

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE



Diplomová práce

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

Measurement and creation of map documentation of the
Mokrsko Západ area of the Josef Mine

Bc. Peter Petrilla

Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Petrilla Jméno: Peter Osobní číslo: 439238
Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zaměření a vytvoření důlní mapové dokumentace oblasti Mokrsko Západ ve štolě Josef

Název diplomové práce anglicky: Measurement and Creation of Map Documentation of the Mokrsko Západ Area of the Josef Mine

Pokyny pro vypracování:

Zaměření oblasti podzemí Mokrsko Západ a oblasti větracího komínu páteřní štoly 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 diplomové práce: Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 15.2.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 16.5.2021

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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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)

Prehlásenie

Týmto prehlasujem, že celú diplomovú prácu som spracovával samostatne a len s použitím uvedených zdrojov v zozname bibliografie.

V Prahe dňa

Podpis

Pod'akovanie

Chcel by som sa touto cestou pod'akoval pánu Ing. Tomášovi Křemenovi, Ph.D. za poskytnuté vybavenie a za jeho pomoc pri spracovaní diplomovej práce. Rovnako sa chcem pod'akovať pánu Ing. Tomášovi Jiříkovskému, Ph.D. za pomoc pri meraní v teréne a firme HSI, spol. s r.o. za poskytnutie ich softvéru. Na záver sa chcem pod'akovať svojej rodine za podporu počas celého štúdia na vysokej škole.

Abstrakt

Táto diplomová práca sa zaoberá mapovaním a vytvorením banskej mapovej dokumentácie štôlne Josef v oblasti Mokrsko Západ. Na začiatku bolo nutné urobiť zameranie oblasti pomocou laserového skeneru – Leica ScanStation P40. Výstupom z merania bolo mračno bodov, ktoré sa spracovalo v softvéri Leica Cyclone. Výsledné mapové diela štôlne boli vytvorené v softvéri MicroStation s nadstavbou DULMAP.

Kľúčové slová

štôlna Josef, Mokrsko Západ, laserové skenovanie, mračno bodov, 3D model, Leica Cyclone, Microstation, DULMAP

Abstract

This diploma thesis deals with the mapping and creation of mining map documentation of the Josef mine in the Mokrsko Západ area. Initially, it was necessary to measure the area using a laser scanner – Leica ScanStation P40. The output of the measurement was a point cloud, which was processed in Leica Cyclone software. The resulting map works of the mine were created in MicroStation software with the DULMAP extension.

Keywords

Josef mine, Mokrsko Západ, laser scanning, point cloud, 3D model, Leica Cyclone, Microstation, DULMAP

Obsah

1 Úvod	8
2 Štôľňa Josef	9
2.1 História ťažby zlata v revíri Psí hory	10
2.1.1 Revír Psí hory v 20. storočí	11
2.2 Lokalita	12
2.3 Popis rozdelenia štôľne	13
2.4 Mokrsko Západ	14
2.4.1 Mapa projektov v podzemných priestoroch	15
3 Technológia 3D laserového skenovania	16
3.1 Princíp 3D laserového skenovania	17
3.2 Priestorová polárna metóda	18
3.3 Princíp určenia vzdialenosti	19
3.4 Technické parametre polárnych skenovacích systémov	20
4 Merania v teréne	21
4.1 Mapa merania v podzemných priestoroch	23
4.2 Použitý skenovací prístroj	25
4.3 Gul'ové a čiernobiele terče	26
5 Použitý softvér	28
5.1 Leica Cyclone	28
5.2 Microstation V8i	29
5.3 DULMAP 19	29
6 Postup spracovania dát v softvéri Leica Cyclone	30
6.1 Import nameraných dát	30
6.2 Odstránenie nežiadúcich bodov	31
6.3 Vytvorenie vlíčovacích bodov	32
6.4 Registrácia	33
6.5 Vektorizácia mračna bodov	36
7 Vytvorenie banskej mapovej dokumentácie	39
7.1 Spracovanie vektorovej kresby v softvéri DULMAP	39
7.2 Banské predpisy	42
7.3 Značenie v bankých mapách	45
7.4 Účelová banská mapa	46

Záver	47
Bibliografia	48
Použité obrázky	50
Použité tabuľky	51
Prílohy	52

1 Úvod

Táto diplomová práca sa zaoberá mapovaním štôlne Josef v oblasti Mokrsko Západ. Jej hlavným cieľom je zameranie podzemného objektu metódou 3D laserového skenovania, následné spracovanie získaných dát a vyhotovenie príslušnej banskej mapovej dokumentácie.

Štôlna Josef je externé pracovisko Fakulty Stavební na ČVUT v Praze, ktoré slúži k praktickému vzdelávaniu študentov a k realizácii výskumných projektov, ktoré sú zamerané hlavne na budovanie podzemného úložiska rádioaktívnych odpadov. Celý areál štôlne sa skladá z Podzemného laboratória Josef a Regionálneho podzemného výskumného centra URC Josef. Podzemné laboratórium Josef je rozdelené na oblasti Čelina a Mokrsko podľa dedín, pod ktorými sa štôlna nachádza. Objektom mapovania bola vybraná oblasť Mokrska Západ práve z dôvodu, že v tejto oblasti ešte neprebiehala žiadne meranie metódou 3D laserového skenovania.

Meranie podzemných priestorov pomocou tejto metódy prináša veľa výhod oproti klasickým geodetickým metódam. Proces merania je plne automatický a v relatívne krátkom čase je možné získať komplexné zameranie aj veľmi členitých objektov. Pre následné spracovanie dát a vyhotovenie banskej mapovej dokumentácie je nutné použiť špecializovaný softvér. K tomuto účelu sa použije softvér DULMAP, ktorý slúži pre vytváranie banských máp v súlade s vyhláškou č. 435/1992 Sb.

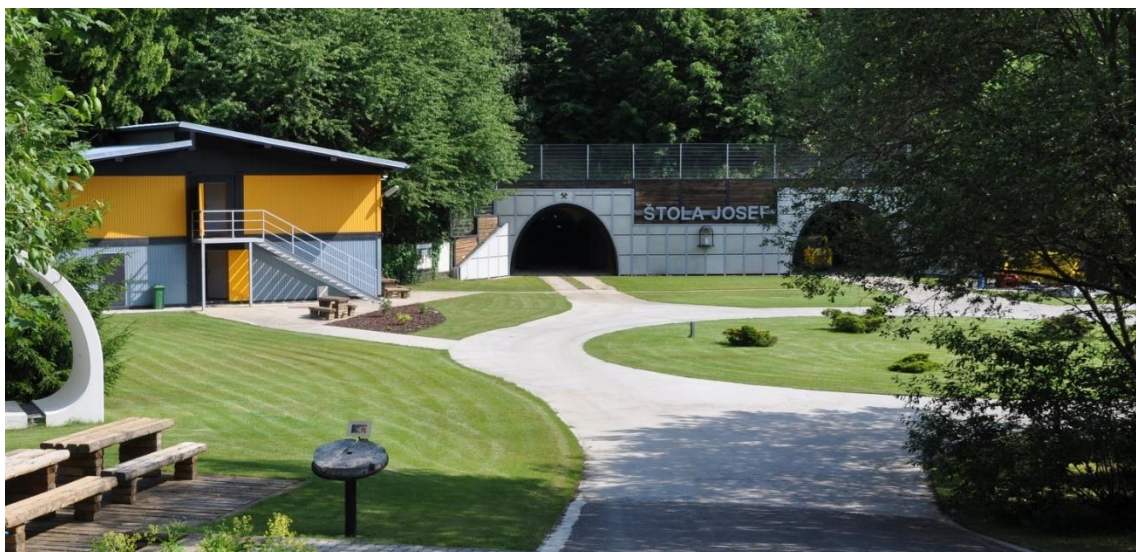
Vo výslednej mapovej dokumentácii sa musí zachovať jednotný spôsob značenia prvkov ako v existujúcich mapách štôlne. V tomto smere bude táto práca nadväzovať na diplomovú prácu Ing. Ladislava Ritschela z roku 2020, v ktorej sa nachádza celá mapová dokumentácia v oblasti Čelina.

Celá diplomová práca je rozdelená do siedmych kapitol. Úvodná kapitola sa venuje popisu a histórii štôlne Josef. Takisto je v nej spomenutá lokalita a využitie tohto podzemného pracoviska v súčasnosti. Ďalej sa v práci nachádza princíp merania štôlne, technológie a popis prístroja, ktorým boli získavané dáta. V ďalšej kapitole je zase uvedený popis použitých softvérov a postup spracovania dát. Záver práce je venovaný popisu mapových diel, ktoré sú výsledkom tejto diplomovej práce.

2 Štôlna Josef

Štôlna Josef je historické banské dielo, ktoré bolo vybudované v rokoch 1981 až 1991 za účelom geologického prieskumu zlatonosných ložísk v revíri Psí hory. V súčasnosti je štôlna Josef pod správou Centra experimentálnej geotechniky (CEG), ktoré je výskumným pracoviskom Fakulty Stavební univerzity ČVUT v Praze.

Na začiatku 80. rokov 20. storočia začal prebiehať podrobný geologický prieskum v revíri Psí hory, ktorého cieľom bolo zhodnotenie zásob zlata v podzemných ložiskách. V rámci prieskumu bolo vyhlbených množstvo geologických vrtov a taktiež bola vybudovaná nová štôlna Josef. Celkové zásoby v oblasti boli odhadnuté na 130 ton zlata, čo je viac než sa vyťažilo na celom území Českej republiky v priebehu celej histórie dobývania zlata. Napriek tomu nikdy nedošlo k priemyselnej ťažbe z dôvodu obáv, že by ťažba mohla mať zničujúci vplyv na životné prostredie. Po skončení geologického prieskumu bola štôlna na niekoľko rokov uzatvorená. K obnoveniu činnosti došlo až v roku 2007 otvorením Podzemného laboratória Josef v priestoroch štôlne, ktoré v súčasnosti slúži k praktickej výuke študentov a k realizácii výskumných projektov. Následne v roku 2011 bolo otvorené Regionálne podzemné výskumné centrum URC Josef na mieste bývalej ťažbovej budovy v povrchovom areáli štôlne, ktorá bola dlhodobo nevyužívaná. URC Josef je vedecko-technický park, ktorý slúži ako zázemie pre prácu a výskum v podzemných priestoroch. Jeho hlavným cieľom je technologický vývoj, ktorý sa hlavne zameriava na podzemné stavby. V súčasnosti je štôlna Josef otvorená nielen pre zamestnancov výskumného centra, ale aj pre laickú verejnosť. [1]



Obr. 1 Pohľad na areál štôlne Josef [2]

2.1 História ťažby zlata v revíri Psí hory

Zlatonosný revír Psí hory sa nachádza v blízkosti banského mesta Nový Knín. V jeho okolí sa nachádzajú ešte ďalšie tri revíry, kde sa v minulosti ťažilo zlato: novoknínský, kozohorský a libčický revír. Najdôležitejším zo všetkých spomenutých revírov bol práve libčický, kde sa zlato ťažilo s prestávkami od stredoveku až do prvej polovice 20. storočia. Oblasť Psí hory je ako jediná z historických zlatonosných oblastí Nového Knína, ktorá je situovaná v horninách jílovského pásma pomenovaného podľa mesta Jílové u Prahy. Práve zlato dobývané v okolí mesta Jílové zohralo významnú úlohu v českej histórii. Slúžilo ako hlavná surovina pre razenie luxemburských dukátov, ktoré zaviedol v roku 1325 ako prvý panovník v strednej Európe Ján Luxemburský. Ťažba v tejto oblasti prebiehala v rôznych intenzitách aj v neskorších obdobiach. K jej zrejme definitívnemu ukončeniu došlo až v roku 1968.

Písomných záznamov o histórii dobývania zlata v revíri Psí hory existuje len veľmi málo. Napriek tomu sa na mnohých miestach v revíri dochovali pozostatky banskej činnosti. Niektoré z nich sú dodnes viditeľné priamo v teréne.

Ťažba zlata na českom území zaznamenala prvý veľký rozkvet až v keltskom období, hlavne v 2. a 1. storočí pred Kristom. Kelti drvivú väčšinu svojho zlata získavali z ryžovísk. Po odchode Keltov zostali miestne ložiská dlho nevyužitú. Hlavný rozvoj ťažby zlata v revíri Psí hory priniesol až stredovek. Na prelome 13. a 14. storočia sa prvýkrát začalo s dolovaním. Najväčší rozmach dosiahla ťažba v priebehu 14. storočia. V tej dobe sa zlato dobývalo z kremenných žíl na mnohých miestach revíru pomocou štôlní a šacht. Podzemné diela dosahovali priemernej hĺbky okolo 20 metrov, najväčšia dosiahnutá hĺbka bola 60 metrov pod povrchom. V blízkosti najväčšej šachty existovala aj kováčska vyhňa na výrobu banického náradia a na Čelinskom potoku bolo v prevádzke niekoľko mlynov na drvenie rudy. Stredovekí baníci používali pri svojej práci veľmi jednoduché vybavenie. V baniach si svietili hlinenými kahanmi, ktoré boli naplnené lojom. Rudu ťažili železnými kladivkami, ktoré sa veľmi rýchlo opotrebovávali. Jeden baník ich za jednu zmenu spotreboval viac než dvadsať. Vytáženú rudu prepravovali do rudných mlynov, kde sa drvila a mlela. Zlato sa potom z rozomletej rudy oddeľovalo amalgamáciou.

Obdobie najväčšieho rozkvetu ťažby skončilo na prelome 14. a 15. storočia. Príčinou úpadku boli rastúce prevádzkové náklady, vyčerpanie prístupnejších častí zlatonosných kremenných žíl, technické problémy pri dolovaní vo väčších hĺbkach a tiež búrlivá politická situácia v zemi. Dobývanie zlata tak bolo na niekoľko desaťročí prerušené. K obnove baní došlo na prelome 15. a 16. storočia. Druhá etapa ťažby zlata však trvala len krátko a nebola zďaleka taká významná. K jej úplnému ukončeniu došlo približne v polovici 16. storočia. [1]

2.1.1 Revír Psí hory v 20. storočí

Zlatonosný revír Psí hory zostal nevyužitý a neskúmaný od 16. storočia takmer až do konce 20. storočia. V rokoch 1977 až 1980 v tejto oblasti prebehol rozsiahly regionálny revízny prieskum hornín jílovského pásma, ktorý odhalil možnú prítomnosť významného zlatonosného ložiska. V rokoch 1980 až 1990 potom prebehol podrobný prieskum oblasti Psí hory. Jeho súčasťou bolo geologické mapovanie, geofyzikálny prieskum, podrobný geochemický prieskum pôdneho pokryvu, prieskum pomocou vrtov z povrchu do hĺbky 300 až 600 metrov a taktiež aj bankský prieskum z vyrazenej štólne Josef, kombinovaný s podzemnými vrtmi. Výsledkom prieskumu bolo zhodnotenie zásob zlata na dosiaľ známych ložiskách Čelina a Mokrsko Východ a predovšetkým objavenie nového ložiska Mokrsko Západ, ktorého využiteľné zásoby boli odhadnuté na 75 ton zlata. Toto ložisko tak v súčasnosti patrí medzi najbohatšie ložiská zlata v Európe. Celkový potenciál všetkých ložísk revíru bol odhadnutý na 130 ton zlata.

V rámci prieskumu prebiehala v rokoch 1989 až 1991 aj experimentálna podzemná ťažba ložiska Čelina. Bolo vytŕažených celkom 19 500 ton zeminy, z ktorej sa získalo 21,5 kg zlata. Napriek tomu nikdy nedošlo k priemyslovému využitiu revíru kvôli predpokladanému negatívnemu vplyvu prípadnej ťažby na životné prostredie. Ložisko Mokrsko Západ, ktoré je hlavným zdrojom zlata, by sa totiž muselo dobývať výhradne povrchovým spôsobom, čo by nezvratne zasiahlo do okolitej krajiny. Pre jeho separáciu by bolo nutné použiť ekologicky riskantnú metódu kyanidového lúhovania. Od polovice 90. rokov, po ukončení všetkých prieskumných činností, štôlna a jej okolie postupne chátrali. V roku 2000 bol stav areálu už natoľko neuspokojivý, že bolo z bezpečnostných dôvodov pristúpené k zabetónovaniu prístupových portálov do štólne. [1]

2.2 Lokalita

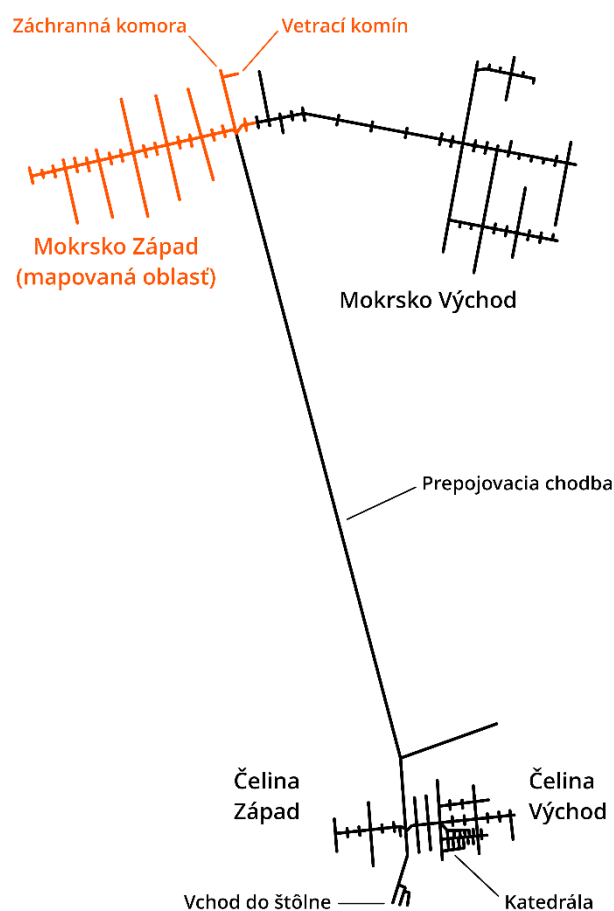
Štôľňa Josef sa nachádza v blízkom okolí vodnej nádrže Slapy približne 50 km južne od Prahy. Leží v katastrálnom území Prostřední Lhoty, miestnej časti obce Chotilsko v okrese Příbram v Stredočeskom kraji (Obr. 2).



Obr. 2 Ortofotomapa s polohou štôľne Josef [5] [7]

2.3 Popis rozdelenia štôlne

Podzemné priestory štôlne Josef sa delia na oblasti Čelina a Mokrsko podľa dedín, pod ktorými sa nachádzajú. Každá z týchto oblastí sa delí na západnú a východnú podľa toho, ako sú situované od prepojovacej chodby. Prepojovacia chodba je najdlhším líniovým úsekom v štôlni Josef a prepája všetky spomenuté oblasti. Začína vstupom do štôlne a prechádza horninovým masívom Veselého vrchu smerom na SSZ. Na jej konci sa nachádza vetrací komín, ktorý je vysoký 136 metrov a je spojený s povrchom terénu. Prevažná väčšina chodieb v štôlni (okolo 90 %) nie je ničím vystužená. V oblasti Čelina Východ je štôlna napojená do dvoch ďalších poschodí, ktoré sa nachádzajú vo výškových úrovniach 20 a 40 metrov nad základným poschodím. Presne v tejto časti sa nachádza aj podzemná skalná katedrála, ktorá prepája všetky tri poschodia. V oblastiach Čelina Západ a Mokrsko Západ sa v súčasnosti realizuje množstvo vedeckých projektov, na ktorých sa podieľa niekoľko vysokých škôl. Posledná oblasť Mokrsko Východ je na rozdiel od ostatných z veľkej časti neprístupná. Predmetom mapovania v tejto diplomovej práci je oblasť západného Mokrska spolu s malou časťou východného Mokrska (Obr. 3). [1]



Obr. 3 Mapa štôlne Josef [4] [5]

Technické parametre štólne:

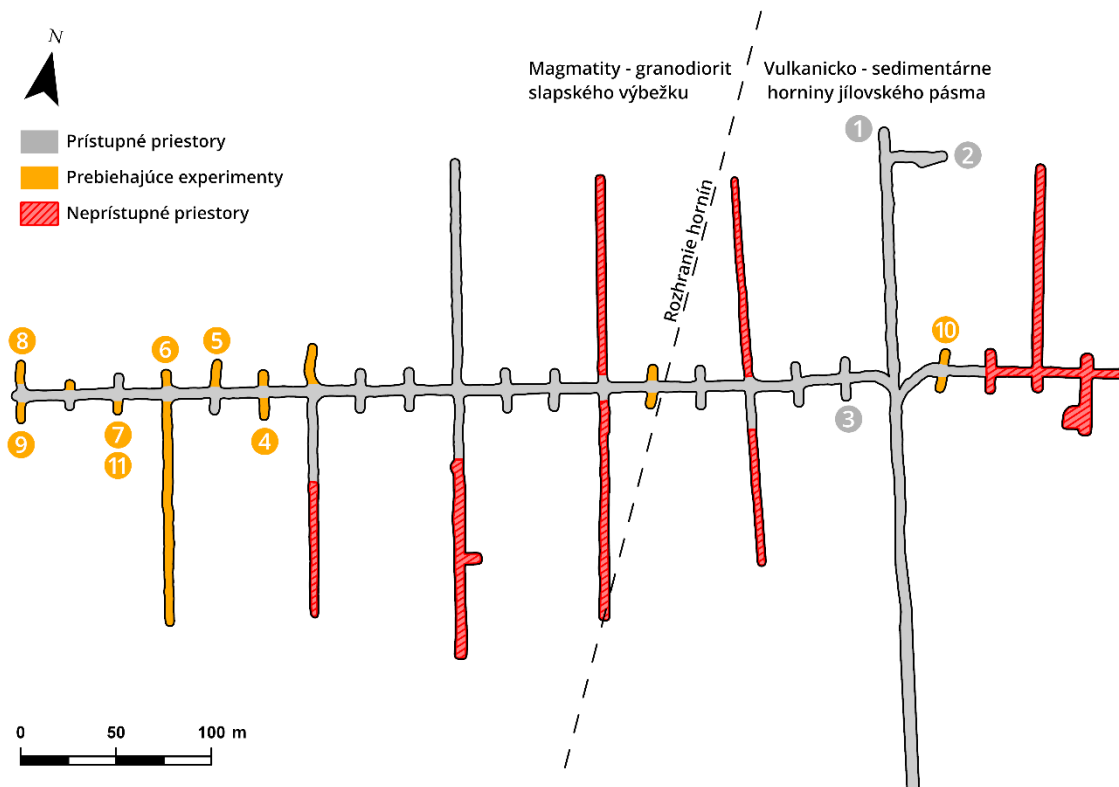
- Celková dĺžka chodieb: 7853 m
- Dĺžka prepojovacej chodby: 1835 m Profil: 14 – 16 m²
- Dĺžka ostatných chodieb: 6018 m Profil: 9 m²
- Dĺžka mapovaných chodieb: 1050 m
- Výška nadložia: 90 – 150 m [1]

2.4 Mokrsko Západ

Oblasť Mokrsko Západ (Obr. 4) je miestom realizácie niekoľkých výskumných projektov a experimentov. V roku 2010 vzniklo v priestoroch štólne Medziuniverzitné podzemné laboratórium MeziLab, ktoré slúži na spoluprácu medzi vysokými školami pri vzdelávaní odborníkov v oblasti budovania hlbinného úložiska a prevádzky podzemných zásobníkov plynu. Je to centralizovaný rozvojový projekt, na ktorom sa podieľali univerzity ČVUT v Praze, MU v Brne, TU v Liberci a VŠCHT v Praze. V roku 2014 vznikol podobný projekt MeziLab II, ktorého účel je *in situ* výuka transportných procesov v reálnom horninovom prostredí. Toto podzemné laboratórium takisto slúži študentom k zberu dát na vypracovanie ich záverečných prác. V západnom Mokrsku sú situované aj ďalšie vedecké projekty ako napr.:

- DOPAS – Medzinárodný európsky projekt, ktorého cieľom je v reálnom meradle vybudovať v rôznych geologických podmienkach štyri experimentálne zátky určené pre konštrukciu hlbinného úložiska. [3]
- Mock - Up Josef – Prvý fyzikálny model v Českej republike simulujúci vertikálne uloženie kontajneru s vyhoretým jadrovým palivom v úložnej studni. [3]
- Viacgeneračné neaktívne stopovače – Cieľom projektu je vývoj a overenie funkčnosti série ľahko identifikovateľných stopovačov s rovnakým fyzikálnym správaním, ktoré priechodom pukliny zostanú fixované na povrchu. [3]
- Inžinierska bariéra 200C – Cieľom projektu je zvýšiť bezpečnosť a znížiť finančnú náročnosť výstavby hlbinného úložiska rádioaktívnych odpadov. [6]

2.4.1 Mapa projektov v podzemných priestoroch



Obr. 4 Mapa projektov v oblasti Mokrsko Západ [6]

Vysvetlivky:

1. Záchranná komora
2. Vetrací komín
3. Nádrž s technickou vodou
4. Anaeróbne laboratórium
5. Technologické centrum DOPASu
6. Projekt DOPAS
7. Mock-Up Josef experiment
8. Medziuniverzitné podzemné laboratórium (MeziLab)
9. Medziuniverzitné podzemné laboratórium (MeziLab II)
10. Projekt „Viacgeneračného stopovača“
11. Inžinierska bariéra 200C

Všetky projekty uvedené v tejto kapitole boli prebraté z výročnej správy vedeckého pracoviska URC Josef za rok 2019. [6]

3 Technológia 3D laserového skenovania

Technológia 3D laserového skenovania je relatívne novou exaktnou metódou pre zber informácií o objektoch. Jedná sa o automatickú, bezkontaktnú a neselektívnu metódu získavania priestorových súradníc, ktorou je možné dokumentovať rýchlo a jednoducho zložité komplexy budov. Z toho dôvodu je často využívaná pri dokumentácií historických pamiatok a priestorov, ktoré sú ťažko prístupné ako napríklad klenby kostolov, krov, jaskyne a banské diela.

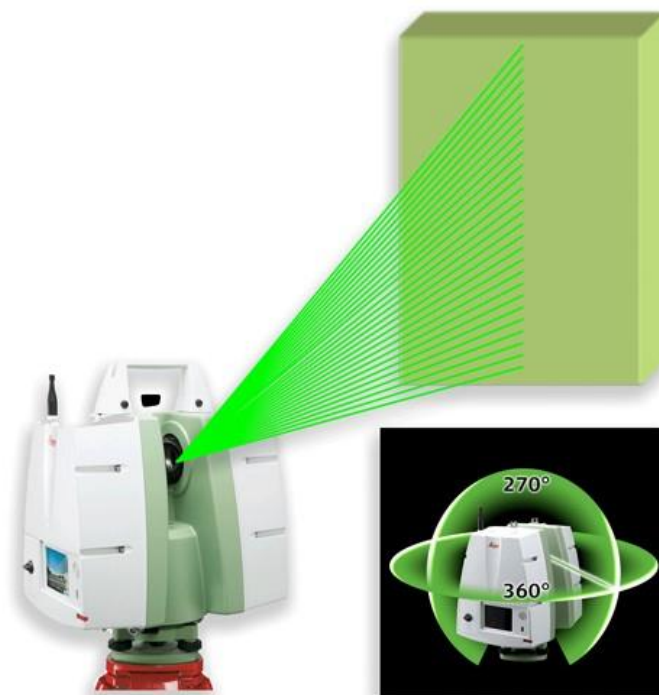
Metóda 3D laserového skenovania má viacero výhod v porovnaní s klasickými geodetickými metódami. V relatívne krátkom čase je možné získať komplexné a presné zameranie objektu. Meranie v teréne je plne automatizovaný proces, ktorý prebieha na základe nastavených parametrov skenovacieho systému. Medzi nastaviteľné parametre patrí zorné pole skenovania, hustota bodov a presnosť určovania polohy bodov. Výsledkom merania je mračno bodov, ktoré môže slúžiť pre tvorbu 3D modelov a ich vizualizácií.

Spracovanie nameraných dát v podobe mračna bodov si vyžaduje častokrát viac úsilia a času ako samotné meranie v teréne. Veľkosť mračna bodov sa môže pohybovať v rádoch miliónoch až miliárd bodov. Na spracovanie takého veľkého množstva dát je potrebný špeciálny softvér a vysoký výpočtový výkon hardvéru. Mračno bodov sa musí opraviť od rôznych chýb, ktoré vznikli počas merania. V prípade rozsiahlych objektov je nutné urobiť skenovanie z viacerých stanovísk. Výsledkom merania je v tom prípade niekoľko mračien bodov, ktoré sa nenachádzajú v tej istej súradnicovej sústave. Z toho dôvodu sa musia transformovať do jednej sústavy pomocou vlícovacích (identických) bodov. Ako vlícovacie body je možné použiť body na objekte, ktoré sa dajú ľahko identifikovať a zároveň sa nachádzajú v susedných mračnách bodov. Na transformáciu sa dajú použiť aj guľové alebo čiernobiele terče. Spojené a upravené mračno bodov sa môže ďalej spracovávať spôsobom aproximácie objektov základnými geometrickými prvkami. Napríklad stenu je možné nahradiť rovinou a stĺp valcom. Ďalším spôsobom spracovania je generovanie trojuholníkovej siete z jednotlivých bodov mračna. V prípade tejto diplomovej práce bolo mračno bodov vektorizované a pomocou líniových prvkov bol vytvorený pôdorys a priečne rezy podzemných priestorov. [9]

3.1 Princíp 3D laserového skenovania

Meranie 3D laserovým skenovacím systémom sa zakladá na princípe vysielania (emitovania) laserového lúča od prístroja smerom k objektu, kde sa lúč odrazí a putuje späť k prístroju. Týmto spôsobom je možné určiť priamu vzdialenosť medzi prístrojom a bodom, v ktorom sa lúč odrazil od objektu. Zariadenie, ktoré vykonáva túto funkciu sa nazýva elektronický diaľkomer a je zabudované priamo v prístroji. Existujú dva typy elektronických diaľkomerov: impulzný a fázový. Viac o nich je spomenuté v podkapitole o rozdelení skenovacích systémov. Pri tomto procese sa zaznamenáva aj horizontálny a vertikálny uhol, pod ktorým bol laserový lúč vyslaný z prístroja. Na základe meranej vzdialenosti a uhlov je možné vypočítať priestorové súradnice určovaného bodu pomocou priestorovej polárnej metódy. Skenovacie prístroje, ktoré používajú túto metódu výpočtu sa nazývajú polárne skenery.

Celý proces určenia súradníc dokáže prístroj opakovať až miliónkrát za sekundu. Súčasne sa počas toho otáča v dvoch na seba kolmých rovinách, aby zachytil všetky body objektu v pravidelnom raste (Obr. 5).



Obr. 5 Schéma merania skenovacím systémom [10]

3.2 Priestorová polárna metóda

V súčasnosti je priestorová polárna metóda (Obr. 6) jednou z najpoužívanejších metód určovania súradníc v obore geodézie. Je to z dôvodu, že je jednoduchá na výpočet a pri meraní časovo nenáročná. Používa sa nielen v skenovacích prístrojoch, ale aj v totálnych stanicích a v laserových trackeroch, ktoré sa využívajú hlavne v strojníctve. Môže sa tiež označovať ako digitálna tachymetria.

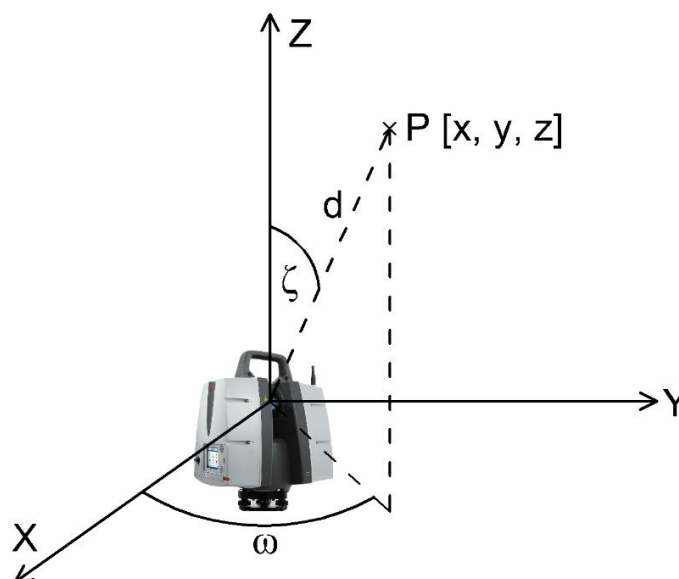
Pomocou priestorovej polárnej metódy je možné vypočítať pravouhlé priestorové súradnice určovaného bodu (x, y, z) na základe troch matematických vzorcov. Meranými veličinami, ktoré vstupujú do vzorcov, sú šikmá dĺžka d , horizontálny uhol ω a vertikálny uhol ζ . Taktiež do výpočtu vstupujú aj súradnice stanoviska (x_0, y_0, z_0) , na ktorom sa prístroj nachádza. V prípade polárnych skenerov sa stanovisko prístroja nachádza v počiatku pravouhle súradnicovej sústavy a z toho dôvodu sú súradnice nulové.

Vzorce pre výpočet pravouhlých súradníc:

$$x = x_0 + d \cdot \sin(\zeta) \cdot \cos(\omega)$$

$$y = y_0 + d \cdot \sin(\zeta) \cdot \sin(\omega)$$

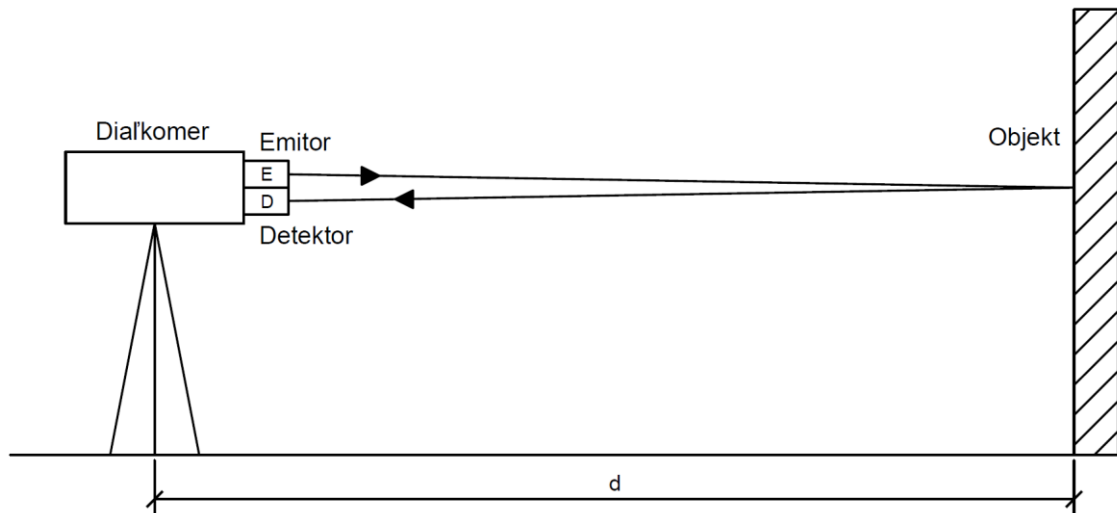
$$z = z_0 + d \cdot \cos(\zeta)$$



Obr. 6 Schéma priestorovej polárnej metódy [11]

3.3 Princíp určenia vzdialenosti

V každom polárnom skeneri sa určuje dĺžka pomocou elektronického diaľkomeru. Elektronický diaľkomer je zariadenie, ktoré sa nachádza priamo v skenovacom systéme a skladá sa z dvoch častí: emitora a detektora. Emitor dokáže vyslať laserový lúč a detektor ho dokáže prijať po odraze od objektu (Obr. 7). Podľa princípu určovania dĺžky sa elektronické diaľkomery delia na impulzné a fázové. [8]



Obr. 7 Schéma princípu elektronického diaľkomeru [8]

Impulzné určovanie dĺžky:

Impulzný spôsob určovania dĺžky sa zakladá na meraní tranzitného času, ktorý elektromagnetický impulz potrebuje k prejdenu dvojnásobku určovanej vzdialenosti. Emitor vyšle impulz, ktorý automaticky spustí elektronické meranie času. V momente, keď detektor prijme odrazený impulz, tak ukončí meranie času. Na základe známej rýchlosti impulzu prostredím a meraného tranzitného času je možné vypočítať dvojnásobok určovanej dĺžky.

K tomu je dôležité poznať index lomu prostredia, ktorý ovplyvňuje rýchlosť impulzu. Index lomu je funkciou vlnovej dĺžky impulzu, teploty, tlaku a vlhkosti prostredia. Taktiež je dôležité určiť tranzitný čas impulzu s veľmi vysokou presnosťou (až na 10^{-7} sekundy). Výhodou impulzného merania oproti fázovému je jeho väčší dosah pri meraní (stovky metrov). [8]

Fázové určovanie dĺžky:

Fázový spôsob určovania dĺžky funguje na princípe určenia fázového rozdielu, ktorý vzniká medzi vyslaným a prijímaným signálom. Vysielaný signál je nutné ešte predtým amplitúdovo modulovať. Emitor potom vyšle amplitúdovo modulovanú vlnu o známej fáze a po odraze od objektu ju detektor prijme s pozmenenou fázou. Nakoniec fázomer určí fázový rozdiel medzi vyslanou a prijatou vlnou.

Avšak výsledkom merania nie je absolútna vzdialenosť. Tá sa musí vypočítať súčtom nameraného fázového rozdielu a počtom celých vlnových dĺžok vysielaného elektromagnetického žiarenia. Nevýhodou fázového merania je jeho dosah, ktorý je obmedzený dĺžkou amplitúdovo modulovanej vlny (desiatky metrov). [8]

3.4 Technické parametre polárnych skenovacích systémov

Medzi základné technické parametre polárnych skenerov patrí:

- Zorné pole – V prípade polárnych skenerov je panoramatické a z toho dôvodu je možné skenovať do všetkých strán súčasne. V prípade potreby môže byť zorné pole vymedzené užívateľom na konkrétne smerové okno.
- Dosah merania – Závisí na použitom type elektronického diaľkomeru a na odrazivosti (reflektivita) povrchu objektu, ktorý je skenovaný. Najlepšiu odrazivosť majú biele materiály s drsným povrchom, zatiaľ čo najhoršiu tmavé s hladkým povrchom.
- Presnosť merania – Zvyčajne sa udáva ako presnosť jedného bodu na základe určenia vzdialenosti a uhlov pri meraní priestorovo polárnou metódou. Taktiež na ňu vplýva mnoho ďalších faktorov ako refrakcia prostredia, odrazivosť povrchu alebo uhol odrazu laserového lúču od objektu.
- Rýchlosť skenovania – Definuje sa podľa počtu zameraných bodov za jednotku času. Tento parameter ovplyvňuje hlavne technologická konštrukcia prístroja. V súčasnosti majú polárne skenery veľmi vysokú rýchlosť skenovania v rádoch miliónov bodov za sekundu. [8]

4 Meranie v teréne

Meranie v podzemných priestoroch štôlne Josef prebiehalo hlavne v oblasti Mokrsko Západ. Okrem tejto oblasti bola zameraná aj časť prepojovacej chodby a časť oblasti Mokrsko Východ, ktorá bola prístupná. Celková dĺžka zameraných chodieb bola dokopy 1050 m a celkový čas potrebný na merania bol približne 11 hodín počas dvoch dní. Na skenovanie bol použitý prístroj Leica ScanStation P40, ktorý bol zapožičaný Fakultou Stavební.

Informácie o meraní:

Miesto merania:	Štôlna Josef – Mokrsko Západ, Chotilsko, Příbram
Dátum merania:	28. – 29.01.2021
Atmosférické podmienky v podzemí:	11 °C, 980 hPa, 90 – 100 % vlhkosť vzduchu
Pomôcky:	3D laserový skener Leica ScanStation P40, v. č. 1851583 2x statív 12x guľové terče 3x čiernobiele terče Leica pásma trojnožka
Meračská čata:	Ing. Tomáš Křemen, Ph.D. Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D. Bc. Peter Petrilla

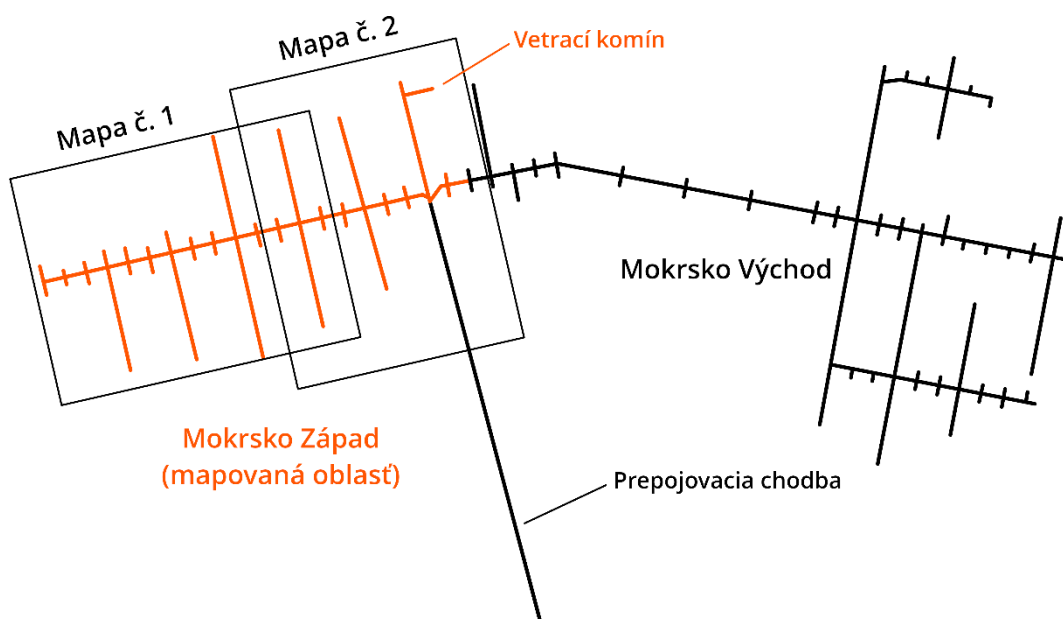
Postup merania:

Pred začiatkom merania bola vykonaná rekognoskácia terénu, na základe ktorej sa určilo, že najlepšia poloha pre stanoviská prístroja bude v miestach, kde sa hlavná chodba Mokrska (kolmá na prepojovaciu chodbu) pravidelne rozráža do bočných strán. Z toho dôvodu boli stanoviská od seba vzdialené približne 25 až 30 m, vo výnimočných prípadoch bola táto vzdialenosť menšia.

Samotné meranie skenovacím prístrojom začalo na západnom konci hlavnej chodby a postupovalo sa smerom na východ. Okrem hlavnej chodby boli zamerané aj niektoré bočné chodby, do ktorých sa bolo možné dostať. Taktiež bola zameraná aj prepojovacia chodba od križovatky spájajúcej západnú a východnú oblasť Mokrska až po jej koniec u vetracieho komína.

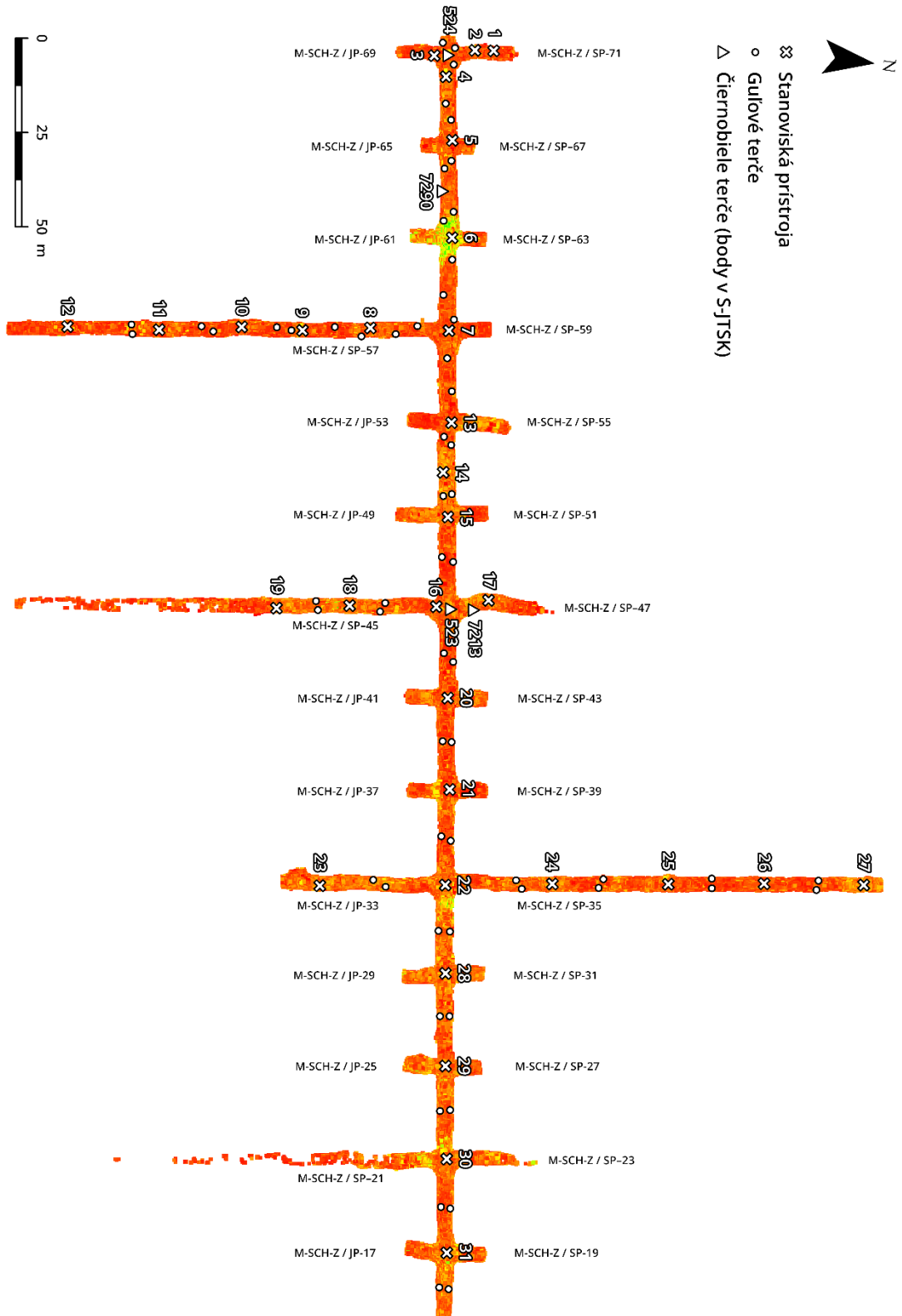
Na každom stanovisku bol postup merania rovnaký. Najprv boli okolo stanoviska rozmiestnené guľové terče vo vhodnej konfigurácii, kvôli transformácii nameraných dát. Taktiež sa rozmiestnili aj čiernobiele terče na existujúce body banského bodového poľa, ktoré sa nachádzalo v štôlni už pred meraním na túto diplomovú prácu. Následne bol na stanovisku postavený statív s trojnožkou, ktorý sa nahrubo zhorizontoval. Na trojnožku sa umiestnil skenovací prístroj, ktorý sa zhorizontoval najemno pomocou elektronickej libely. Ďalším krokom bolo nastavenie parametrov merania v prístroji a spustenie skenovania, ktoré bolo úplne autonómne. Výsledkom skenovania na stanovisku bolo mračno bodov. Po dokončení skenovania bolo ešte nutné v prístroji očíslovať všetky čiernobiele terče, ktoré boli viditeľné zo stanoviska. Nakoniec sa prístroj presunul na ďalšie stanovisko a proces sa zopakoval odznova.

Dokopy bolo vytvorených 49 stanovísk a na každom z nich bolo zamerané mračno bodov. Celkovo bolo získaných viac než 570 miliónov bodov. Poloha všetkých stanovísk a terčov v štôlni je zobrazená na dvoch mapách v nasledujúcej podkapitole (Obr. 9, 10). Umiestenie oboch máp v rámci oblasti Mokrsko je znázornené na obr. 8.



Obr. 8 Mapa oblasti Mokrsko s vyznačením mapových rámov [4] [5]

4.1 Mapa merania v podzemných priestoroch



Obr. 9 Mapa merania č. 1



Obr. 10 Mapa merania č. 2

4.2 Použitý skenovací přístroj

Použitý přístroj Leica ScanStation P40 (Obr. 11) patří mezi 3D laserové skenery a při určování vzdálenosti využívá kombinovaný impulzný a fázový dálkoměr. Jedná se o polární skener, který byl pro potřeby měření zapůjčený Fakultou Stavební spolu s dalším vybavením.

Technické parametre přístroja:

Vlnová délka laseru:	1550 nm (infračervené žiarenie), 658 nm (viditeľné svetlo)
Délková přesnost:	1,2 mm + 10 ppm
Uhlová přesnost:	2,5 mgon – horizontálna, 2,5 mgon – vertikálna
Přesnost 3D pozície:	3 mm na 50 m
Dosah měření:	270 m
Nastavená hustota bodov:	6,3 mm x 6,3 mm na 10 m
Rychlost skenování:	1 000 000 bodov za sekundu
Zorné pole:	360° – horizontálne, 270° – vertikálne
Hmotnost:	12,25 kg
Prevdzková teplota:	- 20 °C až + 50 °C [11]



Obr. 11 3D laserový skener Leica ScanStation P40

4.3 Guľové a čiernobiele terče

Počas merania v štôlni bolo použitých 12 guľových terčov, ktoré slúžili ako vlícovacie (identické) body medzi susednými stanoviskami. Jednalo sa o biele plastové gule s priemerom 145 mm, ktoré mali drsný povrch kvôli lepšej odrazivosti laserového lúča pri skenovaní.

Pred začatím skenovania boli guľové terče umiestnené približne v polovičnej vzdialenosti medzi stanoviskom, kde malo prebiehať skenovanie a nasledujúcim stanoviskom. Bolo nutné, aby sa stále medzi nimi nachádzali aspoň dva guľové terče, s ktorými sa počas merania nesmeli pohnúť (Obr. 12). Až po skončení skenovania na oboch stanoviskách bolo možné terče presunúť na iné miesto. Dôvod tohto postupu bol ten, aby susedné mračná bodov obsahovali tie isté guľové terče. Tým pádom ich bolo možné transformovať do spoločného súradnicového systému.



Obr. 12 Guľové terče umiestnené na počve štôlni

Taktiež boli pri meraní použité aj čiernobiele terče, ktoré sa umiestnili na existujúce body banského bodového poľa v štôlni. Tieto body boli stabilizované buď v počve alebo na strope štôlne. V prípade, že bol bod zabetónovaný v počve (č. bodu 5XX), tak sa nad ním postavil statív s čiernobielym terčom (Obr. 13). Ak bol bod osadený v strope pomocou mosadzného hrotu (č. bodu 7XXX), tak bol terč iba nasunutý na hrot.

Počas skenovania na stanovisku bolo dôležité, aby sa každý čiernobiely terč natočil smerom k prístroju a aby mu bolo priradené číslo bodu, na ktorom sa nachádza. V praxi to znamenalo, že stále keď prístroj skončil meranie na stanovisku, tak sa pomocou dotykovej obrazovky na prístroji vyhľadal naskenovaný terč a označil sa číslom bodu.

Čiernobiele terče neboli použité iba ako vlícovacie body medzi stanoviskami, ale aj ako pripojovacie body do súradnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Tieto terče boli dokopy umiestnené na deviatich bodoch banského bodového poľa. Avšak nie u všetkých bodoch sa dali dohľadať ich súradnice. Z toho dôvodu boli použité na pripojenie iba body: 524 (chodba SP – 71), 523 (chodba SP – 47) a 7907 (vetrací komín).

Na základe guľových a čiernobielych terčov použitých pri meraní bolo možné všetky naskenované mračná bodov spojiť a transformovať do systémov S-JTSK a Bpv. Celková výsledná presnosť tejto transformácie sa charakterizovala ako stredná absolútna chyba a jej hodnota bola 2,0 mm. Viac o priebehu transformácie je spomenuté v kapitole o spracovaní dát v softvéri Leica Cyclone.

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]	Výška terča [m]
524	753 975,496	1 079 963,290	297,565	1,317
523	753 827,468	1 079 949,766	296,813	1,592
7907	753 514,599	1 079 807,930	298,599	---

Tab. 1 Údaje o pripojovacích bodoch (S-JTSK, Bpv)



Obr. 13 Čiernobiely terč na statíve na bode 524

5 Použitý softvér

Pri spracovaní nameraných dát bolo nutné použiť špeciálny softvér, ktorý umožňoval prácu s veľkým množstvom dát. Tým softvérom bol práve Leica Cyclone, ktorý pochádza od tej istej firmy ako použitý skenovací prístroj. Na dodatočné spracovanie dát bol použitý softvér MicroStation V8i spolu s nadstavbou DULMAP 19, v ktorom bola vytvorená účelová banská mapa. Všetky ostatné mapy a mapové schémy v tejto diplomovej práci boli vytvorené v softvéroch ArcGIS Pro a AutoCAD 2019.

5.1 Leica Cyclone

Softvér Leica Cyclone bol vyvinutý firmou Leica Geosystems a používa sa pre vizualizáciu a spracovanie veľkých objemov dát získaných 3D laserovým skenovaním. Tento softvér je ideálnym nástrojom pre opravu chýb mračna bodov, odstránenie šumu alebo registráciu viacerých skenov. Okrem toho dokáže vytvárať z mračna bodov výstupy v podobe trojuholníkovej siete alebo drôtového modelu (CAD model), ktoré je možné ďalej spracovávať. Práca s ním je jednoduchá a intuitívna. Samotný softvér sa delí na viacero modulov, s ktorých každý má inú funkciu. Medzi najpoužívanejšie moduly softvéru patrí:

- BASIC – Základný modul softvéru, ktorý slúži pre efektívnu správu skenovacích projektov a obsahuje základné geodetické funkcie (polygón, pretínanie spät’).
- REGISTER – Tento modul je kľúčovou časťou spracovania, pretože slúži na georeferencovanie dát skenovania do spoločného súradnicového systému na základe prekrytia mračien bodov alebo identických bodov.
- MODEL – Jedná sa o modul pre vytváranie 3D modelov priamo z mračna bodov a ich ďalšiu úpravu vrátane ofarbovania fotografiami. K dispozícii má rozsiahlu knižnicu predpripravených strojárenských a priemyslových objektov. Výsledné 3D modely dokáže exportovať do CAD programov.

- SURVEY – Tento modul je určený špeciálne pre geodetické úkony ako vytváranie rezov a profilov z 3D modelu alebo počítanie objemu a plôch. [12]

5.2 MicroStation V8i

Softvér MicroStation V8i patrí medzi CAD programy a bol vyvinutý firmou Bentley Systems. Používa sa hlavne na modelovanie stavebných objektov, vytváranie mapových dokumentácii alebo na tvorbu grafického dizajnu. V rámci technických oborov sa využíva hlavne v architektúre a v geodézii. Jeho pracovné prostredie je založené na platforme dvoj alebo trojrozmerného priestoru, v ktorom je možné vytvárať a vizualizovať vektorovú kresbu.

5.3 DULMAP 19

Softvér DULMAP 19 je nadstavbou na MicroStation V8i a vyvinula ho firma HSI špeciálne pre mapovanie banských diel. Jeho účelom je spracovanie geodetických údajov do podoby banskej mapovej dokumentácie, ktorá je v súlade s vyhláškou č. 435/1992 Sb. V samotnom softvéri sa nachádza veľké množstvo mapových značiek, ktoré spĺňajú všetky náležitosti spomenutej vyhlášky. Taktiež umožňuje vizualizovať rôzne typy účelových banských máp a prepájať ich medzi sebou podľa potreby užívateľa.

Licenciu na softvér DULMAP 19 poskytla firma HSI na vyžiadanie len pre spracovanie tejto diplomovej práce. Odkaz na webové stránky firmy HSI sa nachádza v bibliografii. [13]

6 Postup spracovania dát v softvéri Leica Cyclone

Spracovania nameraných dát v softvéri Leica Cyclone prebiehalo v niekoľkých etapách. Na začiatku bolo nutné nahráť dáta zo skenovacieho prístroja do softvéru a skontrolovať naskenované mračná bodov, či nie sú nejakým spôsobom poškodené. Následne sa každé z nich očistilo od šumu a nadbytočných bodov a boli im priradené identické body. V ďalšom kroku prebehlo spojenie (registrácia) všetkých mračien bodov do jedného celku, ktorý bolo možné vektorizovať a vytvoriť z neho použiteľný 3D model. Nakoniec sa výsledný model exportoval a ďalej sa spracoval v softvéri MicroStation V8i s nadstavbou DULMAP 19.

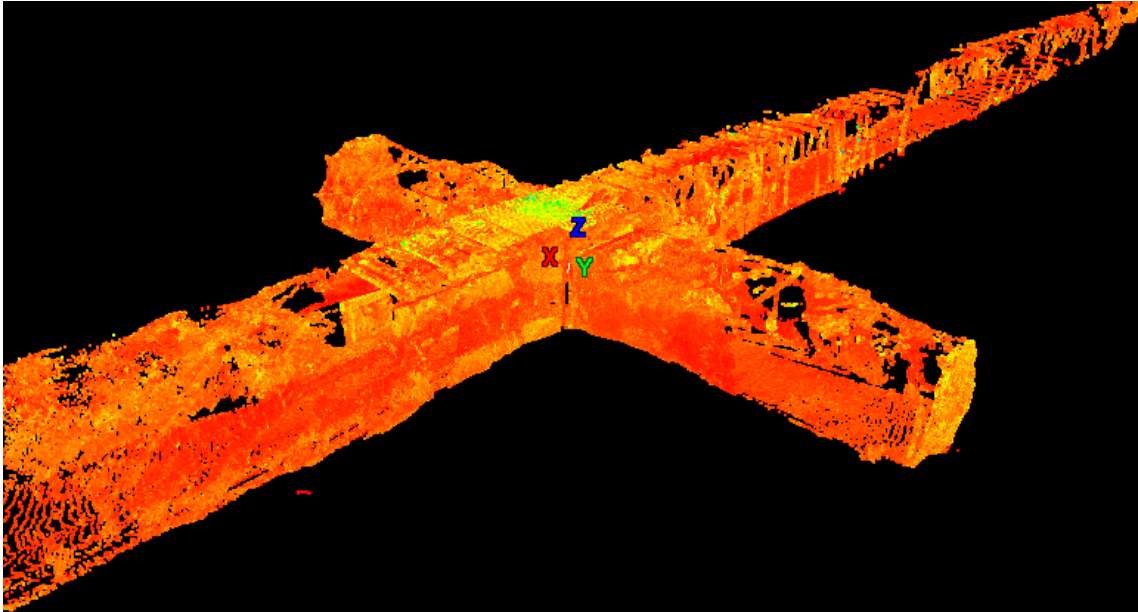
6.1 Import nameraných dát

Všetky získané dáta v štôlni boli prenesené zo skenovacieho prístroja do počítača vo formáte *.imp a ich veľkosť bola približne 13 GB. Na ich prenos bol použitý externý pevný disk a boli importované do softvéru Leica Cyclone, v ktorom bola vytvorená nová databáza s názvom *Mokrsko_zapad*. Štruktúra tejto databázy sa skladala zo samostatných projektových súborov, ktoré sa jednotlivo označovali ako *ScanWorld*. V každom z nich sa nachádzalo práve jedno mračno bodov. Celá databáza obsahovala 56 projektových súborov, ale pri spracovaní sa použilo iba 49 z nich. Bolo to z dôvodu, že niektoré súbory obsahovali mračno bodov, ktoré buď nebolo panoramatické alebo bolo chybne zamerané. Samotný projektový súbor (*ScanWorld*) je tvorený dvoma hlavnými súbormi:

- ControlSpace – Tento súbor obsahuje mračno bodov a všetky údaje o polohe terčov. Primárne slúži pri registrácii mračna bodov a tiež ako záloha surových dát. Za normálnych okolností užívateľ nemusí upravovať tento súbor.
- ModelSpace – Taktiež obsahuje rovnaké mračno bodov ako ControlSpace, avšak primárne slúži na vizualizáciu, úpravu bodov a modelovanie geometrických prvkov (Obr. 14). Pri spracovaní je možné vytvoriť viacero kópií tohto súboru kopírovaním celého mračna bodov alebo len jeho časti.

Použité funkcie v softvéri:

- *Configure* → *Database* → *Add* – Vytvorenie novej databázy
- *File* → *Import ScanStation Data* → *Import ScanStation Project* – Import dát



Obr. 14 Vizualizácia mračna bodov v ModelSpace

6.2 Odstránenie nežiadúcich bodov

Počas merania skenovacím prístrojom v štôlni sa občas naskenovali aj body, ktoré boli chybné a neležali na mapovanom objekte. K tomuto javu dochádzalo z niekoľkých príčin. Väčšinou to bolo spôsobené tým, že sa do priestoru medzi prístroj a mapovaný objekt dostali napríklad osoby, vozidlá alebo prachové častice. Ďalšou príčinou, ktorá to spôsobovala, bol viacnásobný odraz laserového lúču v blízkosti ostrých hrán objektu. Prístroj v tom prípade zaznamenal nesprávnu vzdialenosť od bodu a vypočítal chybné súradnice. V oboch týchto sa jednalo o nežiadúce body v mračne bodov, ktoré bolo nutné odstrániť.

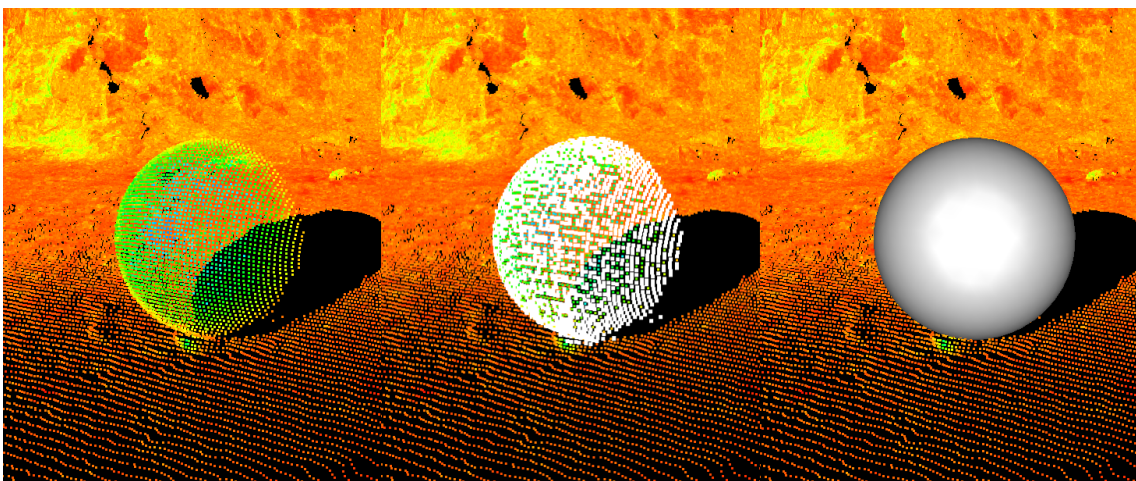
Použité funkcie v softvéri:

- *Polygonal Fence Mode* – Označenie nežiaducich bodov
- *Edit* → *Fence* → *Delete Inside* – Vymazanie bodov

6.3 Vytvorenie vlíčovacích bodov

Ďalším krokom pri spracovaní dát bolo vytvorenie vlíčovacích bodov v každom mračne bodov. Tento krok bol nevyhnutný pre následnú registráciu dát. Ako vlíčovacie body boli použité guľové terče, ktoré sa počas skenovania umiestňovali okolo stanoviska. Každé mračno bodov obsahovalo niekoľko naskenovaných guľových terčov, ktoré bolo nutné upraviť do použiteľnej podoby.

Na začiatku tohto kroku sa označili všetky body, ktoré boli naskenované na povrchu guľového terča. Pomocou funkcie *Region Size* sa upravila oblasť označených bodov podľa potreby užívateľa. Následne sa z týchto bodov vymodelovala guľa (Obr. 15) na základe metódy najmenších štvorcov a jej stred bol použitý ako vlíčovací bod. Nakoniec sa pomocou funkcie *Sphere Info* skontroloval priemer vytvorenej gule, ktorý sa musel zhodovať z priemerom guľových terčov v teréne (145 mm). Celkovo bolo vytvorených 90 vlíčovacích bodov rovnomerne rozmiestnených po celej mapovanej oblasti štôlne.

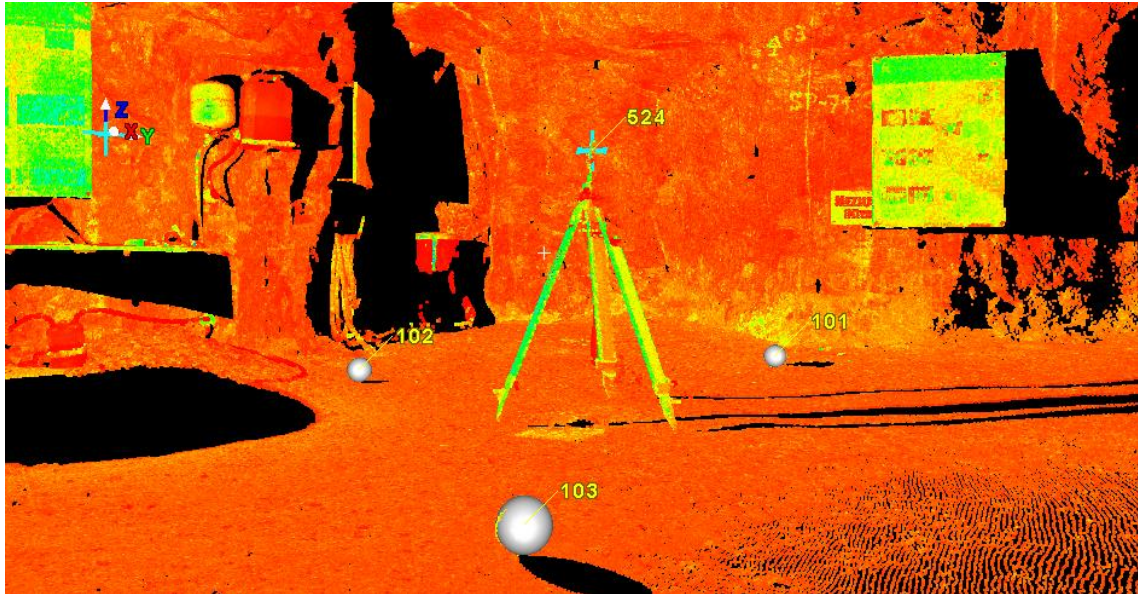


Obr. 15 Proces modelovania sféry

Všetky vlíčovacie body, ktoré boli vytvorené v predchádzajúcom kroku, bolo nutné označiť číslom kvôli registrácii (Obr. 16). Pre číslovanie týchto bodov sa zvolil interval od 101 do 190. Taktiež sa pri registrácii použili aj čiernobiele terče, ktoré slúžili ako vlíčovacie a zároveň ako pripojovacie body. Tie nebolo nutné nijakým spôsobom upravovať alebo modelovať v mračne bodov, pretože boli označené číslom ešte počas merania v teréne.

Použité funkcie v softvéri:

- *Create Object* → *Region Grow* → *Sphere* – Vymodelovanie gúľ
- *Tools* → *Registration* → *Add Label* – Očíslovanie vlíčovacích bodov



Obr. 16 Očíslované vlíčovacie body

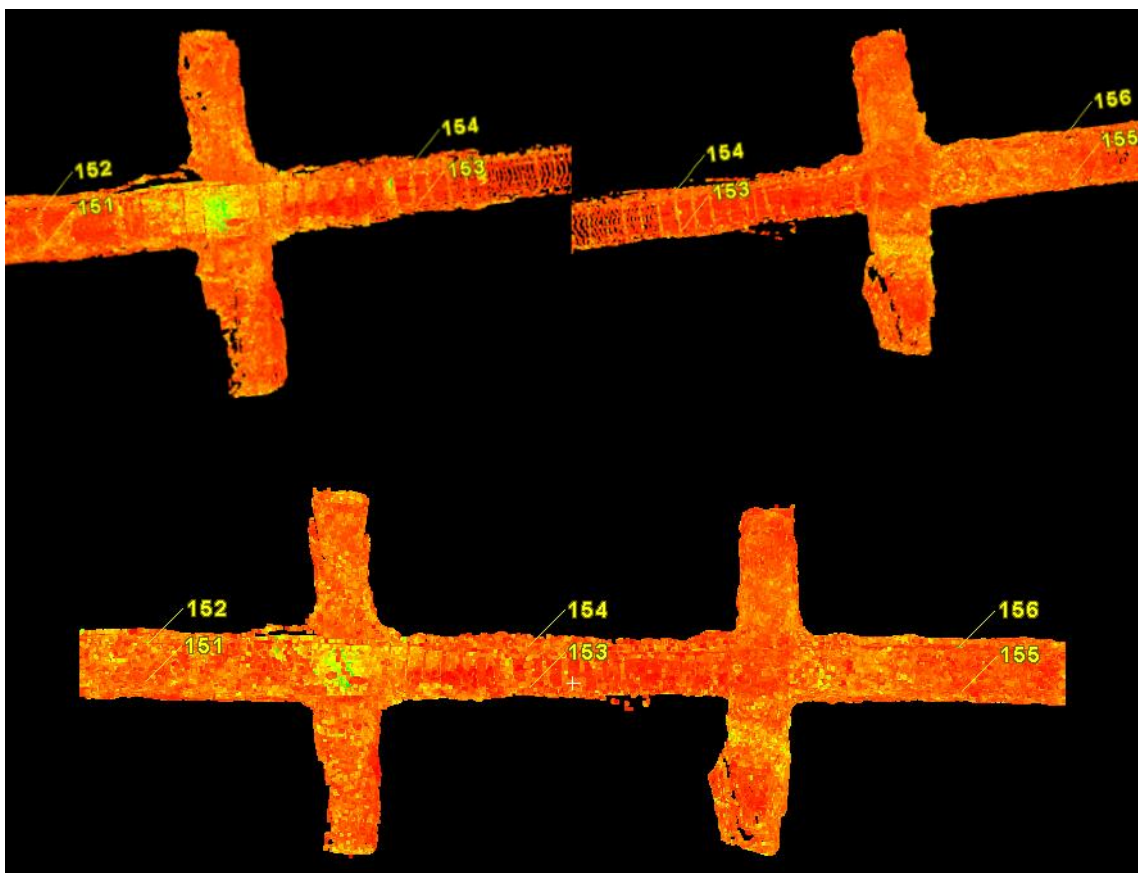
6.4 Registrácia

Počas spracovania dát v softvéri Leica Cyclone bol proces registrácie kľúčovým pre vytvorenie jedného homogénneho mračna bodov, v ktorom by každý bod mal známe súradnice v súradnicovom systéme S-JTSK (Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej) a zároveň vo výškovom systéme Bpv (Baltský systém po vyrovnaní).

Každé mračno bodov, ktoré bolo naskenované počas merania sa nachádzalo v miestnom súradnicovom systéme s počiatkom v stanovisku prístroja. Pri procese registrácie sa všetky mračná bodov spojili a georeferencovali pomocou vlíčovacích a pripojovacích bodov. Výstupom z registrácie bolo spojené mračno bodov, ktoré bolo pripojené do systémov S-JTSK a Bpv. Základným princípom registrácie bola zhodnostná transformácia v priestore, pri ktorej sa jednotlivé mračná bodov posunuli (translácia) a pootočili (rotácia) o požadovanú hodnotu z miestneho súradnicového systému do spoločného. Na základe toho zostali zachované všetky vzdialenosti v rámci mračna bodov a nedošlo k jeho pretvoreniu (zmena veľkosti).

Obecne platí, že pri zhodnostnej transformácii v priestore je nevyhnutné poznať súradnice aspoň troch identických bodov medzi susednými mračnami bodov. Avšak v tomto prípade stačili iba dva identické body. Dôvodom bolo to, že pri meraní na stanovisku bol skenovací prístroj stále zhorizontovaný. Tým pádom každé mračno bodov malo rovnaký smer vertikálnej osi vo svojom súradnicovom systéme (smer ťažnice). To viedlo k zjednodušeniu transformácie, pretože rotácia každého mračna prebiehala iba okolo vertikálnej osi. Z toho dôvodu nebol potrebný tretí identický bod medzi susednými mračnami bodov (Obr. 17).

Pred samotným procesom registrácie bola všetkým vlícovacím a pripojovacím bodom priradená váha, na základe ktorej sa výpočet transformácie mohol upravovať. Pripojovacím bodom bola priradená dvakrát väčšia váha (1) ako vlícovacím bodom (0,5). Presnosť výpočtu transformácie bola charakterizovaná ako stredná absolútna chyba, ktorá udávala aritmetický priemer zo všetkých rozdielov súradníc na identických bodoch. Jej výsledná hodnota bola 2,0 mm a protokol o výpočte transformácie bol pridaný do elektronických príloh.



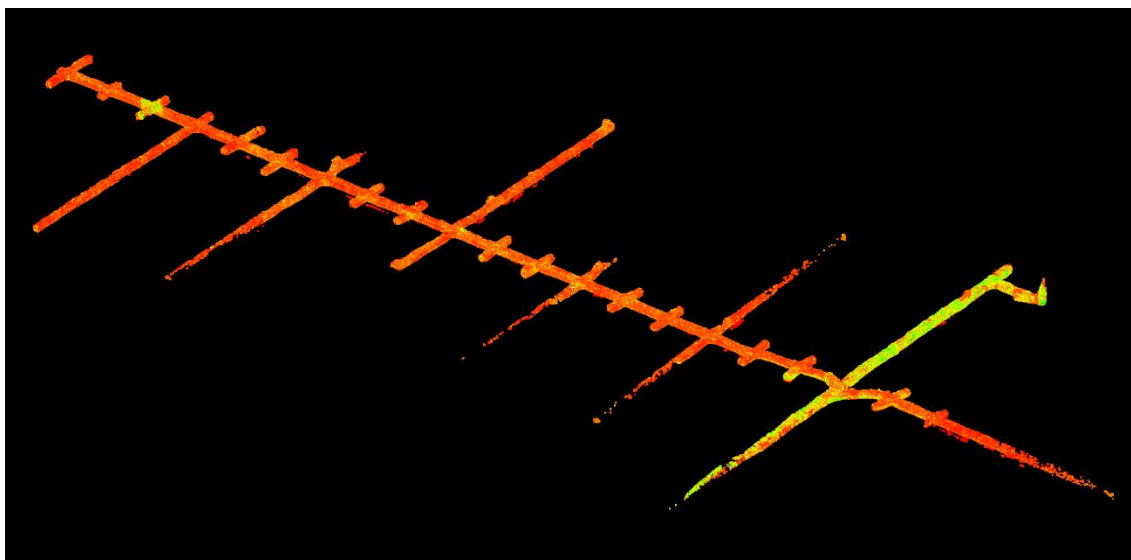
Obr. 17 Registrácia medzi susednými mračnami bodov

Postup registrácie v softvéri začínal vytvorením nového projektového súboru (*ScanWorld*) v databáze *Mokrsko_zapad*, ktorý slúžil ako úložisko pre súradnice pripojovacích bodov. Do neho boli importované všetky súradnice vo formáte *.txt, ktoré sa nachádzali v systémoch S-JTSK a Bpv. Následne sa spustil registračný dialóg, do ktorého sa vložili všetky projektové súbory nachádzajúce sa v databáze. Súbor so súradnicami sa v tejto fáze nastavil ako fixný a počas registrácie sa s ním už nijakým spôsobom nemanipulovalo. Potom bolo možné zoskupiť jednotlivé súbory a načítať všetky spojenia na vlícovacích a pripojovacích bodoch medzi mračnami bodov. Tieto spojenia sa v softvéri označovali ako *Constraints* a bolo im možné priradiť váhy podľa potreby užívateľa.

V ďalšom kroku sa spustila samotná registrácia a vypočítali sa chyby na všetkých použitých spojeniach (*Constraints*). V prípade, že niektorá z chýb bola príliš odľahlá od ostatných, bolo možné pozmeniť nastavenie váh a spustiť registráciu znova. Po skončení tohto kroku sa spustila dodatočná registrácia, ktorá prebiehala na základe prekrytia susedných mračien bodov. Na jej konci vzniklo spojené mračno bodov, ktoré sa skontrolovalo od prípadných chýb.

Použité funkcie v softvéri:

- *Create* → *ScanWorld* – Vytvorenie projektového súboru pre súradnice bodov
- *Import ASCII File Format* – Import súradníc do projektového súboru
- *Create* → *Registration* – Spustenie dialógu registrácie
- *Scan World* → *Add Scan World* – Pridanie projektových súborov do registrácie
- *Control Scan World* → *Set Home ScanWorld* – Nastavenie projektového súboru so súradnicami ako fixný počas registrácie
- *Create ScanWorld Groups* – Zoskupenie všetkých projektových súborov dokopy
- *Constraints* → *Auto Add Constraints* – Načítanie spojení na identických bodoch
- *Registration* → *Register* – Výpočet absolútnych chýb na identických bodoch
- *Cloud Constraint* → *Auto Add Cloud Constraint* – Dodatočná registrácia na základe prekrytia medzi mračnami bodov
- *Registration* → *Create ScanWorld / Freeze Registration* – Zastavenie registrácie a vytvorenie spojeného mračna bodov (Obr. 18)



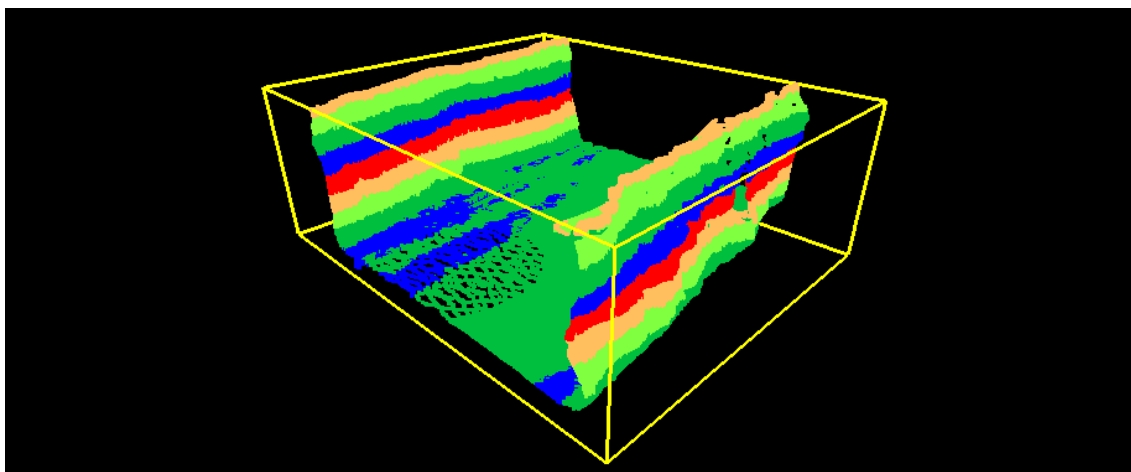
Obr. 18 Spojené mračno bodov

6.5 Vektorizácia mračna bodov

V tomto kroku spracovania dát sa zo spojeného mračna bodov vytvoril výsledný 3D model štôlne, ktorý už bolo možné exportovať zo softvéru. Podstatou tohto kroku bola vektorizácia, na základe ktorej sa mračno bodov nahradilo líniovými prvkami. Jednalo sa o manuálnu metódu spracovania, ktorá spočívala na princípe spájania línii na bodoch mračna. Týmto spôsobom sa vytvoril pôdorys štôlne a priečne rezy chodieb. Taktiež sa vo výslednom modeli vyznačila poloha technických zariadení a inžinierskych sietí štôlne. Všetky tieto prvky sa v softvéri rozdelili do jednotlivých vrstiev podľa ich účelu. Výsledkom tohto procesu bol drôtový 3D model (CAD model), ktorý sa exportoval zo softvéru vo formáte *.dxf.

Vektorizácia pôdorysu štôlne:

Postup spracovania sa začínal vytvorením pôdorysu vo výške 1 m nad počvou štôlne. K tomu bolo nutné vyznačiť výškové stupne v mračne bodov, pomocou ktorých sa dali zakresľovať línie v konkrétnej výške. Z toho dôvodu sa farebné nastavenie mračna preplo do režimu výškovej mapy (Obr. 19), v ktorom sa striedali stupne po 20 cm. Následne sa pomocou funkcie *Limit Box* zobrazila iba spodná časť chodby bez stropu, aby bolo jednoduchšie vytvárať línie na vnútorných stranách stien. Nakoniec sa ručným označovaním bodov zakreslili línie na oboch stranách chodby.



Obr. 19 Mračno bodov v režime výškovej mapy

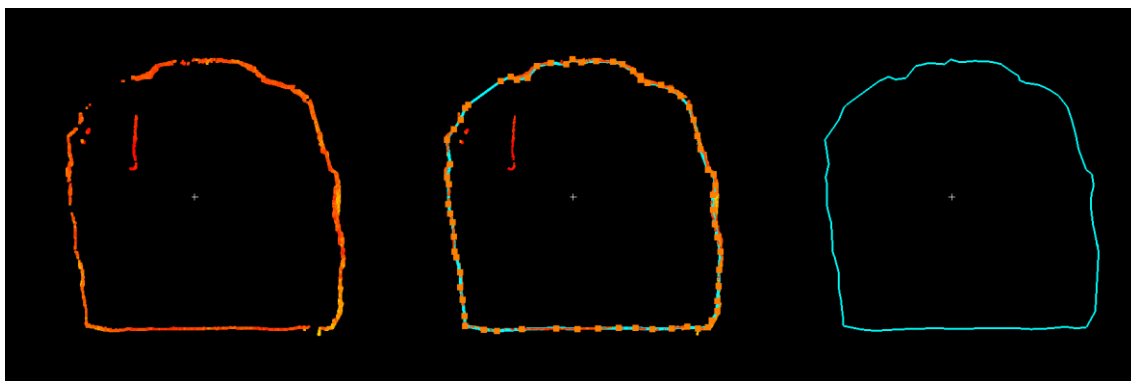
Týmto spôsobom sa vytvoril pôdorys vo všetkých chodbách, v ktorých prebiehalo meranie (Obr. 20). V prípade neprístupných chodieb Mokrska Západ sa pôdorys zakreslil odhadom na základe dostupných mapových schém, ktoré zhotovil URC Josef. [6]



Obr. 20 Proces vytvárania pôdorysu

Vektorizácia priečných rezov chodieb:

Pri vytváraní priečných rezov chodieb bolo nutné najprv označiť úzky pás mračna bodov v celej šírke chodby, ktorý sa následne skopíroval do samostatného súboru. V ňom sa body nahradili líniami po celom obvode priečného rezu (Obr. 21). Po tomto kroku sa všetky body zo súboru odstránili a ostali v ňom iba línie. Následne sa vytvorená kresba pripojila naspäť do originálneho súboru. Celkovo bolo vytvorených 155 priečných rezov po celej mapovanej oblasti štôlne v pravidelných rozstupoch po 10 m. Taktiež boli vyhotovené pri križovatkách chodieb alebo v miestach, kde sa nachádzali výstuže.



Obr. 21 Proces vytvárania priečného rezu

Vrstvy vektorovej kresby:

Celá vektorová kresba bola rozdelená do niekoľkých vrstiev, v ktorých sa nachádzali rozdielne typy prvkov: pôdorys, priečne rezy, steny, mreže, výstuže, elektrické rozvádzače, hasičské vybavenie, kamery, koľajnice, osvetlenie, spínače, telefóny, vzduchové potrubie, žľaby.

Použité funkcie v softvéri:

- Pôdorys:
 - *View → Set Limit Box by Cursor* – Vizualizácia menšieho objemu bodov
 - *Edit Color Map → Elevation Map* – Nastavenie režimu výškovej mapy
 - *Create Object → From Pick Points → Line Segment* – Vytvorenie líniových prvkov

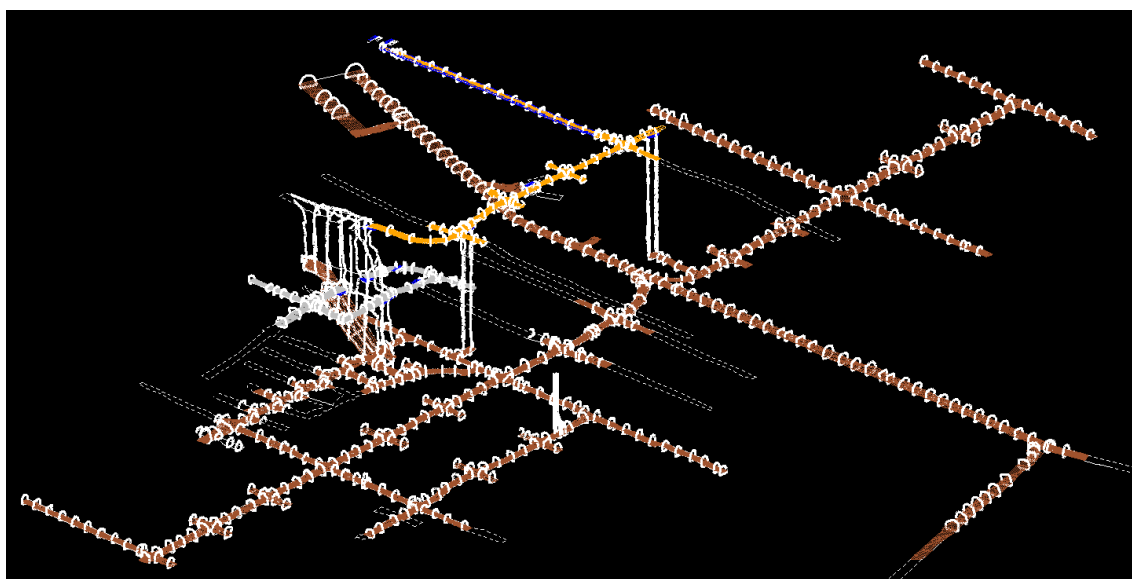
- Priečne rezy:
 - *Polygonal Fence Mode* – Označenie úzkeho pruhu bodov
 - *Copy Fenced To New ModelSpace* – Kopírovanie označených bodov do nového súboru
 - *Create Object → From Pick Points → Line Segment* – Vytvorenie líniových prvkov
 - *Closing ModelSpace Viewer → Merge into original ModelSpace* – Spojenie oboch súborov dokopy

7 Vytvorenie banskej mapovej dokumentácie

Vytvorenie banskej mapovej dokumentácie prebiehalo v softvéri DULMAP podľa predpisov vo vyhláske č. 435/1992 Sb. a výstupom bola účelová banská mapa na podklade základnej banskej mapy, ktorá sa vložila do príloh v papierovej a digitálnej forme.

7.1 Spracovanie vektorovej kresby v softvéri DULMAP

Po skončení vektorizácie mračna bodov v softvéri Leica Cyclone sa musel vektorový model spracovať do podoby banskej mapy. Na tento účel poslužil softvér DULMAP. Pred začatím spracovania sa najprv do softvéru pripojila zákazka s názvom *UEF_Josef*, ktorá bola výstupom diplomovej práce Ing. Ladislava Ritschela z roku 2020. V tejto zákazke sa nachádzali dáta zo všetkých meraní v štólňi Josef od roku 2016, ktoré boli získané metódou 3D laserového skenovania. Tieto dáta boli vizualizované v podobe digitálnej účelovej banskej mapy v oblasti Čelina (Obr. 22), ktorá bola rozdelená do troch poschodí podľa výšok (+0m, +20m, +40m). V tejto mape sa nachádzali údaje o rozmeroch podzemných chodieb, banskom bodovom poli, inžinierskych sieťach atď. Všetky tieto prvky boli rozdelené do niekoľkých výkresov podľa účelu a poschodia, v ktorom sa nachádzajú. [14]



Obr. 22 Vektorová kresba oblasti Čelina [14]

Celá zákazka *UEF_Josef* bola rozdelená do deviatich výkresov, ktoré boli vo formáte *.dgn a navzájom sa dali prepájať. Každý z týchto výkresov obsahoval niekoľko vrstiev, v ktorých boli uložené jednotlivé prvky podľa funkcie (Tab. 2).

Rozdelenie zákazky podľa výkresov:

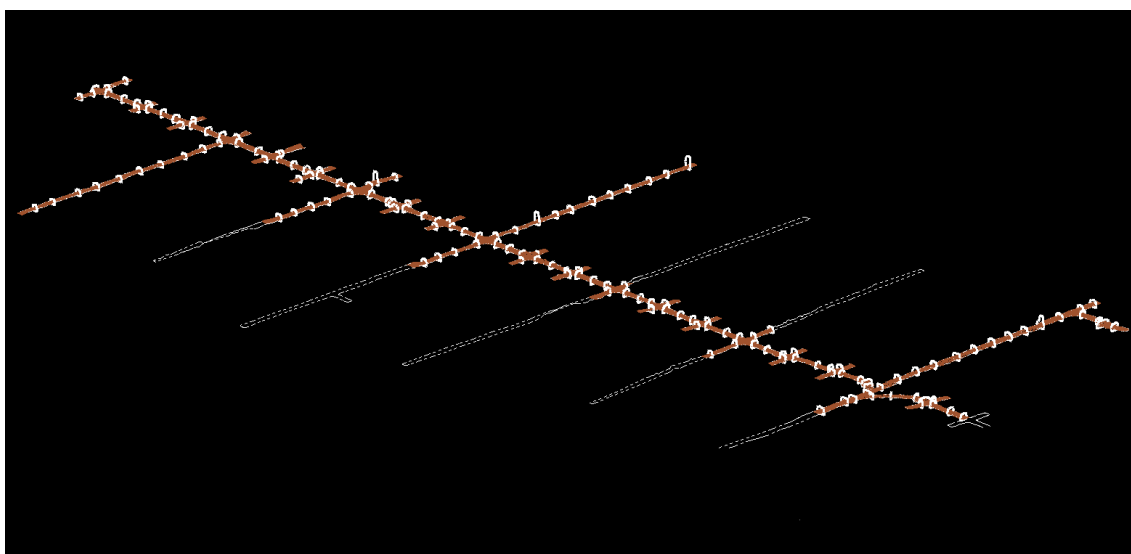
- *Důlní mapa +0m.dgn / +20m.dgn / +40m.dgn*
- *Hlubina +0m.dgn / +20m.dgn / +40m.dgn*
- *Inženýrské sítě +0m.dgn / +20m.dgn / +40m.dgn*

Výkresy	Názvy vrstiev	Popis
<i>Důlní mapa</i>	<i>Body podrobné důlní</i>	Body banského bod. poľa na počve
	<i>Hrany řezů – digitalizace</i>	Priečne rezy
	<i>Odvodnění lomu</i>	Odvodňovacie priekopy
	<i>Vlečky a trate</i>	Osa železničnej koľaje
	<i>Objekty a místa zvl_význ_</i>	El. rozvádzače, hasičské prístroje
	<i>Větrání</i>	Vetracie potrubia, ventilátory
	<i>Mříže zábradlí</i>	Mreže
	<i>Hrany řezů přibližne</i>	Približný priebeh pôdorysu +1m
	<i>Výstuže</i>	Výstuž – železná, murovaná
	<i>Hrany řezů – šibíky</i>	Vodorovné rezy šachiet
	<i>Hrany řezů +1m</i>	Pôdorys +1m
	<i>Dveře a vstupní vrata</i>	Dvere, vráta
	<i>Hrany řezů +1m výplň</i>	Plocha vytvorená s pôdorysu
<i>Body podrobné důlní - trny</i>	Body banského bod. poľa na strope	
<i>Hlubina</i>	<i>Hlubina</i>	Šachty a ich popis
	<i>Hlubin_rub_prov_m_popis</i>	Vstupy do štôlne
	<i>Hlub_rubání v prov_mapě</i>	Popis vstupov
<i>Inženýrské sítě</i>	<i>Elektrické vedení</i>	Svetlá, spínače
	<i>Sdělovací vedení</i>	Kamery, bankský telefón

Tab. 2 Rozdelenie výkresov do vrstiev

Po pripojení zákazky *UEF_Josef* do softvéru DULMAP bolo možné prejsť k importu celého vektorového modelu mapovanej oblasti. Vektorový model sa do zákazky vložil spôsobom referenčného výkresu, ktorý bol vo formáte *.dxf. Celá zákazka sa nachádzala v systémoch S-JTSK a Bpv a z toho dôvodu sa mohol model jednoducho umiestniť podľa súradníc. Následne sa vektorová kresba upravila a očistila od všetkých chýb v líniiach. Jednalo sa buď o nedokončenú kresbu v priečných rezoch alebo duplicitné línie v pôdoryse. Ďalej bolo nutné priradiť všetky prvky modelu do jednotlivých výkresov. Prvky sa priraďovali iba do výkresov s označením +0m, pretože mapovanie prebiehalo iba na základnom poschodí štôlne. V každom výkrese sa prvky rozdelili do príslušných vrstiev podľa ich účelu, v ktorých boli vizualizované pomocou oficiálnych značiek banských máp. Dodatočne boli do výkresu pridané ďalšie prvky ako plochy pôdorysu a body banského bodového poľa.

Výsledkom tohto procesu bola digitálna účelová banská mapa na podklade základnej banskej mapy v oblasti Mokrsko Západ (Obr. 23), ktorá bola umiestnená v spoločnej zákazke s existujúcou mapou oblasti Čelina. Medzi týmito dvoma oblasťami neexistovalo napojenie vo vektorovej kresbe s dôvodu, že ich delila prepojovacia chodba, ktorá nebola zmapovaná. Export účelovej banskej mapy Mokrska Západ prebiehal v rámci kladov mapových listov Státní mapy v mierke 1:5 000 (SM 5). Taktiež sa zo softvéru exportovala aj nová zákazka s názvom *UEF_Josef_2021*, v ktorej sa nachádzala vektorová kresba oboch oblastí štôlne. Táto zákazka bola uložená do príloh v digitálnej forme spolu s knižnicou buniek a čiar použitých pri vytváraní kresby.



Obr. 23 Vektorová kresba oblasti Mokrsko Západ

7.2 Banské predpisy

Všetky výsledné mapové výstupy v tejto diplomovej práci boli zhotovené v súlade s vyhláškou 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., kterou se mění a doplňuje vyhláška Českého báňského úřadu č. 435/1992., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem.*

Táto vyhláška upravuje vedenie, doplňovanie a uchovávanie banskej meračskej dokumentácie pre právnické a fyzické osoby pri banskej činnosti a činnosti vykonávanej banským spôsobom v zmysle zákona Českej národnej rady č. 61/1988 Sb., o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe, v znení zákona Českej národnej rady č. 542/1991 Sb. a pre organizácie, ktoré pre tieto účely vykonávajú projektové, výstavbové alebo iné práce.

Banská meračská a geologická dokumentácia musí zahŕňať hlavne údaje o ložisku, všetky banské diela, odvaly, výsypky a odkaliská ako aj povrchovú situáciu v rozsahu celého dobývacieho priestoru; ak je možné očakávať vzhľadom k úložným pomerom ložiska účinky dobývania aj mimo hranice dobývacieho priestoru, musí banská meračská dokumentácia obsahovať povrchovú situáciu aj v dosahu týchto účinkov. Ak sú banské diela alebo zariadenia umiestnená mimo dobývací priestor, musí dokumentácia zahrňovať aj táto diela alebo zariadenia.

Grafická časť banskej meračskej dokumentácie musí obsahovať:

- a) náčrty
- b) základnú banskú mapu
- c) profily a rezy
- d) mapu povrchu
- e) účelové banské mapy

Všetky práce spojené s tvorbou digitálnej dokumentácie musia byť prevádzkované s použitím softvéru, ktorého používanie sa riadi zvláštnymi predpismi (zákon č. 35/1965 Sb., v znení zákona č. 86/1996 Sb.). [15]

Základná banská mapa:

Základná banská mapa je technickým a právnym dokladom organizácie, vedeným pre banské činnosti a niektoré činnosti vykonávané bankým spôsobom. Vyhотовuje sa trvalým spôsobom ako originál na základe údajov získaných vlastným meraním alebo na základe prevzatých údajov. Obsahom mapy sú zákresy všetkých základných bankých, geologických a technických údajov a tiež údajov, ktoré sú nutné pre vedenie práce. Originál základnej banskej mapy sa vyhотовuje v mierke 1:500, 1:1000 alebo 1:2000, jednotne pre územie celého dobývacieho priestoru. Klad listov mapy nadväzuje na delenie evidenčnej jednotky (triangulačný list) v S-JTSK. [15]

Do základnej banskej mapy sa značkami zakresľujú:

- a) štvorcová sieť o rozmeroch 100 mm x 100 mm, prípadne iná súradnicová sieť
- b) štátne hranice a hranice katastrálnych území
- c) hranice chránených ložiskových území, chránených území a ochranných pásiem, dobývacích priestorov, ochranných pilierov, ochranných pásiem vrtov, prípadne iné obmedzenie činnosti
- d) základné a podrobné banké bodové pole
- e) prieskumné vrty, štôlne a šachty
- f) základné geologické údaje, plochy odpisov zásob ložiska
- g) banké a podzemné diela
- h) zariadenia a objekty slúžiace k bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a bezpečnosti prevádzky, vetrania a hasičskej ochrane
- i) údaje o predchádzajúcej banskej činnosti a ostatných činnostiach v podzemí
- j) údaje o objektoch a miestach zvláštnej dôležitosti
- k) úplná banká situácia v pásme najmenej 100 m za hranicou dobývacieho priestoru
- l) línie profilov a rezov
- m) vrty a sondy
- n) správne, sociálne a technologické objekty a zariadenia
- o) krasové a iné dutiny prírodného charakteru
- p) odkaliská, odvaly, výsyvky, skládky, úložiská odpadov a rekultivovanej plochy a ďalšie dôležité skutočnosti

Medzi základné banské mapy možno zaradiť:

- a) základná prieskumná mapa pri vykonávaní geologicko-prieskumných prác na ložiskách nerastov na povrchu a pri geologickom a hydrologickom prieskume.
- b) základná banská mapa pri hlbinnom dobývaní nerastov
- c) základná mapa lomu pri povrchovom dobývaní nerastov
- d) základná mapa pri ťažbe ropy a zemného plynu sondami
- e) základná mapa pri ťažbe lúhovaním sondami
- f) základná mapa vykonávaných prác na povrchu pri činnostiach vykonávaných banským spôsobom podľa zákona Českej národnej rady č. 61/1988 Sb., v znení zákona Českej národnej rady č. 542/1991 Sb.
- g) základná mapa zvláštnych zásahov do zemskej kôry

Mapa povrchu:

Mapa povrchu sa vedie podľa zvláštnych predpisov zákona č. 200/1994 Sb. na podklade pozemkovej mapy evidencie nehnuteľností. Mapa povrchu sa vedie v mierke základnej banskej mapy. Ak nedôjde k zhoršeniu čitateľnosti a prehľadnosti, môže byť mapa povrchu použitá ako podkladová mapa pre základnú mapu vykonaných prác pri niektorých činnostiach vykonávaných banským spôsobom. V prípade, že je mapa vedená digitálnou formou, je možné využiť ako vektorového tak rastrového zobrazenia. [15]

Účelová banská mapa:

Účelové banské mapy vedené digitálnou formou, majú svoj základ v digitálnej základnej banskej mape a sú tvorené odoberaním, dopĺňovaním, poprípade úpravou vrstiev grafického systému. Vedenie účelových banských máp sa riadi smernicou spracovanou hlavným banským meračom a schválenou vedúcim pracovníkom organizácie. [15]

Medzi účelové banské mapy patria:

- a) prevádzková banská mapa
- b) mapa vetrania
- c) mapa zdolávania havárií
- d) základná mapa závodu

7.3 Značenie v bankých mapách

Značenie použité vo výslednej účelovej banskej mape bolo v súlade s vyhláškou č. 435/1992 Sb. (Obr. 24). Všetky značky farebne odpovedali materiálom podľa tab. 3 a boli rozdelené do troch skupín. Prvú skupinu tvorili značky základných bankých máp, ktoré popisovali rozmery chodieb, polohu bodov bankého bodového poľa a dôležité zariadenia v štôlni. V druhej skupine sa nachádzali značky účelových bankých máp, ktoré popisovali hlavne technické zariadenia a inžinierske siete. Poslednú skupinu tvorili značky, ktoré sa nenachádzali priamo vo vyhláške. Tie boli buď vytvorené podľa vyhlášky v bakalárskej práci Ing. Gertrúdy Paštékovej (dvere, kamera) alebo sa prebrali zo softvéru DULMAP, kde boli nadefinované. [16]

Značky v základných bankých mapách

	Hrana pôdorysu +1m
	Približný priebeh pôdorysu +1m
	Hrana priečného rezu
	Plocha prístupnej počvy, farba podľa úrovne
	Záchranná stanica pomocná
	Rozvádzač pevný
	Stabilizovaný bod polohového bankého bodového poľa
	Stabilizovaný bod výškového bankého bodového poľa
	Ústie štôlne
	Dovrchné dielo jednoduché - päta diela
	Dovrchné dielo s ťažným oddelením - päta diela







Značky v účelových bankých mapách

	Výstuž
	Osa železničnej koľaje - jednokoľajná
	Ovodňovacie priekopy
	Vetracie potrubie
	Osvetľovacie teleso
	Hasiaci prístroj
	Banský telefón
	Ventilátor

Značky, ktoré sa nenachádzajú vo vyhláške

	Dvere a vstupné vráta
	Silové vedenie nízkeho napätia
	Kamera
	Zapínací bod osvetlenia

Obr. 24 Použité značky vo výslednej mapovej dokumentácii

Druh materiálu	Farba	Označenie
Drevo	žltá 	T3
Tehlový múr, plynosilikátové tvárnice	červená 	T5
Betón, betónové tvárnice	zelená 	T15
Železo	modrá 	T12
Sadra	modrá 	T10
Popolček, íl	žltá 	T2
Voda	modrá 	T12
Plyn	žltá 	T3
Vzduch (úžitkový)	zelená 	T29

Tab. 3 Farebné vyznačenie materiálov

7.4 Výsledná bankská dokumentácia

Výslednou bankskou dokumentáciou bola účelová bankská mapa na podklade základnej banskej mapy v oblasti Mokrsko Západ. Táto mapa musela byť rozdelená na štyri mapové výstupy, aby pokrývala celú mapovanú oblasť. Tieto mapové výstupy boli vyhotovené na základe kladu mapových listov Státní mapy v mierke 1:5 000 (SM 5). Taktiež sa vyhotovila aj mapa s obecným výrezom pre celú oblasť Mokrska Západ.

Počas exportu zo softvéru DULMAP sa pre každú mapu vygeneroval mapový rám, do ktorého sa vložila kresba mapy pomocou referenčného výkresu. Následne sa do mapy ručne pridal popis mapového listu a legenda použitých značiek. Po dokončení exportu sa všetky mapové výstupy vložili do príloh v papierovej a v digitálnej podobe vo formátoch *.pdf a *.dgn.

Formát mapy	Názov mapového výstupu	Mapový list SM 5	Mierka
A1	<i>UDM_Dobris_1-9_344</i>	Dobříš 1-9/344	1:500
	<i>UDM_Dobris_1-9_433</i>	Dobříš 1-9/433	
	<i>UDM_Krasna_Hora_1-0_122</i>	Krásna Hora 1-0/122	
	<i>UDM_Krasna_Hora_1-0_211</i>	Krásna Hora 1-0/211	
	<i>UDM_Obecny_Vyrez</i>	- - -	1:1000

Tab. 4 Rozdelenie mapových výstupov

Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo zmapovanie chodieb štôlne Josef v oblasti Mokrsko Západ a vytvorenie banskej mapovej dokumentácie. Do mapovanej oblasti bol pridaný aj úsek prepojovacej chodby a časť Mokrska Východ. Meranie v teréne prebiehalo pomocou 3D laserového skeneru Leica ScanStation P40 a celkovo bolo vytvorených 49 stanovísk, na ktorých sa zameralo mračno bodov. Dokopy bolo zameraných 1 050 m podzemných chodieb a získaných okolo pol miliardy bodov.

Spracovanie takého veľkého množstva dát si vyžadovalo špecializovaný softvér s názvom Leica Cyclone, v ktorom sa všetky dáta spojili a pripojili do systémov S-JTSK a Bpv. Presnosť registrácie bola charakterizovaná strednou absolútnou chybou, ktorá mala hodnotu 2,0 mm a bola postačujúca pre pokračovanie v spracovaní. Zo spojeného mračna bodov bol vytvorený drôtový 3D model, ktorý zachytával rozmery chodieb a polohu zariadení v štôlni.

V ďalšom kroku bolo nutné použiť pri spracovaní dát existujúcu mapovú dokumentáciu štôlne Josef. Pre tento účel bola využitá diplomová práca Ing. Ladislava Ritschela, v ktorej boli zjednotené všetky merania od roku 2016 do roku 2020. Jednalo sa o dáta z 3D laserového skenovania v oblasti Čelina, ktoré boli vizualizované do podoby digitálnej účelovej banskej mapy v softvéri DULMAP. V tomto softvéri sa spojila existujúca mapa s vytvoreným 3D modelom, ktorému bolo priradené značenie podľa vyhlášky 435/1992 Sb. *Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem*. Výsledkom tohto procesu bolo vyhotovenie účelovej banskej mapy na podklade základnej banskej mapy oblasti Mokrska Západ.

Do digitálnych príloh sa vložili všetky súbory, ktoré by mohli byť potrebné pri budúcom mapovaní štôlne Josef. Jedná sa hlavne o zákazku *UEF_Josef_2021* zo softvéru DULMAP, do ktorej je možné stále pridávať nové merania z terénu. Medzi nezmapované oblasti, ktoré by mohli byť objektom ďalších záverečných prác, stále patrí prepojovacia chodba medzi Čelinou a Mokrskom a taktiež aj oblasť Mokrska Východ, ktorá je zatiaľ neprístupná z bezpečnostných dôvodov.

Bibliografie

[1] Centrum experimentální geotechniky: Štola Josef [online]. [cit. 2021-03-02].

Dostupné z: <https://ceg.fsv.cvut.cz/o-nas/stola-josef>

[2] Centrum experimentální geotechniky: Areal štoly Josef [online]. [cit. 2021-03-02].

Dostupné z: <https://ceg.fsv.cvut.cz/o-nas/videogalerie/areal-stoly-josef/view>

[3] Centrum experimentální geotechniky: Projekty [online]. [cit. 2021-03-26].

Dostupné z: <https://ceg.fsv.cvut.cz/vyzkum/projekty>

[4] Centrum experimentální geotechniky: Schéma štoly Josef [online].

[cit. 2021-02-17]. Dostupné z: https://ceg.fsv.cvut.cz/CEG_site/o-nas/stola-josef/schema-stola-josef

[5] Centrum experimentální geotechniky: Mapa projektů podzemí (2013) [online].

[cit. 2021-03-24]. Dostupné z: https://ceg.fsv.cvut.cz/o-nas/ke-stazeni/mapa-projektu-v-podzemi-2013/at_download/file

[6] Centrum experimentální geotechniky: Výroční zpráva 2019 [online].

[cit. 2021-03-24]. Dostupné z: https://ceg.fsv.cvut.cz/o-nas/ke-stazeni/vyrocnizpravy/vyrocnizprava-2019/at_download/file

[7] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. Prohlížeč služba WMS - Ortofoto [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z:

https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx

[8] ŠTRONER, Martin. 3D skenovací systémy. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3.

[9] PAVELKA, Karel. *Exaktní metody průzkumu památek: s využitím geodetických a geofyzikálních metod*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2017. ISBN 978-80-01-05260-0.

- [10] SGM Lightwave: About 3D Laser Scanning [online]. [cit. 2021-04-03].
Dostupné z: <https://m.smartgeometrics.com/wp-content/uploads/2013/08/about-laser-scanning.jpg>
- [11] GEFOS Leica: LeicaScan Station P30/40/50 [online]. [cit. 2021-04-14].
Dostupné z: https://www.gefos-leica.cz/data/original/skenery/p40/leica_scanstation_p30-p40_cz.pdf
- [12] GEFOS Leica: Leica Cyclone [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z:
<https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/3d-laserove-skenovani/software/leica-cyclone>
- [13] Unicorn Systems: HSI [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z:
<https://unicorn.com/hsi>
- [14] RITSCHER, Ladislav. Mapa a 3D model oblasti Čelina ve štolě Josef. Praha, 2020. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta Stavební. Vedúci práce Ing. Tomáš Jířikovský, Ph.D.
- [15] FILIPEC, Vladislav. Báňské předpisy: úplné komentované znění. Ostrava: Montanex, 1997. Báňské publikace. ISBN 80-857-8088-7.
- [16] PAŠTĚKOVÁ, Gertrúda. Základní důlní mapa Podzemní laboratoře Josef. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta Stavební. Vedúci práce Ing. Michal Seidl, Ph.D.

Zoznam obrázkov

Obr. 1 Pohľad na areál štôlne Josef [2]	9
Obr. 2 Ortofotomapa s polohou štôlne Josef [5] [7]	12
Obr. 3 Mapa štôlne Josef [4] [5]	13
Obr. 4 Mapa projektov v oblasti Mokrsko Západ [6]	15
Obr. 5 Schéma merania skenovacím systémom [10]	17
Obr. 6 Schéma priestorovej polárnej metódy [11]	18
Obr. 7 Schéma princípu elektronického diaľkomeru [8]	19
Obr. 8 Mapa oblasti Mokrsko s vyznačením mapových rámov [4] [5]	22
Obr. 9 Mapa merania č. 1	23
Obr. 10 Mapa merania č. 2	24
Obr. 11 3D laserový skener Leica ScanStation P40	25
Obr. 12 Gul'ové terče umiestnené na počve štôlni	26
Obr. 13 Čiernobiely terč na statíve na bode 524	27
Obr. 14 Vizualizácia mračna bodov v ModelSpace	31
Obr. 15 Proces modelovania sféry	32
Obr. 16 Očíslované vlícovacie body	33
Obr. 17 Registrácia medzi susednými mračnami bodov	34
Obr. 18 Spojené mračno bodov	36
Obr. 19 Mračno bodov v režime výškovej mapy	37
Obr. 20 Proces vytvárania pôdorysu	37
Obr. 21 Proces vytvárania priečného rezu	38
Obr. 22 Vektorová kresba oblasti Čelina [14]	39
Obr. 23 Vektorová kresba oblasti Mokrsko Západ	41
Obr. 24 Použité značky vo výslednej mapovej dokumentácii	45

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Údaje o pripojovacích bodoch (S-JTSK, Bpv)	27
Tab. 2 Rozdelenie výkresov do vrstiev	40
Tab. 3 Farebné vyznačenie materiálov	46
Tab. 4 Rozdelenie mapových výstupov	46

Zoznam príloh

Prílohy v papierovej forme

- Mapové výstupy účelových bankských máp
 - UDM Dobříš 1-9/344
 - UDM Dobříš 1-9/433
 - UDM Krásna Hora 1-0/122
 - UDM Krásna Hora 1-0/211

Prílohy v digitálnej forme

- Text diplomovej práce – *Diplomova_praca.pdf/.docx*
- Protokol o registrácii v softvéri Leica Cyclone – *Protokol_registracia.txt*
- Mapové výstupy účelových bankských máp – *UDM*
 - *UDM_Dobris_1-9_344.dgn /.pdf*
 - *UDM_Dobris_1-9_433.dgn /.pdf*
 - *UDM_Krasna_Hora_1-0_122.dgn /.pdf*
 - *UDM_Krasna_Hora_1-0_211.dgn /.pdf*
 - *UDM_Obecny_Vyrez.dgn /.pdf*
 - *Referencny_vykres_MZ.dgn*
- Zákazka zo softvéru DULMAP – *Zakazka_DULMAP*
 - *Knihovny buněk*
 - *Knihovny čar*
 - *UEF_Josef_2021*
- Redukované mračno bodov (10 % s pôvodného množstva) – *Mracno_bodov.las*