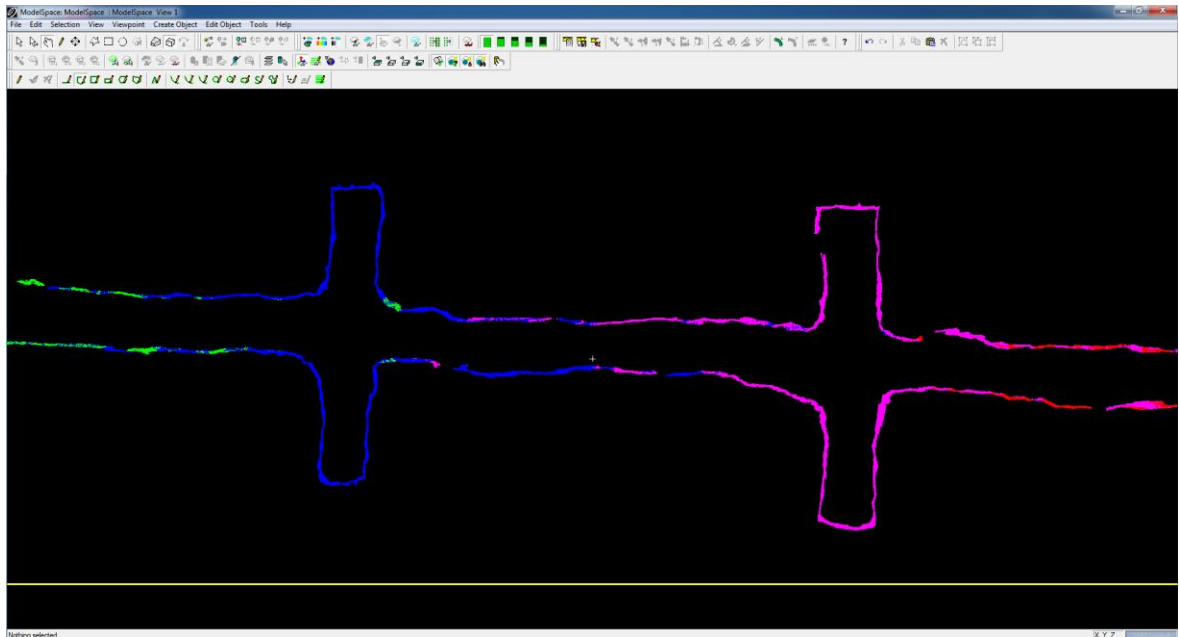
*Tabulka 4 Výsledky registrací*

<b>Registrace</b>	<b>Spojovaná mračna</b>	<b>Prům. absolutní chyba [m]</b>	<b>Max. abs. chyba [m]</b>
registrace_vse _do_SJTSK	souranice_vlc_CV, Sc0_orez – Sc23_otez	0,003	0,021
spojeni_hreben	Station-001 – Station- 012	0,002	0,004
registrace_hreben _do_SJTSK	souranice_vlc_ CV_katedrala, celek_hreben	0,003	0,006

### **3.4.3 Kontrola registrace**

Po provedení registrací byla provedena pohledová kontrola registrace pomocí vodorovného řezu a svislých řezů. Vodorovný řez byl veden v úrovni cca 1 m nad počvou<sup>2</sup> a byla jím kontrolována polohová návaznost (obr. 20). Vodorovné řezy byly vedeny mezi dvěma sousedními skeny a byla jimi kontrolována hlavně výšková návaznost (obr. 21). Pro jednoznačnost byly jednotlivé skeny obarveny různou barvou. Při kontrole nebyly nalezeny žádné výrazné chyby, které by narušovaly celistvost výsledného mračna bodů. Při výběrovém ručním měření vzdálenosti mezi body ze dvou různých skenů, dosahovaly největší rozdíly cca 10 mm a to především ve svislých řezech tj. ve výškové návaznosti.

<sup>2</sup> Počva – spodní část důlního díla, chodby



Obrázek 20 Kontrola vodorovným řezem



Obrázek 21 Kontrola svislým řezem

## 4 Důlní mapová dokumentace

K vyhotovení důlní mapové dokumentace bylo přistoupeno podle vyhlášky 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., vyhlášky č. 298/2005 Sb. a vyhlášky č. 382/2012 Sb., kterými se mění a doplňuje vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem* (dále jen vyhláška). Tato vyhláška upravuje vytváření, vedení, doplňování a uchovávání důlně měřické dokumentace pro právnické a fyzické osoby při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem ve smyslu zákona č. 61/1988 Sb., *o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění zákona č. 542/1991 Sb. a pro fyzické a právnické osoby, které pro tyto účely vykonávají projektové, výstavbové nebo jiné práce.*[3]

Za správnost a úplnost mapové dokumentace a její správné vedení odpovídá hlavní důlní měřič. Veškeré jím schválené dokumenty musejí být jím podepsány a obsahovat datum, ke kterému byly schváleny. Funkci hlavního důlního měřiče může vykonávat jen osoba s odborným vysokoškolským vzděláním s příslušnou dvouletou praxí podle § 3 odst. 1 vyhlášky a se složenou zkouškou z odborné způsobilosti před komisí Českého báňského úřadu (dále jen ČBÚ). [11]

Mapovou důlní dokumentaci tvoří podle § 10 odst. 3 vyhlášky:

- a) Náčrty,
- b) základní důlní mapa,
- c) profily a řezy,
- d) mapa povrchu,
- e) účelové důlní mapy.

V následující kapitole jsou popsány a citovány vybrané informace potřebné pro tvorbu mapy vyhotovované v této práci, kompletní znění lze nalézt v [3] i [11].

## 4.1 Základní důlní mapa

Základní důlní mapa je technickým a právním dokladem vyhotovovaný trvalým způsobem jako originál na základě údajů získaných vlastním měřením nebo převzatých. Za originál základní důlní mapy se též považuje digitální základní mapa nebo digitální model základní důlní mapy na paměťových médiích, kde tiskový výstup je obrazem základní důlní mapy. Podle § 14 odst. 3 vyhlášky se základní důlní mapou při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí a na povrchu rozumí především:

- 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 souřadnicovém systému S-JTSK. Základní důlní mapa se při činnosti v podzemí vyhotovuje pro horizonty (patra), sloje nebo

lávky mocných slojí, pro žíly nebo žilové uzly. Pro použití značek důlních map platí část pátá této vyhlášky a příloha č. 3 [3]. Pokud je potřeba použít značky, které ve vyhlášce nejsou, je jich možné užít bez schválení orgánů báňské služby, avšak je nutné je uvést v mimorámových údajích. Při použití těchto značek ve větších oblastech je vhodné tyto značky sjednotit [11].

#### **4.1.1 Obsah základní důlní mapy**

Podle § 17 vyhlášky se v základní důlní mapě 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, vyšrafováním předmětného listu a označením mapových listů, uvedených v kladu listů,
- d) vysvětlivky,
- e) o založení základní důlní mapy,
- f) o doplňování základní důlní mapy,
- g) o obnovení základní důlní mapy,
- h) těžený nerost,
- i) dobývací metoda, použitá 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) o nedělitelných součástech základní důlní mapy (průsvitky apod.).

V základní důlní mapě se zakreslují značkami podle páté části a přílohy č. 3

- a) čtvercová síť o rozměrech 100 mm x 100 mm, případně jiná souřadnicová síť,
- b) státní hranice a hranice katastrálních území,
- c) hranice chráněných ložiskových území, chráněných území a ochranných pásem podle zvláštních předpisů (např. vyhlášky ČBÚ 78/1988 Sb. a 172/1992 Sb.), 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,
- d) základní a podrobné důlní bodové pole,
- e) průzkumné vrty, štoly a šachtice,
- f) základní geologické údaje, plochy odpisů zásob ložiska,
- g) důlní a podzemní díla, související s činností podle § 1 s technologickými údaji,
- h) zařízení a objekty sloužící k bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu, větrání a hasičské ochraně,
- i) údaje o dřívější hornické činnosti a ostatní činnosti v podzemí,
- j) údaje o objektech a místech zvláštní důležitosti,
- k) úplná důlní situace v pásmu nejméně 100 m za hranicí dobývacího prostoru,
- l) linie profilů a řezů,
- m) vrty a sondy,
- n) správní, sociální a technologické objekty a zařízení,
- o) krasové a jiné dutiny přírodního charakteru,
- p) odkaliště, odvaly, výsypky, skládky, úložiště odpadů a rekultivované plochy a další důležité skutečnosti, které vzniknou při činnostech podle § 1 [3].

Pokud by znázorňování údajů uvedených v předchozím odstavci ztěžovalo čitelnost a přehlednost základní důlní mapy, vedou se tyto údaje na samostatné průsvitce se srážlivostí do jednoho promile v měřítku základní důlní mapy.

O vedení samostatné průsvitky k základní důlní mapě rozhoduje hlavní důlní měřič. V případě vedení dokumentace v digitální formě odpovídá hlavní důlní měřič za členění údajů z komplexní databáze digitální základní důlní mapy do jednotlivých vrstev grafického systému, obsah vrstev se uvede v přehledu vrstev a jejich obsahu. V případě změn a oprav v digitální základní důlní mapě hlavní důlní měřič zajistí, aby její původní stav byl dokladován, a rozhodne o způsobu dokladování [3].

## 4.2 Účelové důlní mapy

Zatímco základní důlní mapa je svým obsahem a charakterem právním dokladem a nedoporučuje se s ní běžně pracovat (např. projektování), tak účelové mapy jsou k práci s mapovou dokumentací určeny [11].

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 s podkladem digitální základní důlní mapy je obrazem digitální účelové důlní mapy.

Do účelových důlních map patří mapy, jejichž vedení je dáno

- a) zvláštními předpisy vyhlášky ČBÚ 22/1989 Sb., 26/1989 Sb.,
- 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, které nejsou výše uvedeny, se řídí směrnicí zpracovanou hlavním důlním měřičem a schválenou vedoucím pracovníkem organizace [3].

### **4.3 Nadstavba DULMAP**

Program DULMAP je aplikační nadstavba programu MicroStation od firmy HSI, která obsahuje nástroje pro modelování lomu s možností vytvářet důlní mapy dle příslušné legislativy. Slouží k vytváření a vedení datové základny geografického systému důlní lokality. Výhodou DULMAPu je, že správa zakázek, práce s výkresy a zajištění kresby určitých prvků do správných tematických výkresů a předdefinovaných vrstev. Program obsahuje většinu mapových značek a linií podle vyhlášky 435/1992 Sb. a podporuje vytváření map velkých měřítek podle normy ČSN 013411. Grafický program ukládá do 3D výkresových souborů a jsou provázány se samostatnými databázemi o pevných bodech, liniích, vrtech, jámách a dalších prvcích vedených v důlní dokumentaci. Program umožňuje i automatické zpracování kódovaného digitálního zápisníku měření včetně generování kresby a umístování mapových značek [12].

### **4.4 Kresba mapy**

Základní důlní mapy v digitální podobě s některými vrstvami účelových map byly vyhotoveny v nadstavbě DULMAP. Jak již bylo uvedeno, program pracuje s 3D výkresy, které jsou vytvářeny na podkladu naměřených bodů v zápisníku z měření totální stanicí. Jelikož data pro tvorbu základní důlní mapy byla v této práci získána metodou 3D laserového skenování, byla pro vyhotovení map v nadstavbě DULMAP vytvořena liniová kresba z mračna bodů v programu Cyclone.

Podle vyhlášky měřítko ZDM stanoví hlavní důlní měřič. Jelikož ale štola Josef hlavního měřiče nemá, bylo převzato měřítko 1 : 500 z prací vzniklých v předchozích letech.



#### 4.4.1 Liniové a bodové vyhodnocení mračna bodů

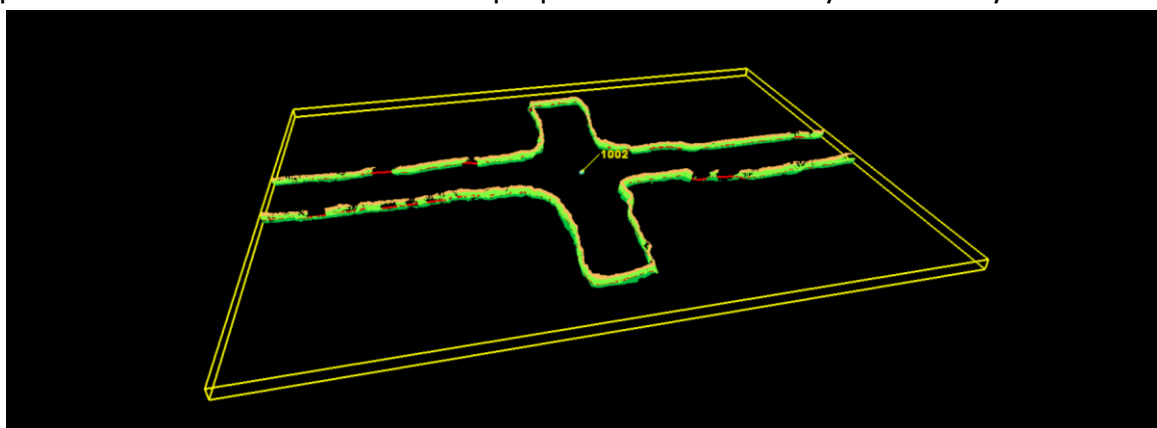
Bylo provedeno liniové a bodové vyhodnocení mračna bodů v programu Cyclone pomocí nástrojů kresby, které zde budou popsány.

Funkcí *Layers* byly nadefinovány vrstvy přibližně odpovídající vznikající ZDM. Do jednotlivých vrstev byly umísťovány vyhodnocované objekty pro snazší následné roztřídění v programu DULMAP.

Liniové objekty byly vyváženy funkcí z rolety *Create Object – From Pick Points – Create Polyline*. Bodové objekty byly vytvořeny funkcí *Create Vertex*.

Pro vyhodnocení půdorysu byl zvolen řez ve výšce + 1 m jako v [5], kde byla vytvářena ZDM z dat získaných stejným způsobem. Aby bylo možné určit body ležící v této rovině, bylo mračno bodů obarveno funkcí *Edit Color Map* nacházející se v roletě *Tools – Annotations*. Bylo zvoleno obarvení podle výšky, 5 barev, výška vrstvy 0,2 m, a jako počáteční výška byla zvolena výška 286 m, nad kterou se nachází počva zaměřované úrovně + 0 m. Na takto obarveném mračnu bylo provedeno liniové vyhodnocení, kde body tvořící řez jsou zobrazeny stejnou barvou jako počva ale o jeden rozsah výše. Na obr. 22 je červenou čarou vyhodnocen řez +1 m.

Při liniovém vyhodnocení byla vytvořena vrstva *přibližně*, ve které byly vodorovné řezy ležící mimo rovinu základního řezu z důvodu nemožnosti určit průběh v rovině základního řezu např. pro zahrnutí rozrážky nad tuto výšku.



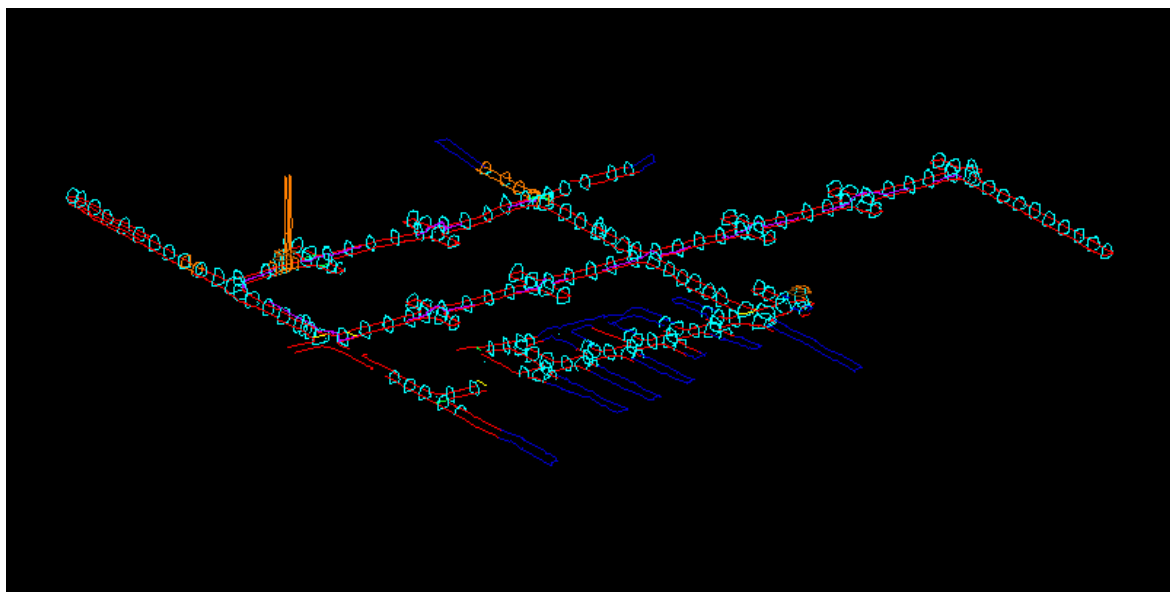
Obrázek 22 Liniové vyhodnocení ve vodorovném řezu

Svislé řezy byly vytvářeny pomocí funkce *View – Add/Edit Limit Boxes*, kdy byl nejprve nastaven pohled shora a poté vybrán úzký pruh mračna kolmý na osu chodby. Příčné profily byly voleny u křížení chodeb, v místech s výraznou změnou tvaru profilu nebo v pravidelném rozestupu cca 5 m.

Jako další liniové prvky byly vyhodnoceny dveře/vrata, pažení a vedení elektrické energie, které se jako jediné nachází v zaměřované části. Tyto prvky byly vyhledány podle náčrtu, který byl pro tento účel veden spolu se stanovisky a místy s identickými body.

Z bodových prvků byly vyhodnoceny pevné rozvaděče (elektrikářská krabice se zvýšeným krytím). Rovněž vyhledány podle náčrtu.

Takto vyhodnocené linie a body byly vyexportovány a uloženy jako výkres .dxf, který je možné otevřít programem MicroStation. Na obr. 23 jsou zobrazeny vyhodnocené linie a body.



Obrázek 23 Liniové a bodové vyhodnocení

#### 4.4.2 Kresba map v DULMAPu

V nadstavbě DULMAP byla vytvořena nová zakázka a v ní založeny tři nové výkresy: Důlní mapa.dgn, Inženýrské sítě.dgn a Hlubina.dgn. Program rozděluje kresbu mapových děl do výkresů podle nadefinovaných kategorií pro jednotlivé prvky.

Výkres vytvořený v Cyclonu s příponou .dxf (výměnný formát vytvořený pro AutoCAD, pro přenos dat mezi různými programy) byl otevřen v programu MicroStation a převeden na výkres s příponou .dgn, který je výchozím typem souboru programu MicroStation a lze v něm provádět úpravy. Tento výkres byl importován do zakázky v DULMAPu. Bylo provedeno rozdělení kresby do příslušných výkresů a předdefinovaných vrstev, nebo vrstev nově vytvořených. Seznam vrstev a prvků v nich obsažených je v tab. 5. Byly spojeny neuzavřené křivky a vytvořena plocha řezu mezi hranami půdorysného řezu. Výkresy byly doplněny o bodové značky včetně bodů bodového pole použitých v této práci.

Tabulka 5 Seznam použitých výkresů a vrstev

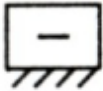

Výkres	Vrstva	Prvky
Důlní mapa.dgn	Body podrobné důlní (DULMAP)	body bodového a výškového pole
	Dveře a vstupní vrata	dveře, vrata
	Hrany řezů +1m	hrana řezu +1m nad počvou
	Hrany řezů +1m výplň	plocha řezu +1m nad počvou
	Hrany řezů – digitalizace (DULMAP)	hrany svislých řezů
	Hrany řezů přibližně	přibližná hrana vodorov. řezu
	Hrany řezů Špaček	převzaté hrany řezu +1m
	Mříže zábradlí	mříže, zátarasy
	Objekty a místa zvl_vyzn_ (DULMAP)	ochranné výdřevy
Inženýrské sítě.dgn	Výztuže	výztuže, pažení
	Elektrické vedení (DULMAP)	elektrické vedení
Hlubina.dgn	Objekty a místa zvl_vyzn_ (DULMAP)	rozvaděče
	Hlubina (DULMAP)	šibíky

Pro doplnění kresby byla přejata část řezů od Bc. Filipa Špačka v oblasti katedrály a šibíku s přístupovým schodištěm do dalších pater.

#### 4.4.3 Značky v důlní mapě

Značky použité při tvorbě důlních map se řídí podle páté části vyhlášky a jejich tvar a velikost jsou uvedeny v její příloze č. 3. Nadstavba DULMAP, která se řídí vyhláškou, neobsahuje všechny značky ve vyhlášce definované. Při tvorbě byla zjištěna absence značky pro rozvaděč pevný. Jelikož tento problém byl už řešen v předchozích pracích, byla převzata knihovna buněk *knihovna\_bunek2.cel* od Gertrúdy Paštěkové [13]. Dále byly z této knihovny převzaty buňky, které nejsou ve vyhlášce definované a to konkrétně buňka pro dveře (tab. 6)

Tabulka 6 Použité značky z knihovny *knihovna\_bunek2.cel* [13]

Číslo	Předmět	Značka	Poznámka
08.1.17	Rozvaděč pevný		
	Vrata (dveře)		Označení na každé straně dveří (barva dle materiálu)

Značky v důlních mapách se obarvují podle materiálu. Vyhláška stanovuje tabulku barev pro jednotlivé materiály (tab. 7). Při vytváření map byla tato tabulka použita.

Tabulka 7 Barevné vyznačení materiálů [11]

Druh materiálu	Barva	Označení Technicolor
dřevo	žlutá	T3 – žluť chromová
cihlové zdivo, plynosilikátové tvárnice	červená	T5 – rumělka červená
betonové tvárnice, beton	zelená	T15 – zeleň májová
železo	modrá	T12 – modř pruská
sádra	modrá	T10 – modř světlá
popílek, jíl	žlutá	T2 – žluť zinková
voda	zelená	T12 – modř pruská
plyn	žlutá	T3 – žluť chromová
vzduch (užitkový)	zelená	T29 – zeleň světlá

Vyhláška stanovuje také barevné podkládání chodeb založených v příslušné úrovni lávky, aby bylo možné jednotlivé patra (lávky) rozlišit. Tyto barvy uvádí následující tab. 8. Jelikož se zaměřované území nachází na nejnižší úrovni, byla mu přiřazena barva č. 7 [11].

*Tabulka 8 Přehled barev podle lávek*

<b>Lávka (patro)</b>	<b>Barva</b>
1.	zelená
2.	modrá
3.	červená
4.	fialová
5.	oranžová
6.	šedá
7.	siena pálená

#### **4.4.4 Tvorba výstupů**

Nadstavba DULMAP obsahuje funkce pro tvorbu výstupů. Tyto funkce generují automaticky mapový list (dále jen ML), kde klad listů v základním nastavení navazuje na dělení map v S-JTSK v daném měřítku. Použitím funkce pro výstup důlní mapy je vytvořen nový 3D výkres obsahující vrstvy, které jsou při vytváření výstupu zobrazeny, včetně vrstev z výkresů zobrazených referenčně. Během vytváření výstupu je zobrazen dialog, ve kterém je možné vyplnit popis mapy, který je následně vložen do mimorámových údajů. Byly doplněny vysvětlivky v mimorámových údajích.

Jelikož zaměřované území leží na dvou ML, byly vytvořeny dva výstupy: Krásná Hora 1-0/414 a Krásná Hora 1-0/432. Vytvořené výstupy odpovídají ZDM a jsou doplněny o některé vrstvy účelových map. V tab. 9 je uveden seznam vrstev se zařazením do jednotlivých účelových map. Díky digitálně vedené dokumentaci mohou být tyto vrstvy libovolně vypínány a zapínány a tím vytvářeny různé typy výstupů.

Tabulka 9 Přehled vrstev vytvořených výstupů podle typu důlní mapy

Výkres	Vrstva
Základní důlní mapa	Body základní důlní
	Hrany řezů +1m
	Hrany řezů +1m výplň
	Hrany řezů – digitalizace
	Hrany řezů přibližně
	Hrany řezů Špaček
	Objekty a místa zvl_vyzn_
	Hlubina
	Elektrické vedení
Provozní důlní mapa	Body podrobné důlní
	Dveře a vstupní vrata
Mapa zdolávání havárií	Výztuže

Pro vyhotovení tištěné podoby důlní mapy byl vytvořen nový ML v obecné poloze tak, aby zobrazoval celé zaměřované území. Do mimorámových údajů byla umístěna přehledka s kladem mapových listů a doplněny vysvětlivky. Zvoleným typem důlní mapy je základní důlní mapa doplněná o vrstvy účelových důlních map podle tab. 9. Jelikož v 3D výkresu nelze nastavovat prioritu zobrazení a některé prvky by byly překryty jinými, byl tento výkres exportován do 2D pomocí funkce *Soubor – Export – 2D*. Byly nastaveny priority zobrazení, zvláště pak pro plochu řezu, která překrývala část prvků. Takto vyhotovená mapy byla vytisknuta na papír formátu A1 (dle ISO 216).

## 5 Výsledky

Výsledkem této práce jsou 3D výkresy základní důlní mapy doplněné o vrstvy účelových důlních map. Při vytváření výstupů byla mapa rozdělena sekční čarou mapového listu na dva výkresy. Byly vytvořeny dva výkresy: ZDM\_Krásná\_Hora\_1-0\_312.dgn a ZDM\_Krásná\_Hora\_1-0\_414.dgn, které odpovídají mapovým listům 1 : 500 v kladu map vytvářených v systému S-JTSK. Tyto výkresy jsou přiloženy na DVD. Pro tiskový výstup byl zvolen posunutý mapový list tak, aby na něm bylo celé mapované území. Mapový list v měřítku 1 : 500 na papíru formátu A1 je přílohou této bakalářské práce.

Přiložené DVD dále obsahuje text této bakalářské práce v digitální podobě, databázi Cyclonu obsahující kompletní mračno bodů a dílčí mračna. Dalšími přílohami na DVD jsou protokoly o registraci mračen, protokoly s výpočty souřadnic bodů polohového bodového pole a zakázka DULMAPu včetně použitých knihoven buněk. Na závěr jsou přiloženy PDF soubory s vytisknutou ZDM, která je přiložena v tištěné podobě, a ilustrační výtisky mapových listů.

Vytvořená mapa se překrývá s mapou Bc. Filipa Špačka. Při sjednocování map bude nutné určit hrany napojení těchto dvou částí tak, aby nedošlo k jejich překrytí. Vzhledem k tomu, že v této části nedošlo k tak podrobnému vyhodnocení, doporučoval bych použít mapu Bc. Špačka.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zmapovat nově zpřístupněné části štoly Josef v oblasti Čelina – východ. K mapování byla použita metoda 3D laserového skenování skenery FARO Focus X330 a Leica ScanStation P40. Získaná mračna bodů byla registrována do jednoho celkového mračna bodů. Mapová dokumentace byla vytvořena z liniového vyhodnocení mračna bodů v nadstavbě DULMAP, která byla pro účely této práce zapůjčena firmou HSI, spol. s r.o.

Při skenování vzniklo celkem 37 skenů, které prošly základní úpravou, především ořezáním a zředěním, byly registrovány do S-JTSK a Bpv ve třech krocích s průměrnou směrodatnou odchylkou 3 mm. Výsledné mračno bodů bylo kontrolováno pomocí tenkých vodorovných a svislých řezů.

Ve štole Josef vzniklo již několik prací vytvářejících části základní důlní mapy. Pro zachování formátu a možnosti spojení těchto map byl i v této práci využit program MicroStation s nadstavbou DULMAP pro tvorbu důlních map. Některé z prací vznikly z měření klasickými geodetickými metodami, měřením totální stanicí, ale vznikla zde i jedna práce s využitím 3D laserového skenování. Tato metoda se zdá být vhodná pro tento typ práce, jelikož s ní lze postihnout i značnou nepravidelnost v nevystrojených chodbách štoly, kterou by bylo obtížné nebo velmi časově náročné zachytit při měření totální stanicí.

Základní důlní mapa vznikla podle vyhlášky Českého báňského úřadu č. 435/1992 Sb. ve znění pozdějších předpisů v platném znění. Nadstavba DULMAP přímo podporuje kresbu podle této vyhlášky a obsahuje většinu symbolů vyhláškou definovaných. Symboly, které v nadstavbě nebyly obsaženy, byly převzaty od Gertrúdy Paštékové pro zachování jednotného zobrazení. Aby bylo možné otevřít výkresy bez použití nadstavby DULMAP jsou všechny potřebné knihovny přiloženy na DVD.



## Zdroje

- [1] *Centrum experimentální Geotechniky* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: <https://ceg.fsv.cvut.cz/>
- [2] ŠTRONER, Martin. *3D skenovací systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3.
- [3] Vyhláška 435/1992 sb., Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem v platném znění
- [4] KOLÁŘ Vilém, *Doplnění základního důlního bodového pole ve štole Josef*. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Jiřikovský, Ph.D.
- [5] 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.
- [6] *Leica StanStation P40 / P30* [online]. [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p40--p30>
- [7] *FARO Laser Scanner Focus3D X330: User Guide*. ©FARO Technologies Inc., 2015.
- [8] Iterative closest point. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Iterative\\_closest\\_point](https://en.wikipedia.org/wiki/Iterative_closest_point)
- [9] VAIS, Lukáš. *Polohové zaměření a připojení základního bodového pole štoly Josef v oblasti Čelina- východ*. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Tomáš Jiřikovský, Ph.D.

- [10] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni>
- [11] Vyhláška 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. In: Brno: MONTANEX a.s., 1997
- [12] *HSI, spol. s r.o.* [online]. Praha, 2018 [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: <https://unicorn.com/cz/hsi>
- [13] PAŠTÉKOVÁ, Gertrúda. *Základní důlní mapa Podzemní laboratoře Josef*. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Michal Seidl, Ph.D.
- [14] *Bentley: MicroStation* [online]. 2018 [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: <https://www.bentley.com/cs/products/brands/microstation>
- [15] *Groma - geodetický software* [online]. 2018 [cit. 2018-05-26]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/cz/>

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: POLOHA ŠTOLY JOSEF [10] .....	9
OBRÁZEK 2: VSTUPNÍ PORTÁLY ŠTOLY JOSEF (SOUČASNÝ STAV) .....	11
OBRÁZEK 3: SCHÉMA ŠTOLY JOSEF S VYZNAČENÝM ZÁJMOVÝM ÚZEMÍM .....	13
OBRÁZEK 4: ETAPY MĚŘENÍ, PODKLAD [5] .....	14
OBRÁZEK 5: LEICA SCANSTATION P40 [6] .....	17
OBRÁZEK 6: FARO FOCUS X330 [7] .....	18
OBRÁZEK 7: KULOVÝ TERČ 145 MM .....	19
OBRÁZEK 8: KULOVÝ TERČ 200 MM NA STATIVU .....	19
OBRÁZEK 9: NASTAVENÍ ROZLIŠENÍ A KVALITY [7] .....	21
OBRÁZEK 10: NASTAVENÍ SENZORŮ [7].....	21
OBRÁZEK 11: PARAMETRY SKENU PRO RŮZNÁ NASTAVENÍ [7].....	21
OBRÁZEK 12: SCHÉMA STANOVISEK ZE SKENOVÁNÍ 7. 3. 2018.....	22
OBRÁZEK 13: RŮZNÉ TYPY PLOCHÝCH TERČŮ .....	25
OBRÁZEK 14: STRUKTURA DATABÁZE V CYCLONE .....	27
OBRÁZEK 15: NASTAVENÍ PEVNÉHO PRŮMĚRU IDENTICKÉHO TERČE .....	27
OBRÁZEK 16: INFORMACE O VKLÁDANÉM OBJEKTU.....	28
OBRÁZEK 17: MRAČNO BODŮ PŘED IDENTIFIKACÍ IDENTICKÝCH BODŮ .....	29
OBRÁZEK 18: MRAČNO BODŮ PO IDENTIFIKACI IDENTICKÝCH BODŮ .....	29
OBRÁZEK 19: OKNO CYCLONU PRO REGISTRACI .....	32
OBRÁZEK 20: KONTROLA VODOROVNÝM ŘEZEM .....	34
OBRÁZEK 21: KONTROLA SVISLÝM ŘEZEM .....	34
OBRÁZEK 22: LINOVÉ VYHODNOCENÍ VE VODOROVNÉM ŘEZU .....	41
OBRÁZEK 23: LINOVÉ A BODOVÉ VYHODNOCENÍ.....	42

## Seznam tabulek

TABULKA 1: SOUŘADNICE NOVÝCH BODŮ POUŽITÝCH VE VÝPOČTECH .....	29
TABULKA 2: SOUŘADNICE IDENTICKÝCH BODŮ (VÝŠKY HORIZONTU PŘÍSTROJE).....	30
TABULKA 3: SOUŘADNICE IDENTICKÝ BODŮ PRO TRANSFORMACI MĚŘENÍ Z 19. 4.....	31
TABULKA 4: VÝSLEDKY REGISTRACÍ .....	33
TABULKA 5: SEZNAM POUŽITÝCH VÝKRESŮ A VRSTEV .....	43
TABULKA 6: POUŽITÉ ZNAČKY Z KNIHOVNY KNIHOVNA_BUNEK2.CEL [13] .....	44
TABULKA 7: BAREVNÉ VYZNAČENÍ MATERIÁLŮ [11] .....	44
TABULKA 8: PŘEHLED BAREV PODLE LÁVEK .....	45
TABULKA 9: PŘEHLED VRSTEV VYTVOŘENÝCH VÝSTUPŮ PODLE TYPY DŮLNÍ MAPY.....	46

## Seznam příloh

P1) Náčrt ze skenování dne 7. 3. 2018

P2) Náčrt ze skenování dne 19. 4. 2018

P3) Seznam souřadnic a výšek bodů bodového pole

P4) Souřadnice bodů použitých pro transformaci mračna z měření 19. 4. 2018

P5) DVD s digitálními přílohami

P6) Vytisknutý mapový list ZDM

### Elektronické přílohy na DVD

1) obsahDVD.txt

2) Text bakalářské práce

3) Protokoly z výpočtu souřadnic

4) Protokoly z registrací

5) Výkresy PDF

6) Výkresy dgn

a. Knihovny buněk

b. Knihovny čar

c. 3D výkresy ZDM

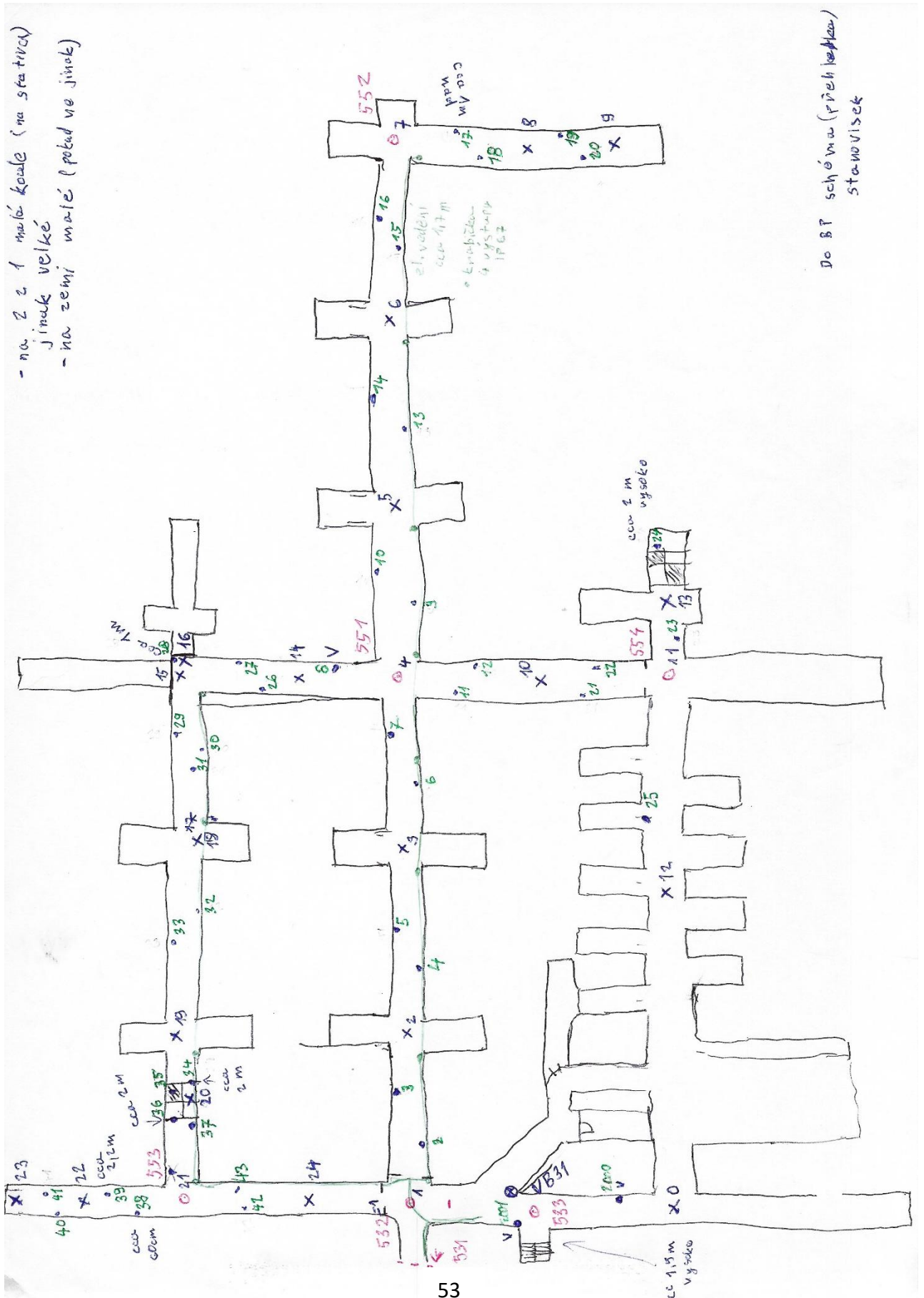
d. Zakázka DULMAPu

7) Databáze Cyclonu

8) Neupravené skeny z FARO Focus + mračno bodů ze skenování 19. 4. 2018

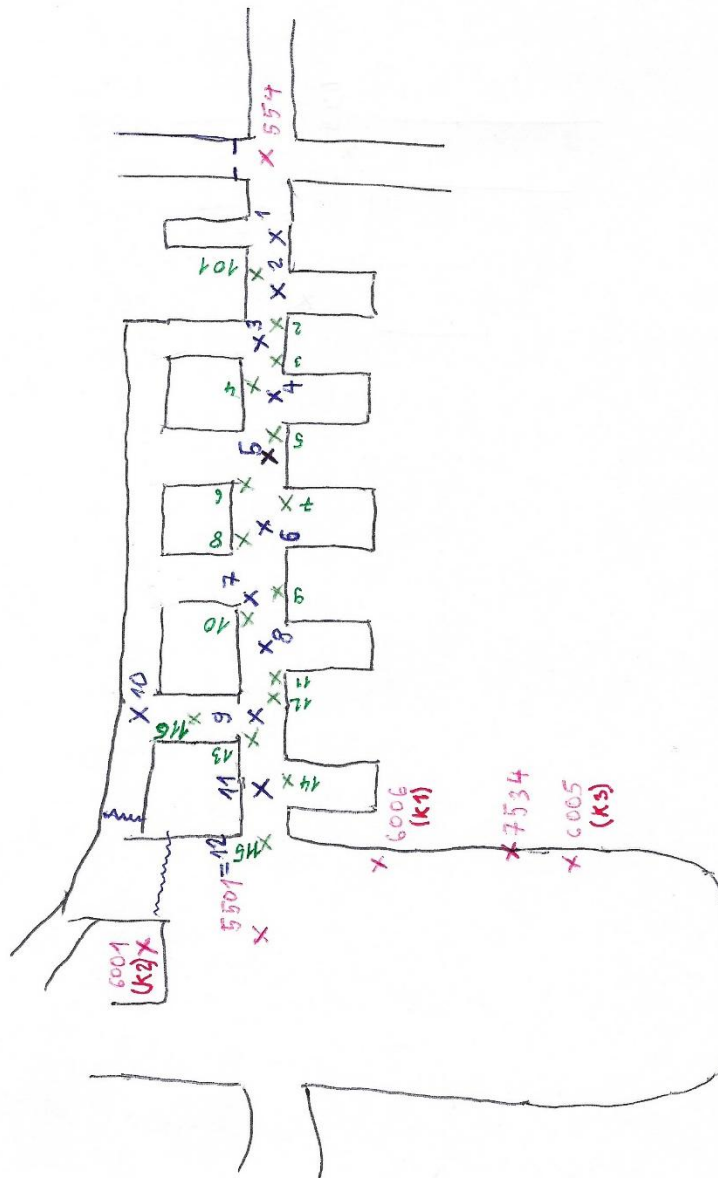
# Přílohy

Příloha P1 – Náčrt ze skenování dne 7. 3. 2018



Do BT schéma (přehledně)  
stanovisek

Příloha P2 – Náčrt ze skenování dne 19. 4. 2018



Příloha P3 – Seznam souřadnic a výšek bodů bodového pole (S-JTSK, Bpv)

Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]	Poznámka
<b>531</b>	1 081 452,139	753 347,851	288,617	Patro +0 m (stropní stabilizace)
<b>532</b>	1 081 453,541	753 297,982	289,150	
<b>533</b>	1 081 471,901	753 299,022		
<b>551</b>	1 081 457,789	753 223,023	289,346	
<b>552</b>	1 081 461,697	753 149,163	289,506	
<b>553</b>	1 081 419,774	753 295,319	289,589	
<b>554</b>	1 081 494,644	753 225,684	289,288	
<b>7534</b>	1 081 501,296	753 281,931	308,572	Patro +20 m (trn ve stěně)
<b>6001</b>	1 081 486,633	753 285,073	290,027	Katedrála (trn ve stěně)
<b>6005</b>	1 081 505,025	753 281,618	300,706	
<b>6006</b>	1 081 494,553	753 281,563	291,869	

Příloha P4 – Souřadnice bodů použitých pro transformaci mračna z měření 19. 4. 2018  
(souřadnice v soustavě skenu)

Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
<b>554</b>	3,275	-5,953	1,088
<b>6001</b>	-18,642	49,817	1,820
<b>6005</b>	-33,027	37,844	12,497
<b>6006</b>	-23,851	42,894	3,663
<b>7534</b>	-29,923	39,935	20,366

Příloha P5 – DVD s digitálními přílohami

Příloha P6 – výkres ZDM

ZDM Krásná Hora 1-0/423,414,441,432