

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra geomatiky

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Využití moderních metod sběru  
prostorových dat k dokumentaci  
podzemních chodeb v Domažlicích**

Plzeň, 2023

Bc. Kristýna Císlerová

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna CÍSLEROVÁ**  
Osobní číslo: **A20N0001P**  
Studijní program: **N3602 Geomatika**  
Studijní obor: **Geomatika**  
Téma práce: **Využití moderních metod sběru prostorových dat k dokumentaci podzemních chodeb v Domažlicích**  
Zadávací katedra: **Katedra geomatiky**

## Zásady pro vypracování

1. Proveďte rešerši stávající písemné i obrazové dokumentace podzemních chodeb.
2. Navrhněte a realizujte vhodný způsob sběru geodat v podzemních chodbách.
3. Analyzujte a zpracujte získaná geodata.
4. Vytvořte 3D model podzemních chodeb a navrhněte možnosti jeho prezentace uživatelům.

Rozsah diplomové práce: **cca 45 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- ŠVÁBENSKÝ, Otakar, BUREŠ, Jiří a VITULA, Alexej. *Geodézie v podzemních prostorách: Důlní měřičtví*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2007.
- PAVELKA, Karel, FALTÝNOVÁ, Martina, ŠVEC, Zdeněk a DUŠÁNEK, Petr. *Mobilní laserové skenování*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014.
- FILIPPO, Andrea di, ed. Use of a Wearable Mobile Laser System in Seamless Indoor 3D Mapping of a Complex Historical Site. *Remote Sensing*. 2018.
- ELLMANN, Artu, KÜTIMETS, Kaia, VARBLA, Sander, VÄLI, Erik a KANTER, Sander. Advancements in underground mine surveys by using SLAM-enabled handheld laser scanners. *Survey Review*. 2021.
- JEŘÁBKOVÁ, Lucie. *Průzkum podzemních prostor v Radnicích na Rokycansku*. Plzeň, 2018. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Radek Fiala, Ph.D.**  
Katedra geomatiky

Datum zadání diplomové práce: **11. listopadu 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2023**



---

**Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.**  
děkan



---

**Doc. Ing. Karel Janečka, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že předkládaná diplomová práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Všechny zdroje, prameny a literaturu, ze kterých jsem čerpala, v práci řádně cituji s uvedením úplného odkazu na příslušný zdroj. Dále prohlašuji, že použitý software, a s tím spojené prostředky, jsou legální.

V Plzni dne .....

.....

Bc. Kristýna Císlerová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Ing. Petrovi Fialovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, vstřícnost a ochotu. Dále děkuji panu Ondřeji Křížovi a firmě AGROREAL CZ, s.r.o, za poskytnutí konzultací a potřebného vybavení. V neposlední řadě bych ráda poděkovala Radkovi Čáňimu a Alexeji Petrašovskému ze spolku Domažlický dějepis, Mgr. Janu Šustrovi z Oddělení technické správy a podzemí statutárního města Jihlava, Vlastimilovi Svobodovi z Národního památkového ústavu, územního odborného pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny a Městskému kulturnímu středisku v Domažlicích.

Poděkování patří také mé rodině a přátelům za jejich podporu.

## **Abstrakt**

Předkládaná diplomová práce se zabývá využitím moderních metod sběru prostorových dat k dokumentaci podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic. V první části jsou uvedeny získané podklady týkající se podzemních prostor a výsledky jejich analýzy a zpracování. V další části je uveden přehled moderních metod sběru prostorových dat a podrobnější charakteristika těch, které byly využity pro splnění cílů diplomové práce. Třetí část se zabývá postupem sběru prostorových dat vybranými metodami, zpracováním získaných dat a porovnáním výsledků. V poslední části jsou popsány způsoby, kterými jsou výsledky z první a třetí části prezentovány uživatelům.

## **Klíčová slova**

podzemní prostory, Domažlice, metoda pozemního mobilní laserového skenování, metoda blízké fotogrammetrie, metoda obrazové korelace, prohlížeč Potree, webové stránky

## **Abstract**

The subject of the thesis being presented is the use of modern spatial data gathering methods in order to document underground rooms below the historic centre of Domažlice city. The first part lists the acquired sources concerning the underground rooms and the results of their analysis and evaluation. The next part lists the modern spatial data gathering methods and describes the ones which were used to achieve the goal. The third part describes the gathering process of the spatial data, their processing and the comparison of the results. In the final part the ways of presentation of the outcomes from the first and the third part of the thesis are described.

## **Keywords**

underground rooms, Domažlice city, terrestrial mobile laser-scanning, close range photogrammetry, image correlation, Potree viewer, website

# Obsah

Seznam zkratk	8
Úvod	9
1 Situace podzemních prostor	10
2 Rešerše dostupných pramenů	13
2.1 Písemné prameny	13
2.2 Obrazové prameny	20
3 Stručná historie města Domažlice a podzemních prostor	23
3.1 Historie města Domažlice	23
3.2 Historie podzemních prostor	24
4 Analýza a zpracování podkladů k sanaci podzemních prostor	28
4.1 Rozdělení podzemních prostor	28
4.2 Popis podzemních prostor	30
4.3 Plánované práce	32
4.4 Finanční rozpočet	37
5 Moderní metody sběru prostorových dat	42
5.1 Metoda pozemního mobilního laserového skenování	45
5.2 Metoda obrazové korelace	45
5.3 Metoda tachymetrie s elektronickým tachymetrem	46
6 Sběr prostorových dat zvolenými metodami	47
6.1 Využití měřické a neměřické přístroje	47
6.2 Sběr prostorových dat metodou pozemního mobilního laserového skenování	50
6.3 Pořízení fotodokumentace metodou blízké fotogrammetrie	53
6.4 Sběr prostorových dat přímými metodami	55
7 Zpracování a porovnání získaných dat	58
7.1 Použité technologie/software	58
7.2 Zpracování prostorových dat získaných přímými metodami	60
7.3 Zpracování prostorových dat získaných metodou pozemního mobilního laserového skenování	63
7.4 Zpracování fotodokumentace metodou obrazové korelace	69
8 Porovnání výsledků zpracování	76
9 Možnosti prezentace	78
9.1 Vizualizace pomocí prohlížeče Potree	78
9.2 Prezentace výsledků na webových stránkách	80
Závěr	84
Seznam použité literatury	86
Seznam obrázků	90
Seznam tabulek	93
Seznam příloh	94
Přílohy	95

# Seznam zkratek

nám. Míru	náměstí Míru
okr.	okres
k. ú.	katastrální území
č.	číslo
č. p.	číslo popisné
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
sv.	svatý/-á/-é
MěNV	městský národní výbor
ul.	ulice
obj.	objekt
DPZ	dálkový průzkum Země
GNSS	Global Navigation Satellite System
DMP	digitální model povrchu
DMR	digitální model reliéfu
RTK	Real Time Kinematic
IMU	inerciální měřická jednotka
BIM	Building Information Modelling
SfM	Structure from Motion
LiDAR	Light Detection and Ranging
MKS	městské kulturní středisko
PPBP	podrobné polohové bodové pole
ZVBP	základní výškové bodové pole
GPL	General Public License
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
GDPR	General Data Protection Regulation



# Úvod

Sklepní prostory staveb, především pod historickou městskou zástavbou, jsou často napojeny na podzemní chodby. Ty mohou tvořit systém podzemních chodeb, jehož poloha a podoba nemusí být v současné době známé. Podzemní chodby spolu se sklepními prostory byly v rámci předkládané diplomové práce souhrnně nazvány jako podzemní prostory. Tématu podzemních prostor byla na katedře geomatiky Západočeské univerzity v Plzni věnována např. kvalifikační práce (Jeřábková 2018). Problematika využití moderních metod sběru prostorových dat v podzemních prostorách k určení jejich polohy a podoby je často diskutována. Stále je vyvíjena snaha o nalezení takové metody, která by dosahovala přesných výsledků, ale zároveň by umožňovala snadný a rychlý sběr prostorových dat.

Pod historickým jádrem Domažlic se nachází mnoho podzemních prostor, které kdysi tvořily propojený systém – doposud je znám a zpřístupněn pouze systém podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru. Podzemní prostory zaujaly autorku předkládané diplomové práce především svým negativním vlivem na okolní zástavbu. Dalším důvodem byla diskutovaná problematika vlastnických práv na podzemní prostory. Protože doposud nebyl znám přesný vývoj těchto podzemních prostor, je cílem diplomové práce zjistit podrobné informace od doby jejich vzniku až po současnost. Ke zjištění polohy a podoby podzemních prostor existují metody sběru prostorových dat, které jsou v současnosti často využívány. Hlavním cílem je tedy využít více moderních metod sběru prostorových dat ve zpřístupněném systému podzemních chodeb, získaná prostorová data zpracovat a výsledky mezi sebou porovnat. Všechna data pak budou poskytnuta veřejnosti, a to pomocí moderní a snadno přístupné technologie.

Předkládaná diplomová práce se zabývá získáním současných i historických informací o podobě a poloze podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic. V současné době v jediném zpřístupněném systému podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru budou získány informace o poloze v podobě prostorových dat, a to několika moderními metodami. Tato data budou vizualizována a spolu s informacemi o všech podzemních prostorách zpřístupněna veřejnosti v podobě webových stránek.

V první kapitole diplomové práce je popsána poloha podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic a podoba systému podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru. Ve druhé kapitole jsou uvedeny písemné a obrazové prameny týkající se podzemních prostor a moderních metod sběru prostorových dat v podzemních prostorách. Třetí a čtvrtá kapitola obsahuje stručnou historii města Domažlice, historii podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic a další informace o podzemních prostorách získaných analýzou a zpracováním získaných podkladů. V další kapitole je uveden přehled moderních metod sběru prostorových dat a podrobnější charakteristika těch, které byly využity pro splnění cílů předkládané diplomové práce. Šestá, sedmá a osmá kapitola se věnuje sběru prostorových dat zvolenými moderními metodami, zpracování získaných dat a porovnání výsledků. V poslední deváté kapitole jsou uvedeny možnosti prezentace získaných výsledků celé diplomové práce.

# 1 Situace podzemních prostor

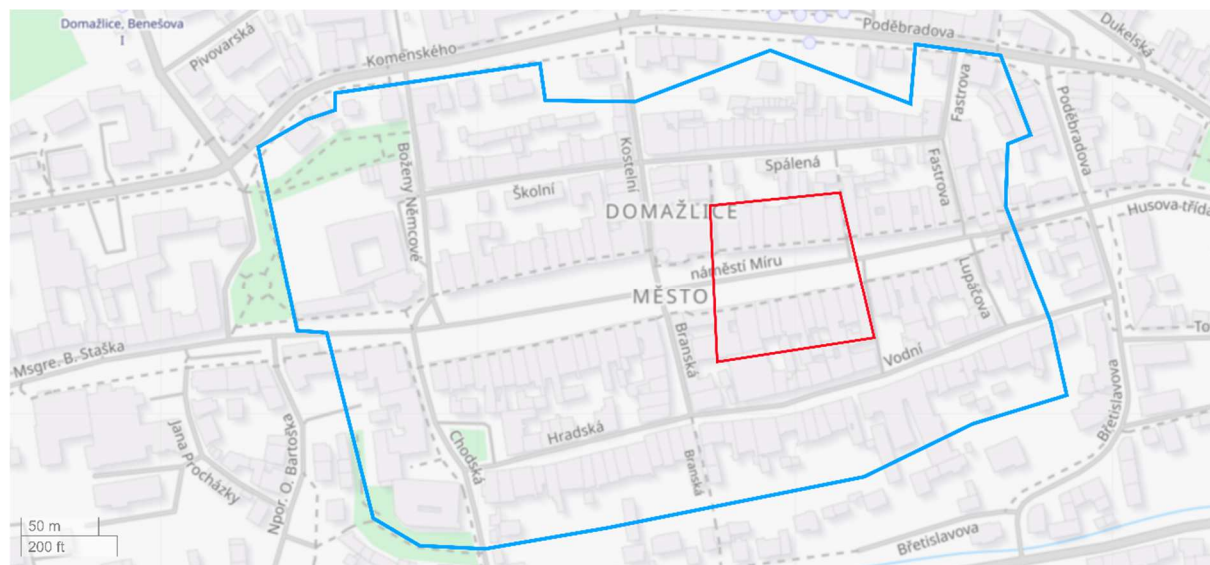
Město Domažlice (dále též Domažlice) leží v Plzeňském kraji (okr. Domažlice, k. ú. Domažlice č. 630853). Domažlice se nachází v příhraničí 9,5 km jihozápadně od města Horšovský Týn a 12,5 km od česko-německého hraničního přechodu Folmava.

Domažlice lze rozdělit do 6 městských částí – Bezděkovské předměstí, Dolejší předměstí, Havlovice, Hořejší předměstí, Město a Týnské předměstí. Znamé podzemní chodby, které jsou předmětem předkládané diplomové práce, se nacházejí v městské části Město, ve které se nachází i historické jádro Domažlic. Tato městská část je modře vyznačena na obr. 1.

Pod historickým jádrem Domažlic, které zahrnuje nám. Míru a postranní ulice Školní, Spálená, Hradská, Vodní, Boženy Němcové, Kostelní, Fastrova, Chodská, Branská a Lupačova se nachází mnoho sklepních prostor a podzemních chodeb. Ty jsou přístupné ze suterénu příslušných domů. Dle zjištěných informací by měly být situovány do 5 pater v hloubce 1 až 14 m pod povrchem. Na nám. Míru jsou potvrzena pouze 4 patra, přesný počet pater v postranních ulicích není znám. Poslední 4. patro sahá do hloubky 12 m pod povrchem, je nezpevněné a vysoké 1,5 m. (Spolek Domažlický dějepis 2021).

Sklepní prostory a podzemní chodby jsou buď situovány samostatně nebo jsou mezi sebou propojeny. Avšak přesný stav všech sklepních prostor a podzemních chodeb není znám – např. těch pod západní částí nám. Míru. Jedním z důvodů je to, že dochované situační plány neobsahují jejich aktuální stav. Některé také navazují na sklepní prostory soukromých domů, a i proto nemohly být podrobněji prozkoumány.

Sklepní prostory a podzemní chodby, které byly podrobněji prozkoumány, se nachází pod východní částí nám. Míru (na obr. 1 vyznačeno červeně). Některé podzemní chodby jsou vzájemně propojeny, a tvoří tak systém podzemních chodeb. Tento systém podzemních chodeb je do této doby největším systémem, který bylo možné prozkoumat.

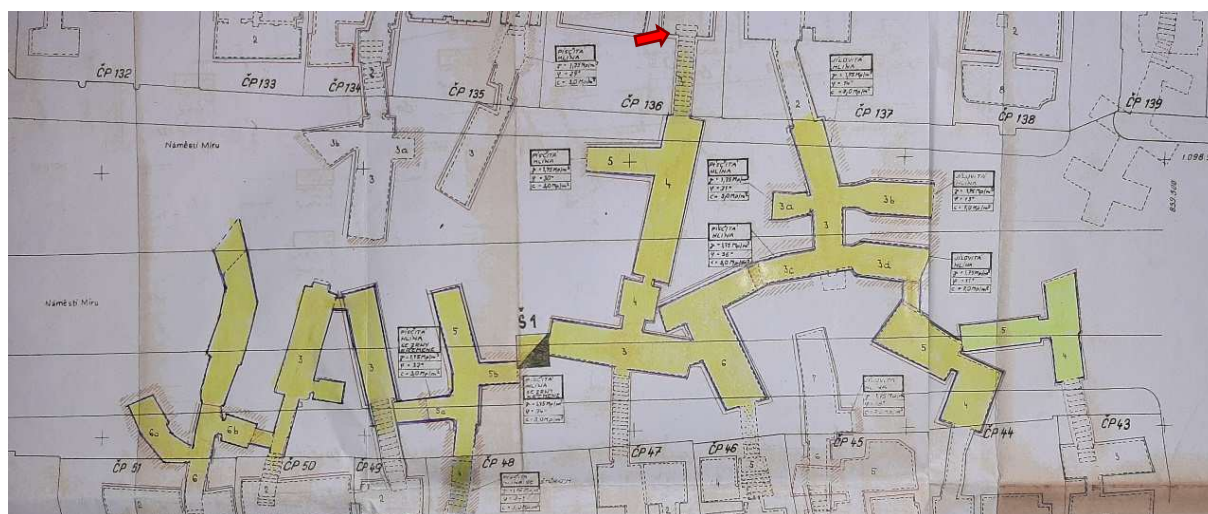


Obr. 1: Městská část Město (vyznačeno modře) a oblast systému podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru (vyznačeno červeně), podklad obrázku převzat z (OpenStreetMap contributors 2004)

Podzemní prostory sahají do hloubky 2 až 8 m pod povrchem – sklepní prostory se nacházejí v 1. patře, podzemní chodby ve 2. patře. Systém podzemních chodeb vznikl propojením

podzemních chodeb, které jsou přístupné z domů na nám. Míru č. p. 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 136 a 137. Netvoří ho jedna hlavní podzemní chodba, ale několik nerovnoměrně a nesymetricky rozmístěných podzemních chodeb, ze kterých ústí menší podzemní chodby či výklenky. Jejich délka je cca 240 m.

Na obr. 2 je vyobrazena situace systému podzemních chodeb. Originální situační plán zobrazující systém podzemních chodeb je v měřítku 1 : 200 orientován na sever (dále též situační plán podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200) – pro lepší orientaci byl do předkládané diplomové práce použit pouze výřez fotografie situačního plánu. Prozkoumané části systému podzemních chodeb jsou vybarveny žlutě. Jednotlivé podzemní chodby včetně sklepních prostor jsou očíslovány v rámci domu. Proto se mohou čísla chodeb opakovat. Očíslování je využito v textu níže při přesnějším popisu systému podzemních chodeb.



*Obr. 2: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200 s označením vstupu do systému podzemních chodeb*

Jediný oficiální vstup do systému podzemních chodeb vede přes dům č. p. 136, ve kterém sídlí Římskokatolická farnost Domažlice. Po průchodu přízemím se lze po několika schodech dostat do sklepních prostor. Z nich vede vstupní schodiště do systému podzemních chodeb s kamenným portálem (na obr. 2 označenou červenou šipkou, vyfotografován na obr. 3 na následující straně) – konkrétně do chodby č. 4, která ústí kolmo do chodby č. 3. Tím lze zbytek systému podzemních chodeb rozdělit na levou (východní) a pravou (západní) část. Podzemní chodba č. 3 je schodištěm propojená s domem č. p. 47. Při odbočení do levé části směrem do chodby č. 5b se prochází pod šachtou Š1, která ústí na povrch náměstí. Podzemní chodby jsou zakončeny v rostlé hornině nebo přepaženy betonovou příčkou (obr. 4 na následující straně), ze které nelze určit, zdali vedou dál, čímž by rozšiřovaly systém podzemních chodeb. Z levé části podzemních chodeb vedou další schodiště do sklepních prostor domů č. p. 48, 49, 50 a 51, z pravé do sklepních prostor domů č. p. 43, 44, 46 a 137. Schodiště jsou opatřena uzamykatelnými dveřmi, případně i mřížemi, mohou být také zadržena.

Vzhled ani rozměry podzemních chodeb se nezachovaly v původním stavu. Podlaha podzemních chodeb je sice ve většině případech hlíněná, stěny a stropy, které jsou klenbové, jsou ale vybetonované. Jen na několika málo místech je patrné původní zdivo. Podzemní chodby ztratily svůj historický význam a na návštěvníka působí dojmem válečného bunkru. Tento dojem podtrhne i to, že v podzemních chodbách není zavedena elektřina. Při návštěvě je tedy nutné využít přenosných svítilen. Proto byly nejen pro lepší orientaci, ale i z bezpečnostních důvodů, na stěnách umístěny šipky směrem k východu.



*Obr. 3: Vstupní schodiště do systému podzemních chodeb ze sklepního prostoru domu č.p. 136*



*Obr. 4: Zakončení podzemní chodby betonovou příčkou*

Pro oživení jednoduše byly spolkem Domažlický dějepis do systému podzemních chodeb umístěny police se starými lahvemi nejen z místních pivovarů (obr. 5). Mimo jiné se zde nachází také původní keramika a další staré předměty. Aby z návštěvy podzemních chodeb měly větší zážitek i děti, byl zde umístěn svítící a mluvící skřítek Skalník (skřítek Skalník zmiňován v (Kitzberger 1928)) – v chodském nářečí Škalník (obr. 6).



*Obr. 5: Staré pivní a jiné lahve*



*Obr. 6: Svítící a mluvící skřítek Skalník*

Další významné dochované systémy podzemních chodeb se nacházejí např. v Jihlavě, Klatovech, Plzni či ve Znojmě (systém podzemních chodeb v Jihlavě, Plzni a ve Znojmě podrobněji viz kapitola 2.1 *Písemné prameny, Město - Průvodce českou historií (Vondrušková a Vondruška 2018)*).

## 2 Rešerše dostupných pramenů

Nejprve bylo třeba provést rešerši dostupných pramenů a literatury. V rámci tohoto šetření byla vyhledána literatura, která se věnuje moderním metodám sběru prostorových dat. Vyhledány byly nejen odborné publikace a skripta, ale také články a případové studie, které se zabývají využitím moderních metod sběru prostorových v praxi. Dále byly v rámci tohoto šetření vyhledány a kontaktovány instituce a autoři regionální literatury, kteří by mohli poskytnout podklady týkající se historie Domažlic a podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic. Autorkou předkládané diplomové práce byl kontaktován spolek Domažlický dějepis a následně navštíven Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů.

### 2.1 Písemné prameny

#### 2.1.1 Odborná literatura

Odborné literatury na téma moderních metod sběru prostorových dat existuje mnoho. Níže jsou uvedeny vybrané publikace, které poskytují jak obecný úvod do této problematiky, tak představují konkrétní případy využití moderních metod, kterými se předkládaná diplomová práce zabývá.

- **Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči (Veselý 2014)**

Odborná a metodická publikace *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči* je výstupem plnění výzkumného cíle *Výzkum nemovitých památek v ČR, Aktuální metodické otázky průzkumu a dokumentace, ohrožené druhy památek a jejich vybrané exempláře*. Zabývá se problematikou stavu pořizování měřické dokumentace v památkové péči, památkářům a zeměměřičům předkládá podrobnou informaci, jak k této měřické dokumentaci přistupovat a jaké jsou specifické potřeby zejména v průzkumné oblasti. (Veselý 2014)

Měřická dokumentace je nedílnou součástí praktické památkové péče i vědeckého výzkumu historické architektury. Její kvalitní zpracování je důležité pro projektování, další rekonstrukci a posuzování vhodnosti navrhovaných zásahů stavby. Data pro tvorbu měřické dokumentace se sbírají moderními metodami, mezi které se dle (Veselý 2014) řadí metoda laserové skenování, fotogrammetrické metody a kombinace geodetických metod s využitím moderních přístrojů. Metodu laserového skenování pomocí laserového skeneru popisuje Veselý (2014) jako výkonný automatizovaný způsob získávání až milionů podrobných bodů v řádu vteřin. Primárním výsledkem je mračno bodů. Fotogrammetrické metody jsou založené na zpracování obrazového záznamu a umožňují zachycení povrchu i barevné informace snímaného objektu. Podle metody sběru prostorových dat se mění i použité přístroje, pomůcky a s tím i rizika nárůstu případných chyb a výsledná přesnost. Metody jsou voleny dle vlastností objektu zájmu a požadované podrobnosti na výstup.

Dále se odborná a metodická publikace zabývá např. specifikami měřické dokumentace historických staveb, mezi které lze jako části staveb se zvláštními nároky na zaměrování a zobrazování zařadit např. krovky. Také se věnuje častým nedostatkům při běžném zaměření

kleneb, dřevěných konstrukcí apod. V neposlední řadě řeší určování cen, časovou a personální náročnost a způsob a postup zadávání zakázek na měřickou dokumentaci.

Podrobnější informace jsou dostupné v odborné a metodické publikaci (Veselý 2014).

- **Mobilní laserové skenování (Pavelka et al. 2014)**

Odborná publikace *Mobilní laserové skenování* je výstupem výzkumné činnosti Laboratoře fotogrammetrie, Katedry geomatiky, FSv ČVUT v Praze v oblasti přímého určování prostorových informací moderními metodami laserového skenování (Pavelka et al. 2014). Je věnována především leteckému laserovému skenování, ale také rychle se rozvíjejícím moderním metodám mobilních mapovacích systémů, resp. mobilnímu laserovému skenování a metodám zpracování získaných dat do roku 2014.

Autoři se v odborné publikaci (Pavelka et al. 2014) věnují technologii leteckého a mobilního laserového skenování a s tím spojeným laserovým skenerům a principům, na kterých jsou založené. Při leteckém laserovém skenování je jako nosič využíváno např. letadlo nebo systém dálkově řízeného letadla (dále též RPAS). Typ laserového skeneru je vybírán vzhledem k jeho vlastnostem, které se hodí pro laserové skenování daného typu objektu. Jsou konstruovány i speciální batymetrické laserové skenery, se kterými je možné měřit hloubku moře. Důležité je také samotné plánování a průběh letu, které se řídí požadavky zadaného projektu. Dále se autoři v odborné publikaci věnují georeferencování dat leteckého laserového skenování a praktickému využití této metody, např. v projektu Nového výškopisného mapování České republiky. Mobilní laserové skenování je v (Pavelka et al. 2014) označováno za poměrně mladou a silně se vyvíjející technologii – podrobněji je popsána v kapitole 5.1 *Metoda pozemního mobilního laserového skenování*.

V odborné publikaci je část věnována také práci se samotným mračnem bodů jako výsledným produktem laserového skenování. Popisuje, jak se může takové mračno bodů vizualizovat, podle jakých algoritmů ho segmentovat a jaký software pro jeho prohlížení použít. Některé z těchto software jsou v dnešní době zastaralé, avšak např. online internetový prohlížeč *Online LIDAR point cloud viewer* je aktivní a vizualizuje i velká mračna bodů v řádech desítek milionů. Software pro zpracování naměřených dat se musí zvolit s přihlédnutím na to, jakou metodou byla data pořízena, protože mračna bodů pořízená metodou mobilního laserového skenování mají na rozdíl od dat leteckého laserového skenování různou hustotu bodů v závislosti na vzdálenosti od laserového skeneru. Proto nelze použít jeden univerzální software.

Podrobnější informace jsou dostupné v odborné publikaci (Pavelka et al. 2014).

- **Underground Oil Shale Mine Surveying Using Handheld Mobile Laser Scanners (Kütimets et al. 2021)**

Studie *Underground Oil Shale Mine Surveying Using Handheld Mobile Laser Scanners* se zabývá využitím ručních mobilních laserových skenerů v ropném břidlicovém dole a následným zpracováním získaných prostorových dat. Důraz byl kladen na použitelnost zařízení při průzkumu dolů, schopnost zkrátit dobu průzkumu, jednoduchost manipulace, efektivitu zpracování dat a také dosažitelnou přesnost. Studie se také věnuje využití metody statického laserového skenování, která se pro zaměření důlních prostor obecně využívá a oproti mobilnímu laserovému skenování dosahuje pravidla zpravidla lepší přesnosti. Proto byla data získaná touto metodou použita pro ověření přesnosti metody ručního mobilního laserového skenování. Využití klasických geodetických metod k zaměření důlních prostor by bylo časově náročné, a kvůli nerovnému povrchu a stavbě dolu by mohlo dojít k nárůstu chyb.

V rámci studie (Kütimets et al. 2021) byly zkoumány dva různé těžební bloky. Pro sběr prostorových dat byl použit statický laserový skener Faro Focus<sub>3D</sub>X330 a ruční mobilní laserový skener GeoSLAM ZEB-REVO založený na algoritmu SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Laserové skenování pomocí statického laserového skeneru bylo více jak dvakrát pomalejší. Následně byla získaná data zpracována do podoby mračna bodů. Mračno získané ručním mobilním laserovým skenerem se zdálo méně ostré a body měly větší rozptyl. Rozdíly mezi mračny bodů, které byly mezi 2 až 5 cm v horizontálním i vertikálním směru, však vyhovovaly požadavkům na přesnost důlního průzkumu. Dále byly metody porovnány na základě ploch průřezů, objemů a polohy nosných pilířů. Rozdíly byly malé a splňovaly požadavky na přesnost.

Výsledky ručního mobilního laserového skenování poskytují realistický výsledek a splňují požadavky na přesnost. Použití ručního mobilního laserového skeneru je navíc rychlé a snadno se s ním manipuluje. Metoda ručního mobilního laserového skenování je dle předem stanovených podmínek této studie nejvhodnější metodou pro podzemní průzkumy těžebních prostor.

Podrobnější informace jsou dostupné ve studii (Kütimets et al. 2021).

- **Fotogrammetrie (Pavelka 2003a)**

Skripta *Fotogrammetrie* se zabývají historií fotogrammetrie, zaměřují se nejen na trvale platné matematicko-fyzikální základy, ale i na rozvoj jednotlivých odvětví fotogrammetrie.

Pavelka ve skriptech (2003a) popisuje vývoj fotogrammetrie ve světě i na našem území od poloviny 19. století přes její velký rozvoj v 80. letech 20. století zapříčiněného vlivem vývoje výpočetních technologií. Věnuje se teorii vzniku obrazu, volbou souřadnicových systémů, druhům fotografických komor pro pořízení klasické i digitální fotografie.

Pavelka (2003a) řadí fotogrammetrii mezi vědní obory, které se zabývají získáváním primárních informací o předmětech na základě exaktního měření. Nositelem těchto informací je obrazový záznam. Ten může být ve formě klasické fotografie nebo digitální. Ve skriptech je velká část věnována také jednotlivým odvětvím fotogrammetrie. Ta lze rozdělit do skupin dle polohy stanoviska, počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků, způsobu technologického zpracování a záznamu výstupních hodnot fotogrammetrického vyhodnocení. Tyto skupiny lze dále dělit na další metody, které lze mezi sebou kombinovat (podrobněji viz kapitola 5 *Moderní metody sběru prostorových dat*). U těchto metod je v (Pavelka 2003a) dále uvedeno, na jakém principu pracují, jak se jednotlivé snímky získávají a jakým způsobem je lze vyhodnocovat. Obecně metody pracující s digitálním obrazovým záznamem řadí Pavelka (2003a) mezi rychle se rozvíjející, moderní metody.

Podrobnější informace jsou dostupné v odborné publikaci (Pavelka 2003a).

- **3D Virtualization by Close Range Photogrammetry Indoor Gothic Church Apses. The Case Study of Church of San Francisco in Betanzos (La Coruña, Spain) (Ramos a Prieto 2015)**

Případová studie *3D Virtualization by Close Range Photogrammetry Indoor Gothic Church Apses. The Case Study of Church of San Francisco in Betanzos (La Coruña, Spain)* si klade za cíl vyřešit problém při sběru prostorových dat a následné virtualizaci interiérů gotických kostelů. Ty bývají často špatně osvětlené. Autoři se v (Ramos a Prieto 2015) zabývají využitím metody blízké fotogrammetrie, která je oproti metodě laserového skenování méně finančně náročná. Sběr prostorových dat laserovým skenerem by byl dle (Ramos a Prieto 2015) rychlejší

a mohl by probíhat za horších světelných podmínek. Začištění mračna bodů by bylo ale časově náročné a pro nastavení textury výsledného 3D modelu by musela být pořízena dodatečná fotodokumentace. Předmětem případové studie byla apsida gotického kostela Church of San Francisco in Betanzos a pro sběr prostorových dat byla použita metoda blízké fotogrammetrie.

Před pořízením fotodokumentace bylo nutné nastavit homogenní světelné podmínky. Snímky byly pořizovány digitálním fotoaparátem Canon 550D SRL s 60% překrytem. Vlíčovací body byly zaměřeny totální stanicí Leica TCR370. Pro zpracování byl použit software *Agisoft PhotoScan Professional* (pozn. autorky – dnes přejmenován na *Agisoft Metashape Professional*). Celkem bylo zpracováno 40 snímků a výsledkem byl texturovaný 3D model. Pokud by bylo pořízeno více snímků, které by zachycovaly detailněji i nežádané objekty, jako jsou např. lampy nebo květiny, bylo by možné tyto objekty ze z výsledného mračna bodů, resp. 3D modelu eliminovat. Některá místa, které nebylo možné detailně nasnímat z dostatečné vzdálenosti, ve výsledném 3D modelu přesně neodpovídaly realitě. Tyto mezery jsou při zpracování 3D modelu automaticky vyplňovány. Stejný problém by však nastal i u laserového skenování, pokud by paprsek laserového skeneru neměl dostatečný dosah. I přes to výsledný 3D model dostatečně zachycoval detaily i texturu apsidy a byl vyhovující pro další dokumentaci nebo umístění do virtuální prohlídky.

Podrobnější informace jsou dostupné v případové studii (Ramos a Prieto 2015).

- **3D laser scanning and close-range photogrammetry for buildings documentation: A hybrid technique towards a better accuracy (Fawzy 2019)**

Článek *3D laser scanning and close-range photogrammetry for buildings documentation: A hybrid technique towards a better accuracy* se zabývá kombinací metod laserového skenování a blízké fotogrammetrie aplikované za účelem získání přesnější dokumentace 3D objektů. Dále se věnuje srovnání blízké fotogrammetrie a metod sběru prostorových dat využívající totální stanici. Objektem zájmu byla mešita v kampusu univerzity Kafrelsheikh University v Egyptě. Fawzy (2019) považuje metody laserového skenování a blízké fotogrammetrie za snadné, rychlé, spolehlivé, inovativní a cenově dostupné metody s velkým potenciálem.

Geometrické vlastnosti povrchu budovy byly zjištěny geodetickými metodami s využitím totální stanice SOKKIA CX-105. Výsledná data byla považována za základní. Měřickým digitálním fotoaparátem Nikon D7200 byla pořízena fotodokumentace mešity, která byla dále nasnímana statickým laserovým skenerem TOPCON GLS-2000. Výsledná mračna bodů byla spojena v jedno a společně s jednotlivými mračny bodů byla porovnána za pomoci dvaceti kontrolních bodů, deseti kontrolních délek a šesti kontrolních úhlů. Metoda laserového skenování byla v tomto případě přesnější než metoda blízké fotogrammetrie. Avšak spojená mračna bodů vedla ke snížení počtu případů slepých míst. Proto nakonec byla metoda kombinace laserové skenování a blízké fotogrammetrie nejpřesnější.

Podrobnější informace jsou dostupné v článku (Fawzy 2019).

## 2.1.2 Zájmová literatura

- **Domažlice, Město – historicko-turistický průvodce č. 3 (Procházka 1993)**

Historicko-turistický průvodce *Domažlice, Město – historicko-turistický průvodce č. 3* je věnován Domažlicím, jakožto významnému místu z hlediska historického i památkového.



Zaměřuje se nejen na historii Domažlic, ale také na významné památky ve městě i v jeho blízkém okolí.

Procházka v průvodci (1993) popisuje vývoj Domažlic od vzniku celní osady v 10. století až do 20. století (podrobněji viz kapitola 3 *Stručná historie města Domažlice a podzemních prostor*).

Dále je v průvodci věnována pozornost stávajícím i zaniklým významným památkám. Uvnitř městské části Město se dnes nachází např. Chodský hrad, Augustiniánský klášterní kostel Nanebevzetí Panny Marie nebo kostel Narození Panny Marie. K němu přísluší domažlická šikmá věž, která je vysoká 56 m, nakloněná o 59 cm od svislé osy a svým půdorysem je přímo spojena s kostelem. Historické jádro Domažlic obklopovaly městské hradby, ze kterých se do dnešních dob zachovala pouze Dolní brána, fortna nebo krátké úseky hradeb, které leží na soukromých zahradách. Mimo městskou část Město stával např. vedle kostela U Svatých, který stojí dodnes, kostel sv. Jakuba. V blízkém okolí Domažlic je pozornost věnována Poutnímu kostelu sv. Jana Nepomuckého na Veselé Hoře či Baldovskému návrší.<sup>1</sup>

Podrobnější informace, fotografie a obrázky Domažlic a památek jsou dostupné v průvodci (Procházka 1993).

- **Paměti dějepisné – edice kroniky domažlického děkana (Hájek 2013)**

Kniha kronikářského charakteru napsána slovy domažlického rodáka a děkana Karla Hájka je věnována Domažlicím v 60. a 70. letech 19. století. Autor v kronice sepisuje své postřehy a paměti nejen o událostech v samotných Domažlicích a okolí, ale také zachycuje mentalitu, názory a vyjadřování městské elity. Mimo jiné obsahuje i slovník cizích a staročeských slov.

Autor v knize (Hájek 2013) zmiňuje den 19. září 1864, kdy se měšťanka procházející Vodní ulicí propadla do zatopeného sklepa (viz kapitola 3 *Stručná historie města Domažlice a podzemních prostor* Stručná historie města Domažlice a podzemních).

Podrobnější informace, fotografie a obrázky jsou dostupné v knize (Hájek 2013).

- **Město - Průvodce českou historií (Vondrušková a Vondruška 2018)**

Výpravná encyklopedie je věnována vzniku a vývoji měst od hradištní doby až po nástup industriální urbanizace. Věnuje se nejen stavebnímu a funkčnímu vývoji městských celků a jednotlivých staveb, ale také propojení života měšťanů s daným sídelním typem.

Autoři se v encyklopedii (Vondrušková a Vondruška 2018) věnují vzniku a funkčnímu využití městského systému podzemních chodeb. Pod většinou gotických a renesančních městských domů vznikaly rozlehlé sklepní prostory, někdy dokonce ve 2 až 3 patrech pod sebou. Tyto sklepní prostory byly později propojeny, a tak vznikl systém podzemních chodeb, které svou délkou někdy převyšovaly i rozsah pozemních komunikací uvnitř hradeb. Takovéto systémy podzemních chodeb byly po staletí budovány a rozšiřovány. Avšak k rozsáhlejšímu propojování sklepních prostor a podzemních chodeb docházelo až v 17. století a později. Prvotní funkce sklepních prostor byla ryze hospodářská – sloužily k uskladnění a uchování potravin. Dále sloužily k ochraně majetku a postupem času byly ve sklepních prostorách budovány i odvodňovací systémy. Později byly při propojování stávajících sklepních prostor budovány nové podzemní chodby, které vedly vně hradeb do hradu či kláštera. Ačkoli se

---

<sup>1</sup> Všechny zmíněné stavby hrály roli při vývoji podzemních prostor v Domažlicích (viz kapitola 3 *Stručná historie města Domažlice a podzemních prostor*).

nabízí, že tyto podzemních chodby sloužily k evakuaci obyvatel vně hradeb či naopak pro usnadnění přístupu rytířům nebo mnichům do hradem města, jejich účel byl většinou prostší – sloužily jako kanalizace pro odvádění splaškové a dešťové vody.

V encyklopedii jsou také zmiňovány významné dochované městské systémy podzemních chodeb. Mezi nejvýznamnější patří systém podzemních chodeb ve Znojmě. S délkou 27 km, rozlohou 35 až 40 ha a až 4 patry je považován za nejrozsáhlejší v České republice a za jeden z největších ve střední Evropě. Druhým nejrozsáhlejším systém podzemních chodeb je systém v Jihlavě. S délkou 25 km se rozkládá na ploše zhruba 5 ha. Podzemní městské systémy ve Znojmě a v Jihlavě se začaly budovat ve 14. století. Dalším systémem podzemních chodeb je systém v Plzni. Celková délka je necelých 17 km a je ze zmíněných systémů podzemních chodeb nejstarší. Některé podzemních chodby vznikly již ve 13. století.

Podrobnější informace a fotografie jsou dostupné v encyklopedii (Vondrušková a Vondruška 2018).

- **spolek Domažlický dějepis (spolek Domažlický dějepis 2021)**

Spolek Domažlický dějepis sbírá informace historického charakteru nejen o Domažlicích, ale i o celém Chodsku a jeho obyvatelích. Tyto informace, jako jsou např. staré fotografie, novinové články, pohlednice a jiné zajímavosti dále publikuje a předává je tak široké veřejnosti. V rámci tohoto šetření se také věnuje štolám a podzemním prostorám v Domažlicích a okolí.

Spolkem Domažlický dějepis, v zastoupení Radkem Čánim a Alexejem Petrašovským, byly poskytnuty informace o podzemních chodbách pod historickým jádrem Domažlic. Informace se týkaly nejen vzniku, vývoje, původního vzhledu, rozsahu, počtu a hloubky pater podzemních chodeb, ale také k čemu byly využívány. Dále byly poskytnuty informace týkající se sekvence propadů podzemních prostor pod domy č. p. 123, 124 a 125, propadu vozovky u Dolní brány a nalezení 3. patra podzemních chodeb při průzkumných pracích pod domem č. p. 123. Další informace se týkaly výskytu studen v podzemních prostorách, nalezení dvou stříbrných pokladů a ztracení 7letého chlapce v podzemních chodbách. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

### 2.1.3 Archivní prameny

- **Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny**

Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny bylo nejrozsáhlejším zdrojem informací týkajících se sanace podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic. Nalezené dokumenty byly uloženy v hlavních deskách s názvem Domažlice, Asanace podzemí historického jádra, stavba I, II, III – Rudný projekt – pobočka Brno, s označením PPOP: 037-4\*14959, PPOP:034-4\*15119. Ty obsahovaly desky s označením PPOP 037-4\*14959, 034-4\*14961, zak. č. 506-02-6-0002-1, archiv. č. B-506.01-000/04 a desky s označením PPOP 034-4\*14966, PPOP 034-4\*14991, PPOP 034-4\*15119, PPOP 037-4\*14959, zak. č. 506-01-3-1506-2, archiv. č. B-1506.11-JP.000. Dále byly v hlavních deskách uloženy souhrnné desky obsahující dokumenty ke stavbě IV, souhrnné desky obsahující dokumenty ke stavbě V a souhrnné desky obsahující dokumenty ke stavbě VI.

V deskách s označením PPOP 037-4\*14959, 034-4\*14961, zak. č. 506-02-6-0002-1, archiv. č. B-506.01-000/04 byl nalezen Projektový úkol staveb I, II a III z března roku 1967, s označením PPOP 037-4\*14959, PPOP: 034-4\*14961, zak. č. 506-02-6-0002-1,

archiv. č. B-506.01-000/04 (dále též Projektový úkol staveb I, II a III). Ten obsahoval informace o účelu staveb, o rozsahu staveb a jejich návaznosti na povrchovou zástavbu, inženýrsko-geologický posudek, charakteristiku prováděných prací, rozpočtové náklady, organizaci provádění stavby, situační plán staveb I, II a III v měřítku 1 : 1 000 a situační plán jednotlivých staveb v měřítku 1 : 200. Dále desky obsahovaly Technickou zprávu z 29. května 1967 jako jednostupňový projekt s označením PPOP 037-4\*14962, PPOP 034-4\*14965, zak. č. 506-03-3-0010-1, archiv. č. B-0010.04-JP.800/04 (dále též Technická zpráva staveb I, II a III). Ta hodnotila inženýrsko-geologický posudek a sloužila jako podklad pro projektování sanačních prací. Její součástí byl také popis podzemních prostor a informace o polních kuželových zkouškách, jejichž výsledky sloužily jako vstupní hodnoty pro statický přepočítání tehdejších vyzdívek a obezdívek. V rámci závěrečného hodnocení inženýrsko-geologického posudku byl přiložen návrh sanačních prací a situační plány staveb I, II a III.

Desky s označením PPOP 034-4\*14966, PPOP 034-4\*14991, PPOP 034-4\*15119, PPOP 037-4\*14959, zak. č. 506-01-3-1506-2, archiv. č. B-1506.11-JP.000 obsahovaly Jednostupňový projekt stavby I z dubna 1967 s označením PPOP 036-4\*14968, zak. č. 506-01-3-1506-1, archiv. č. B-1506.04.01-JP.000/04 a stavby II z července 1967 s označením PPOP 037-4\*14966, PPOP 036-4\*14969, zak. č. 506-01-3-1506-2, archiv. č. B-1506.11.01-JP.000/04 (dále též Projekt stavby I a II). Ten se týkal plánu organizace výstavby, souhrnu použitého materiálu a souhrnného odbytového rozpočtu. V těchto deskách se dále nacházely desky věnované pouze stavbě II, s označením PPOP 037-4\*14970, PPOP 034-4\*14982, zak. č. 506-01-3-1506-2, archiv. č. B-1506.11.01-JP.000. Ty obsahovaly technickou zprávu jako jednostupňový projekt z července 1967, která řešila zajištění podzemních prostor 2. patra objektů č. 1 a 2. Dále v nich byl založen Předběžný rozpočet z 11. července 1967 pro objekt č. 1 s označením PPOP 036-4\*14971, zak. č. 506-01-3-1506-2 a pro objekt č. 2 s označením PPOP 036-4\*14983, PPOP 034-4\*14991, zak. č. 506-01-3-1506-2, který nezahrnoval náklady po skutečném provedení (dále též Předběžný rozpočet stavby II). Rozpočet se týkal cen za vypůjčené pracovní vybavení, cen za zámečnické konstrukce a nátěry a cen sanačních prací. Ceny sanačních prací byly sepsány nejen souhrnně pro celou stavbu po objektech č. 1 a 2, ale také podrobně po jednotlivých domech, které do objektů spadaly. Nakonec byly v deskách založeny výkresy dveří v měřítku 1 : 10 a 1 : 25 (příloha č. 1) a půdorysy a řezy podzemních chodeb v měřítku 1 : 50 (příloha č. 2). V hlavních deskách byly dále uloženy desky pro stavbu III s označením PPOP 034-4\*14992, PPOP 034-4\*15008 a desky pro stavbu III s označením PPOP 034-4\*15009, PPOP 034-4\*15021, které obsahovaly výkresy dveří v měřítku 1 : 10 a 1 : 25 a půdorysy a řezy podzemních chodeb v měřítku 1 : 50.

V souhrnných deskách obsahujících dokumenty stavby IV byly uloženy desky s názvem Zajištění podzemí města Domažlice, Stavba IV – objektu č. 1, PPOP 037-4\*15022, PPOP 034-4\*15053, zak. č. 506-01-3-1506-4, archiv. č. B-1506.10-KS.000. Ty obsahovaly Technickou zprávu – konečné stádium z července 1968 s označením PPOP 037-4\*15022 (dále též Technická zpráva stavby IV, objektu č. 1). Ta řešila popis podzemních prostor a způsoby sanace. Dále obsahovala přehledné povrchové mapy v měřítku 1 : 200 (povrchová situace vyhotovena fotozvětšením mapy 1 : 1 000, situace podzemních prostor jako kopie fotozvětšením originálů 1 : 50), půdorysy a řezy podzemních chodeb v měřítku 1 : 50, výkresy dveří v měřítku 1 : 10, výkres zábradlí a detail madla v měřítku 1 : 2 (příloha č. 3). Dále v deskách byly uloženy desky s názvem Asanace podzemí historického jádra města Domažlice, Stavba IV – objekt č. 2, PPOP 037-4\*15054, PPOP 034-4\*15072, zak. č. 506-01-3-1506-4, archiv. č. B-1506.10-02-KS.000. Ty obsahovaly Technickou zprávu – konečné stádium z července 1968 s označením PPOP 037-4\*15054 (dále též Technická zpráva stavby

IV, objektu č. 2). Ta řešila popis podzemních prostor a způsoby sanace. Dále obsahovala přehledné povrchové mapy v měřítku 1 : 200, půdorysy a řezy podzemních chodeb v měřítku 1 : 50, výkres dveří v měřítku 1 : 10 a detail madla v měřítku 1 : 2.

V souhrnných deskách obsahující dokumenty stavby V byly uloženy desky s názvem Zajištění podzemí města Domažlice, Stavba V – konečné stádium, PPOP 037-4\*15073, PPOP 034-4\*15090, zak. č. 506-01-3-1506-5, archiv. č. B-1506.23-KS.000. Ty obsahovaly Technickou zpráva – konečné stádium z října 1968 s označením PPOP 037-4\*15073 (dále též Technická zpráva stavby V). Ta řešila popis podzemních prostor a způsoby sanace objektů č. 1 a 2 a obsahovala půdorysy a řezy podzemních chodeb v měřítku 1 : 50 a výkres dveří v měřítku 1 : 10. Dále v deskách byly uloženy desky s názvem Zajištění podzemí města Domažlice, Stavba V – objekt č. 2, konečné stádium, PPOP 037-4\*15083, PPOP: 034-4\*15090, zak. č. 506-01-3-1506-5, archiv. č. B-1506.23.02-KS.000. Ty obsahovaly půdorysy a řezy podzemních chodeb v měřítku 1 : 50.

V souhrnných deskách obsahující dokumenty stavby VI byly uloženy desky s názvem Zajištění podzemí města Domažlice, Stavba VI – objekt č. 1, PPOP 037-4\*15091, PPOP: 034-4\*15103, zak. č. 506-01-3-1506-6, archiv. č. B-1506.29.01-KS.000. Ty obsahovaly Technickou zprávu – konečné stádium z března 1969 s označením PPOP 037-4\*15091 (dále též Technická zpráva stavby VI). Ta řešila popis podzemních prostor a způsoby sanace. Dále v deskách byly uloženy desky s názvem Zajištění podzemí města Domažlice, Stavba VI – obj. č. 1, Rozpočet, PPOP 036-4\*15092, zak. č. 506-01-3-1506-6, archiv. č. B-1506.29.01-KS.000 (dále též Rozpočet stavby VI). Ty obsahovaly finanční rozpočet stavby VI a výkres dveří v měřítku 1 : 10, výkres zábradlí a detail madla v měřítku 1 : 2 a výkres ocelového okna v měřítku 1 : 20 (příloha č. 4).

Na konci *Seznam použité literatury* na str. 89 se nachází tab. 20, která shrnuje zkrácené a originální názvy archivních pramenů.

## 2.2 Obrazové prameny

Obrazových pramenů zachycujících podzemní prostory pod historickým jádrem Domažlic nebylo doposud mnoho nalezeno. Dochovaly se dobové fotografie, které do předkládané diplomové práce poskytl spolek Domažlický dějepis. Při návštěvě systému podzemních chodeb si lze tyto fotografie prohlédnout vystavené v jedné z podzemních chodeb.

Fotografie zachycující podzemní prostory pod historickým jádrem Domažlic byly pořízeny ve 20. století. Fotografie na obr. 7 na následující straně zachycuje dělníka při rozšiřování podzemních prostor. Dle spolku Domažlický dějepis pracovali na budování, rozšiřování a zpevňování podzemních prostor místní obyvatelé, dělníci a horníci, kteří pracovali v dolech nedaleko Domažlic.

Ostatní fotografie na obr. 8 a 9 na následující straně a na obr. 10 a 11 na str. 22 zachycují podobu podzemních prostor při jejich rozšiřování. Lze si všimnout, že podzemní prostory byly raženy v rostlé hornině, která byla tvořena kameny různých tvarů a velikostí. Na zpevnění stropní klenby vyfotografovaných podzemních prostor bylo použito cihelné zdivo.

Z doposud zjištěných informací se bohužel nepodařilo určit, ve kterých podzemních prostorách pod historickým jádrem Domažlic byly níže přiložené fotografie pořízeny.



*Obr. 7: Dělník při rozšiřování podzemních prostor*



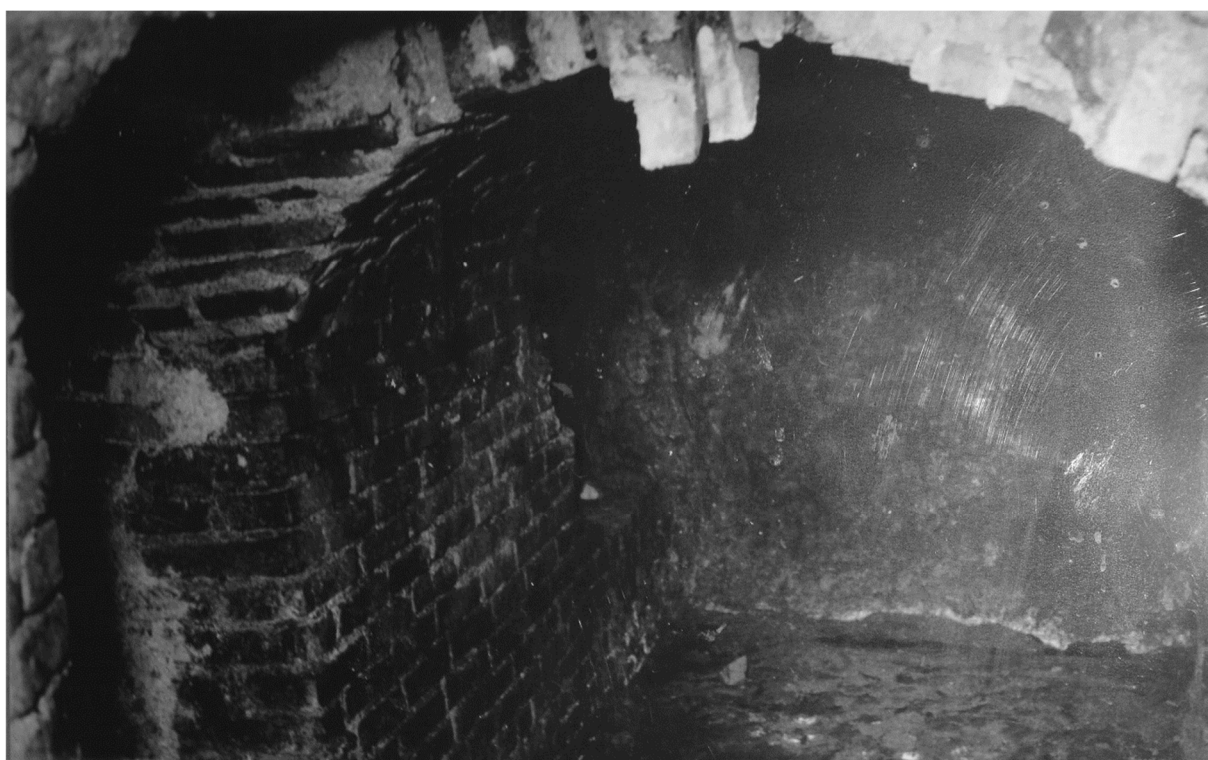
*Obr. 8: Podzemní chodba s cihlovou klenbou*



*Obr. 9: Podzemní prostor s cihlovou stěnou*



*Obr. 10: Nářadí používaného při rozšiřování podzemních prostor*



*Obr. 11: Zakončení podzemního prostoru cihlovým výklenkem*

V rámci zpracování diplomové práce navštívila autorka dne 26. října a 19. března 2022 podzemní chodby a pořídila **fotodokumentaci současného stavu**, viz obr. 3 až 6 na str. 12.

# 3 Stručná historie města Domažlice a podzemních prostor

Vývoj a rozšiřování sklepních prostor a podzemních chodeb pod historickým jádrem Domažlic úzce souvisí s historií města. Rozvoj Domažlic byl ovlivněn nejen jejich polohou, ale také historickými událostmi. Ty měly vliv na budování, rozšiřování a význam podzemních prostor, který se během několika století měnil.

## 3.1 Historie města Domažlice

Název „Domasilice“ se prvně vyskytuje v listinném falzu vztahujícím se k roku 993, kdy kníže Boleslav II. věnoval břevnovskému klášteru část výnosu cla z lokality zvané Domasilice. Avšak dle MěNV Domažlice bylo v roce 1970 rozhodnuto, že za vznik Domažlic bude považován rok 971. Aby se v roce 1971 mohl oslavit tisíciletý vznik města. Odůvodnění znělo takto: *„A protože nikdo se už nedoví, kdy přesně Domažlice vznikly, hledal se vhodný rok, který by miléniu vyhovoval. V létě 1970 rozhodla rada MěNV Domažlice, aby se oslavy milénia položily na rok celostátních i místních jubileí a významných akcí. A tak byl tedy rok 1971 vyhlášen za rok našeho tisíciletí...“* (Procházka 1993)

Domažlice se začaly se souvisle rozvíjet na konci 10. století, a to jako celní osada, která se zřejmě rozkládala v blízkosti kostela sv. Jakuba (dnešní hřbitov „U svatých“). Domažlice ležely na křižovatce 3 obchodních stezek v blízkosti zemské hranice: obchodní stezka Waldmünchen – Domažlice – dále do vnitrozemí, obchodní stezka Cham – Furth im Wald – Eschlkam – hradisko Tuhošť nedaleko Domažlic a obchodní stezka Furth im Wald – Domažlice. Hradisko Tuhošť (*Tugost, Tugast*, latinsky *Tusta*, německy *Taus*) existovalo zároveň s Domažlicemi, a po jeho zániku přešel název hradiska na osadu Domažlice (odtud německý název Domažlic *Taus*) Poslední jmenovaná stezka vedla po trase dnešní silnice Furth im Wald – Domažlice a ve středověku od sebe dělila území dolního a horního Chodska. (Procházka 1993).

V roce 1231 byly Domažlice bezpečně doloženy jako ves v konfirmační papežské listině. V roce 1253 nastoupil na český trůn Přemysl Otakar II., který v roce 1256 udělil celní osadě Domažlice status královského města. Domažlice byly obehnané kamennými hradbami vysokými 7 až 9 m a širokými 2 m (Spolek Domažlický dějepis 2021) se dvěma desítkami půlválcových věží a mohutnými vodními příkopy. Vstup za hradby vedl skrze 4 věžové brány: severní Týnská brána, západní Hořejší brána, východní Dolejší brána a jižní menší brána. V té době byl postaven také královský hrad (dnes Chodský hrad), domažlická věž a do 80. let 13. století vznikly také všechny důležité světské i církevní instituce. Opevněné Domažlice sloužily jako součást hraničního opevnění proti Bavorsku (Procházka 1993).

Domažlice, konkrétně Chodský hrad, byly častou zastávkou krále Jana Lucemburského. Byl ale donucen Domažlice několikrát zastavit, čemuž se nevyhnul ani jeho syn Karel IV. (Procházka 1993) Během husitských válek se Domažlice přidaly na stranu husitů. Kvůli palným zbraním byly stávající hradby obezděny menšími hradbami. Loubí na náměstí bylo přistaveno až v průběhu pozdní gotiky. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

V roce 1545 byla zvýšena domažlická věž (Spolek Domažlický dějepis 2021). Při dřívějším budování základů však s jejím zvýšením nebylo počítáno. Základy byly mělké, což mělo za následek naklonění věže – ta se vychýlila o 59 cm od svislé osy. V roce 1592 došlo k rozsáhlému požáru, který katastrofálně zasáhl i Chodský hrad. Požár vznikl pravděpodobně při destilaci pálenice, a proto byla výroba pálenky, která se v té době těšila velké oblibě, pod vysokou pokutou zakázána. (Procházka 1993)

Průběh 18. století je na události, které by se významně vypsaly do dějin města, poměrně chudý. Za zmínku stojí jen rozsáhlý požár roku 1747, který ve chvíli poničil 47 domů, děkanský kostel Narození Panny Marie s domažlickou věží a celý areál Augustiniánského kláštera s kostelem a školou. (Procházka 1993)

V 19. století prošly Domažlice výraznými změnami. Ovlivnil je i největší požár, který kdy Domažlice postihl. Zničeno bylo 111 domů, vyhořely dvě třetiny města, radnice s městským archivem, škola i masné krámy a poničen byl opět i kostel Narození Panny Marie s domažlickou věží. Zajímavostí je, že ze zoufalství kvůli nedostatku vody bylo k hašení požáru použito i pivo z místních pivovarů. Při rozsáhlých opravách v průběhu dalších let byly mimo jiné zavezeny městské příkopy a rozvezeny násypy při městských hradbách. Zbourány byly i Hořejší a Týnská brána a předbraní Dolejší brány. Na konci 19. století byly Domažlice téměř zbaveny opevnění, po hradbách zbyly jen nepatrné památky a město tak splývalo s rychle se rozrůstajícími předměstími. (Procházka 1993)

První ani druhá světová válka, které přinesly mnoho utrpení obyvatelům města, se však samotných Domažlic v podstatě nedotkly. Město se v průběhu let dál rozvíjelo a dnes má návštěvníkům co nabídnout – jak z kulturního, tak historického hlediska.

## 3.2 Historie podzemích prostor

První sklepní prostory a podzemní chodby začaly vznikat ve 13. století souběžně s rozvojem zástavby a budováním opevnění Domažlic. Byly raženy do rostlé horniny pod domy na dnešním nám. Míru, pod domy v přilehlých ulicích, ale také bod církevními a městskými institucemi. Většina z nich byla nezpevněná. Až v průběhu let byly zpevňovány pomocí dřevěných prken a trámů. Sklepní prostory a podzemní chodby měly zprvu rovné stěny a neklenuté stropy, překlenuty byly později. Jak je uvedeno i v knize (Vondrušková a Vondruška 2018), první vybudované sklepy sloužily k uskladnění potravin a uschování majetku. Led k chlazení se do podzemních prostor dovážel z nedalekých rybníků, potoků nebo dokonce i z vodního příkopu. V této době byly vybudovány první podzemní chodby. Protože bylo město limitováno hradbami, byly podzemní prostory budovány i pod náměstím a postranními ulicemi. Podzemní chodby vedly také z historického středu města mimo hradby. Sloužily k odvodňování, případně k úkrytu či úniku měšťanů při obléhání města. Měšťany byly také využívány i v běžném životě jako snadnější a rychlejší způsob, jak se dostat za hradby města. Tyto podzemní chodby byly budovány směrem k církevním objektům v okolí Domažlic a ústily např. do dnešní ulice Komenského, Poděbradova, Husova třída nebo do ulice Na Ostrůvku. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

Během dalších století se sklepní prostory a podzemní chodby dále rozšiřovaly, přičemž až v 17. století docházelo k jejich rozsáhlejšímu propojování (Vondrušková a Vondruška 2018). Podzemní chodby propojovaly nejen měšťanské domy, ale např. také církevní instituce. Vzniklý systém podzemních chodeb byl v 19. století až tak složitý a nepřehledný, že se v něm



ztratil dokonce i 7letý chlapec Jakub Forst. Ten v systému podzemních chodeb strávil sám celkem 3 dny, než ho našli. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

První zaznamenaný problém spojený s destrukcí podzemních prostor se datuje v 19. století. V knize (Hájek 2013) autor zmiňuje konkrétně den 19. září 1864. Měšťanka Anna Halíková šla okolo 10 hodiny kolem masných krámů v Šatlavské ulici (pozn. autorky: dnes Vodní ulice), při zdi domu č. p. 6. *„Znenadání se ale pod nohama jejíma počalo kamení tu naházené hýbati a než se nadála, již se spropadla a od kamení s ní se dolů hrnouceho též trochu porouchaná jest. Děvečka Masopusta Karla, koželuha, chtěc na volání ubohé pomoci, shýbla se, podala ji ruku, zem se ale opět poddala pod ní a octnula se i ona v jámě. Tu však přikvapilo víc lidí a ti oběma ven pomohli.“* Ukázalo se, že se propadl neklenutý sklep, který byl plný vody do výšky více jak 4 sáhy. Sklep byl poté zaházen.

Na přelomu 19. a 20. století byly nalezeny v podzemních prostorách pod historickým jádrem Domažlic stříbrné mince. Ty jsou dnes uloženy v Městském muzeu a galerii Hořice v Hořici v Podkrkonoší. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

Ve 20. století prošly sklepní prostory a podzemní chodby mnoha změnami. Jejich existence měla vliv na životy místních obyvatel a hrály pro ně důležitou roli. Sklepní prostory stále sloužily ke skladování potravin a piva nejen místním obyvatelům, obchodům a restauracím, ale také ke skladování materiálu místních firem. Avšak hlavní funkcí podzemních chodeb bylo za Druhé světové války zajistit bezpečí obyvatel. Některé podzemní chodby byly navíc propojeny otvorem přibližně 60 x 120 cm. Ten byl zazděn cihelnou příčkou. Když se obyvatelé města při jeho odstřelování dostali do podzemních prostor domu, který byl zasažen, mohli příčku snadno probourat a dostat se tak do podzemních prostor vedlejšího domu. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

Rozšiřování podzemních prostor probíhalo především v zimě. Do práce byly zapojeni místní obyvatelé, dělníci, ale pravděpodobně i horníci, kteří pracovali v dolech nedaleko Domažlic. Poslední rozšiřování podzemních prostor probíhalo začátkem 60. let 20. století, kdy si obyvatel jednoho z domů rozšiřoval sklep na brambory. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

Další problémy spojené s podzemními prostory byly zaznamenány v 60. letech 20. století. Dne 11. ledna 1964 se mezi 22:00 a 23:00 zřítily části domů na nám. Míru č. p. 123, 124 a 125 (Tauer 2009), historické průčelí a podloubí těchto domů zůstalo stát (Spolek Domažlický dějepis 2021). Části zřícených domů si lze prohlédnout na obr. 12 až 14 na následující straně. Vše bylo zapříčiněno vodou z prasklé vodovodní přípojky, která několik týdnů vytékala a zaplnila až 3 patra podzemních prostor domů č. p. 123, 124, 125, a 126. Do základů těchto domů mohla také dlouhodobě prosakovat voda z původního dřevěného potrubí, které kdysi přivádělo vodu do kašen na náměstí. (Tauer 2009). Obyvatelé těchto domů pravidelně sledovali, jak voda postupně stoupala. Také vypověděli, že slyšeli hučení a chvíli na to se začaly propadat podlahy a bortit stěny. Samotné zřícení vnitřků domů pak trvalo necelou hodinu. V jednom z domů po zřícení zůstala slečna, kterou museli hasiči dostávat ven po hasičském žebříku. Dalším důkazem, že hlavní zřícení domů probíhalo rychle, je i výpověď dalšího z obyvatel. Ten vypověděl, že šel spát a poté, co se probudil, zjistil, že nad ním není strop, ale obloha. (Spolek Domažlický dějepis) K dalším menším zřícením a sesuvům docházelo i v dalších 2 dnech, kdy se odčerpávala voda. Té bylo někde tolik, že hasiči plavali na prámu. (Tauer 2009) Vodu z podzemních prostor hasiči odčerpávali 3 dny. (Spolek Domažlický dějepis 2021) Celkové práce trvaly pak 5 dní. Ve zřícených domech se nacházely nejen byty, ale i obchody s deskami, knihami, kabelkami, lékárna a pekařství. Vystěhováno muselo být celkem 14 rodin. Jednou z nich byla i rodina posledního domažlického knihtiskaře a nakladatele Karla

Prunara – ta přišla o většinu rodinného archivu, ze kterého se podařilo zachránit jen torzo. Protože byl v době této katastrofy silný mráz, dělníci si při zabezpečování troskek dokonce se zbylými suchými dokumenty zatápěli. (Tauer 2009) Na opravu domů byla uspořádaná sbírka, avšak vybrané peníze nestačily ani na zaplacení těžké techniky. Novou výstavbu domů, ze kterých se zachovalo jen průčelí, provedl Stavební podnik Klatovy, a. s. Trvala mezi lety 1965 až 1971 a vycházela z výsledků projektových a průzkumných prací podrobněji popsanych v kapitole 4.3.1 *Projektové práce* a 4.3.2 *Průzkumné práce*. (Spolek Domažlický dějepis 2021)



Obr. 12: Zřícený strop a poškozené zdi jednoho z domů, fotografie převzata z (Tauer 2009)



Obr. 13: Nahromaděný materiál z jednoho zříceného domu, fotografie převzata z (Tauer 2009)



Obr. 14: Zřícené patro jednoho z domů, fotografie převzata z (Tauer 2009)

Kvůli špatnému stavu sklepních prostor a podzemních chodeb, který měl až devastující účinky na okolní zástavbu, byla mezi lety 1967 až 1969 provedena jejich sanace. Před sanací byly podlahy podzemních chodeb hlíněné, kamenné, případně cihelné. Přístupová schodiště a šikminy byly cihelné nebo kamenné ze žuly či pískovce. Na některých kamenných schodištích bylo patrné jejich opravení, z čehož vyplývá, že tyto kameny byly původně umístěny např. v rámu oken nebo dveří. V podzemních prostorách domů na nám. Míru a v postranních ulicích se nacházely studny. Většinou byly vybudovány v každém 5. domě, ale existují případy, kdy se nacházely ve více domech vedle sebe. V podzemních prostorách jednoho z domů ve Vodní ulici se nacházely dokonce 3 studny. Protože byla v těchto místech přirozeně nízká teplota, vydržela v nich po celý rok čerstvá zelenina i ovoce. (Spolek Domažlický dějepis 2021) V podzemních prostorách domů, které byly postiženy katastrofální událostí z roku 1964, byly později objeveny dokonce i 3 studánky spodní vody (Tauer 2009). Sanováno bylo především 1. a 2. patro podzemních prostor, protože v té době to byla jediná přístupná patra. Pokud se při přípravných pracích narazilo na další patra, byla do sanačních prací zahrnuta také. Příkladem je nově objevené 3. patro podzemních prostor domu č. p. 123, které bylo plné vody. Voda byla z podzemních prostor odčerpána a při sanačních pracích se do nich dělníci dostávali po žebříku. Některé podzemní prostory domů č. p. 123, 124 a 125 byly kvůli události z roku 1964 zabetonovány, čímž byl do nich znemožněn přístup. Po sanaci ostatních podzemních chodeb se jejich vzhled výrazně změnil. Většina podzemních chodeb včetně schodišť byla vybetonována, jen v několika málo domech je patrné původní cihelné nebo kamenné zdivo. Schodiště a šikminy do podzemních chodeb byly také opatřeny uzamykatelnými dveřmi, případně mříží, nebo zadrženy. (Spolek Domažlický dějepis 2021) Při sanaci podzemních prostor byly zároveň betonovou injektáží zpevněny i základy šikmé domažlické věže, aby v budoucnu nedošlo k jejímu zřícení (Tauer 2009). Podrobnější informace týkající se sanace podzemních prostor se nacházejí v kapitole 4 *Analýza a zpracování podkladů k sanaci podzemních prostor*, sanační práce jsou popsány v kapitole 4.3.3 *Sanační práce*.

I po sanaci podzemních prostor docházelo k dalším problémům s nimi i nepřímo spojených – a to jak na nám. Míru, tak i v postranních ulicích. Příkladem je rok 2012, kdy se u Dolní brány na nám. Míru propadla vozovka. Díra byla až 1 m hluboká, následně zasypána šotolinou a pokryta kamennou dlažbou (Spolek Domažlický dějepis 2021). Předpokládalo se, že by propad vozovky mohl být způsobem opět přítomností vody. Chodské vodárny a kanalizace však nenašly žádnou závadu na vodovodu či kanalizaci, která by s propadem mohla souviset (Šebek 2012). Příčina propadu nebyla objasněna.

V roce 2014 byl nalezen poslední stříbrný poklad v Kostelní ulici. Ten je dnes uložen v Muzeu Chodska v Domažlicích v prostorách Chodského hradu. (Spolek Domažlický dějepis 2021)

Podzemní chodby jsou také tématem jedné lidové pověsti uvedené v souboru *Pověsti domažlické o vrchu „Dmout“ (Ermout)*. Tu si Chodové po generace ústně předávali a do písemné podoby ji převedl až Ivan František Kitzberger. Dle pověsti se traduje, že ze sklepa rohového domu naproti Augustiniánskému klášternímu kostelu Nanebevzetí Panny Marie vede podzemní chodba přes věž Chodského hradu k zalesněnému hřebenu Dmout, na jehož nejvyšším místě stávalo kdysi staré hradiště, Chody nazývané „Zámek“ či „Na Zámku“. Podzemní chodba by měla být až 3 km dlouhá, v té době polozasypaná. Měl by v ní být schován zlatý poklad. Přesné znění lidové pověsti je dostupné v (Kitzberger 1928).

# 4 Analýza a zpracování podkladů k sanaci podzemních prostor

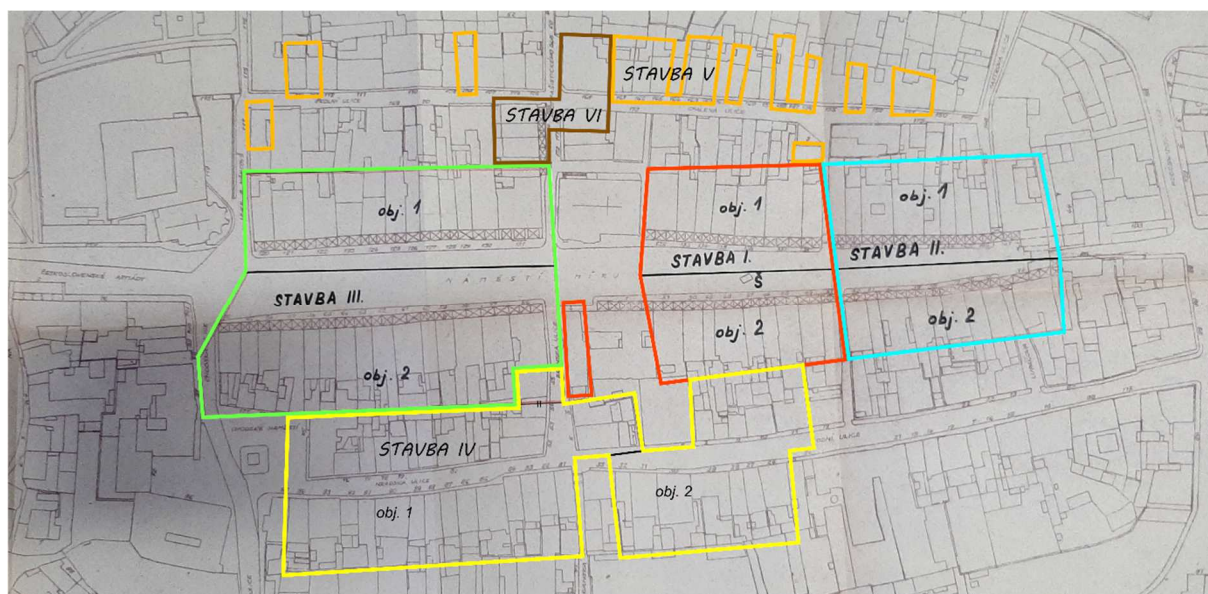
Dokumenty nalezené v rámci rešerše dostupných podkladů obsahovaly velké množství dat, které se týkaly sanace podzemních prostor pod historickým jádrem náměstí. V rámci této kapitoly byla dále analyzována a zpracována data z Národního památkového ústavu, územního odborného pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny, desek s názvem Domažlice, Asanace podzemí historického jádra, stavba I, II, III – Rudný projekt – pobočka Brno, s označením PPOP: 037-4\*14959, PPOP:034-4\*15119 a desek s označením PPOP 037-4\*14959, 034-4\*14961, zak. č. 506-02-6-0002-1, archiv. č. B-506.01-000/04. Kapitoly *4.1 Rozdělení podzemních prostor*, *4.2 Popis podzemních prostor* a *4.3 Plánované práce* byly zpracovány z dat uvedených v Projektovém úkolu stavby I, II a III, Technické zprávě staveb I, II a III, Předběžném rozpočtu stavby II, Projektu stavby I a II, Technické zprávě stavby IV, objektu č. 1, Technické zprávě stavby IV, objektu č. 2, Technické zprávě stavby V a v Technické zprávě stavby VI. Zpracovaná data a získané informace z Projektového úkolu staveb I, II a III, Předběžného rozpočtu stavby II, Projektu stavby I a II a Rozpočtu stavby VI byla použita k vypracování kapitoly *4.4 Finanční rozpočet*.

Od vzniku chodeb až do 60. let 20. století docházelo k postupnému zvětrávání hornin a k poruchám obezdívek podzemních chodeb. Ke zhoršení jejich stavu vedla i těžká silniční doprava, atmosférické vlivy a voda, která vnikala do podzemních chodeb a jejich podloží. Tento stav působil destruktivně na povrchovou zástavbu, komunikace a inženýrské sítě. Protože by špatný stav podzemních chodeb mohl ohrozit stabilitu a bezpečnost povrchových objektů a jejich obyvatel, bylo nutné provést sanaci podzemních prostor a jejich vhodné zajištění.

## 4.1 Rozdělení podzemních prostor

Po dohodě s MěNV Domažlice byly podzemní prostory pod historickým jádrem Domažlic rozděleny do 6 staveb – stavby I, stavby II, stavby III, stavby IV, stavby V a stavby VI. Stavby I až V byly rozděleny na 2 objekty – objekt č. 1 a č. 2. Stavba I a II se nacházela ve východní části nám. Míru a stavba III v západní části nám. Míru. Stavba IV zahrnovala podzemní prostory domů v ul. Branská, Hradská a Vodní, stavba V podzemní prostory domů v ul. Školní, Spálená a Boženy Němcové a stavba VI v ul. Protifašistického odboje (dnes ul. Kostelní). Oblasti rozdělených staveb si lze prohlédnout na výřezu situačního plánu historického jádra Domažlic v měřítku 1 : 1 000 (obr. 15 na následující straně). Stavby I až III byly již dříve v situačním plánu vyznačeny. Do oblasti stavby III byl v situačním plánu chybně zařazen dům č. p. 55. Autorkou předkládané diplomové práce byly stavby I až III barevně odlišeny a doplněny stavby IV až VI a část stavby II. Stavba I je znázorněna červeně, stavba II modře, stavba III zeleně, Stavba IV žlutě, stavba V oranžově a stavba VI hnědě.

Důvodem rozdělení byla skutečnost, že v krátkém čase nebylo možné zajistit průzkumné práce a projektovou dokumentaci pro sanaci všech podzemních prostor najednou. Při rozdělení se bral ohled na procesy týkající se povrchové části, na postup plánovaných oprav, nové výstavby a na sanační plán. Při rozdělení se vycházelo ze situačních plánů staveb I, II a III v měřítku 1 : 200 a z přehledných povrchových map stavby IV v měřítku 1 : 200.



Obr. 15: Výřez situačního plánu historického jádra Domažlic s rozdělením staveb I až VI

Do staveb I až VI bylo zahrnuto celkem 120 domů. Do projektu sanace podzemních prostor historického jádra byly dodatečně přidány další podzemní prostory 13 domů. V tab. 1, která byla vytvořena autorkou předkládané diplomové práce, je shrnuto, které konkrétní domy byly součástí jednotlivých staveb a objektů.

Tab. 1: Rozdělení domů do jednotlivých staveb a jejich objektů

stavba	obj. č.	ulice	č. p.
I	1	nám. Míru	132, 133, 134, 135, 136, 137, 138
	2	nám. Míru Branská	43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 4
II	1	nám. Míru	139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147
	2	nám. Míru	34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42
III	1	nám. Míru	120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131
	2	nám. Míru	56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70
IV	1	Branská Hradská	5, 6, 53, 54, 55 52, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94
	2	Vodní	2, 10, 11, 15, 19, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32
V	1	Školní Spálená	108, 113, 114 163, 164, 165, 167
	2	Spálená Boženy Němcové	3, 73, 151, 153, 156, 158, 162 117
VI	1	Protifašistického odboje (dnes Kostelní)	102, 103, 104, 105, 106, 107, 170, 168
-	-	Spálená	155, 156, 168 (2)
		Protifašistického odboje (dnes Kostelní)	102, 171
		Hradská	77
		Vodní	29, 85 – východ
		nám. Míru	57
		Augustiniánský klášterní kostel Nanebevzetí Panny Marie	119 (3)
		Chodské náměstí	75 - (2)
		Muzeum (dále nespecifikováno)	

Některé z dodatečně přidaných podzemních prostor byly objeveny až při průzkumných pracích (viz kapitola 4.3.2 *Průzkumné práce*), protože byly skryté, zazděné nebo zasypané. Takovéto podzemní prostory se nacházely např. v ul. Protifašistického odboje nebo pod kaplí Augustiniánského klášterního kostela Nanebevzetí Panny Marie. Také se stalo, že dodatečně byly přidány podzemní prostory domu, který byl již zařazen v některé ze staveb I až VI. Dále bylo doporučeno, aby byla v budoucnu provedena sanace některých podzemních prostor pivnice v ul. Vodní č. p. 33. Celkem byly sanovány podzemní prostory 129 domů.

Adresa domu č. p. 4, stavba I, obj. č. 2 (viz tab. 1 na předešlé straně) byla v původních originálních dokumentech uvedena ve vedlejší ulici Branská, avšak dům je rohový a zasahuje rovněž na nám. Míru. Dnes je jediný vstup do domu právě z náměstí a oficiální adresa je změněna na nám. Míru č. p. 4.

## 4.2 Popis podzemních prostor

Ke každému domu staveb I až VI, včetně 15 dodatečně přidaných, byl vytvořen popis podzemních prostor. Výjimku tvořily pouze domy stavby V, pro které popisy podzemních prostor nebyly vůbec vytvořeny, nebo se nedochovaly.

K podzemním prostorům domů staveb IV, VI a 15 dodatečně přidaných domů nebyl vytvořen očíslovaný situační plán podzemních prostor. Proto byly podzemní prostory v rámci příslušného domu popsány obecněji. U každého domu bylo také uvedeno, jak budou podzemní prostory připraveny k sanaci, jakým způsobem budou sanovány a jaký materiál bude použit.

K popisu podzemních prostor staveb I, II a III byly přiloženy situační plány podzemních prostor v měřítku 1 : 200. V něm byly jednotlivé podzemní prostory očíslovány v rámci domu. V popisu podzemních prostor pak byl uveden konkrétní dům, resp. jeho č. p., kde a v kolika patrech se podzemní prostory nacházely a následně popis jednotlivých sklepních prostor a podzemních chodeb a jak byly případně propojeny. U popisu jednotlivých podzemních prostor bylo uvedeno číslo, které příslušelo konkrétnímu podzemnímu prostoru na situačním plánu. Díky tomu bylo možné podzemní prostor na situačním plánu identifikovat.

Z popisu podzemních prostor vyplývá, že podzemní prostory byly tvořeny 2 patry v hloubce 2 až 8 m pod povrchem – 1. patro bylo tvořeno sklepními prostory, 2. patro podzemními chodbami. V některých případech byly podzemní chodby mezi sebou propojeny. Některé mohly být i zaslepeny zděnou stěnou, za kterou mohla podzemní chodba dále pokračovat. Vzhledově se od sebe ale příliš nelišily. Byly většinou klenuté, ražené v rostlé hornině, v případě nutnosti zpevněny dřevěnými trámy či prkny, cihlami nebo kameny. Jejich stav byl špatný, v mnoha podzemních prostorách se nacházela voda.

Přesná podoba podzemních prostor je popsána v následující podkapitole *stavba I*. Protože se podzemní prostory jednotlivých staveb od sebe vzhledově ani stavem příliš nelišily, jsou v této podkapitole popsány pouze podzemní prostory stavby I. Ty byly vybrány z toho důvodu, že při sanačních pracích byly mezi sebou podzemní chodby propojeny, čímž vznikl systém podzemních chodeb. Tento systém je také jediným systémem, u kterého je znám jeho současný stav.

### • stavba I

Celková délka podzemních prostor před sanací stavby I byla cca 420 m – podzemní prostory objektu č. 1 byly dlouhé cca 200 m, objektu č. 2 cca 220 m.

Situaci podzemních prostor stavby I, objektů č. 1 a 2 si lze prohlédnout na obr. 16. Typy čar, které byly pro vyznačení podzemních prostor použity, určují vzhled podzemních prostor (např. typ klenby nebo stěn). Legenda se nachází v příloze č. 5. Šachta, která je označena jako Š1, při popisu podzemních prostor ještě neexistovala. Byla vybudována později, jak je vysvětleno v kapitole 4.3.3 *Sanační práce*.



Obr. 16: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200, před sanací podzemních prostor

Technická zpráva stavby I, II a III obsahovala všechny popisy podzemních prostor stavby I, objektu č. 1 a 2. Ty byly autorkou předkládané diplomové práce zpracovány do přehledných tabulek pro každý dům zvlášť. Její příklad je uveden pro dům č. p. 136 objektu č. 1 stavby I (viz tab. 2). Zbývající tabulky jsou k dispozici na přiloženém USB flash disku.

Tab. 2: Popis podzemních prostor domu č. p. 136

č.p.	podzemní prostory		
136	podzemí pod zástavbou, 2 patra pod náměstím	1	cihelná klenba, kamenný sokl – omítnuto
		2	viz I
		3	cihelná obezdívka v plném profilu – schodiště, kamenný portál, špatný stav
		4	cihelná obezdívka v plném profilu – v čele spojení betonovým otvorem s chodbou 3 z domu č. p. 47, dobrý stav
		5	kamenný sokl, cihelná klenba, ukončeno v rostlé a navětralé hornině

Objekt č. 1 stavby I byl tvořen 2 patry podzemních prostor v hloubce 2 až 8 m. Patra byla situována pod zástavbou, pod plochou náměstí (vozovka, chodníky), některé podzemní chodby

směřovaly i do Spálené ulice severně od náměstí nebo do ulice Branská (dům č. p. 4). V 1. patře se nacházely sklepní prostory, které jen pro dům č. p. 132 byly popisovány jako moderní. Do 2. patra tvořeného podzemními chodbami se scházelo schodištěm, které bylo opatřeno např. kamenným portálem. Podzemní chodby ve 2. patře byly z velké části klenuté v rostlé navětralé hornině, někdy i omítnuté. V případě nutnosti zpevnění byly zajištěny cihelným či kamenným soklem nebo obezdívkou. Jedna z podzemních chodeb domu č. p. 133 a č. p. 138 byla tvořena např. dřevěným trámovým stropem. Některé stěny však byly i přes zajištění deformované. V podzemní chodbě domu č. p. 133 byla nalezena pegmatitová žíla, která byla v jejím okolí silně kaolisována. Podzemní chodby byly také ovlivněny vnikající vodou, což potvrzuje nános říčního náplavu a štěrčiku v podzemní chodbě domu č. p. 135. Čela podzemních chodeb byla ukončena buď v rostlé hornině nebo byla zazděna. V případech zděného ukončení chodeb bylo v popisech uvedeno, že by podzemní chodba mohla dál pokračovat. Tato domněnka však nebyla potvrzena ani ověřena.

Objekt č. 2 stavby I byl tvořen 2 patry podzemních prostor v hloubce 2 až 8 m. Patra byla situována pod zástavbou, pod plochou náměstí (vozovka, chodníky) a některé chodby směřovaly do Vodní ulice jižně od náměstí. V 1. patře se nacházely sklepy, které byly v původní kamenné obezdívce, ale v dobrém stavu. Např. v domě č. p. 45 sloužily jako sklad továrny. Do 2. patra tvořeného podzemními chodbami se scházelo schodištěm. To bylo např. z domu č. p. 46 zasypáno pilinami a z domu č. p. 50 uhelným mourem. Další podzemní chodby byly ze schodiště z domu č. p. 50 nepřístupné. Podzemní chodby ve 2. patře byly z větší části klenuté v rostlé navětralé hornině, případně i omítnuté. V některých místech docházelo k deformacím, vylamování a opadání horniny. V případě nutnosti zpevnění byly zajištěny cihelným či kamenným soklem nebo obezdívkou. Oproti objektu č. 1 byla na více místech podzemních chodeb zachována původní kamenná obezdívka. Místa, kde byl ke zpevnění využit cihelný materiál, byla novějšího charakteru. Čela podzemních chodeb byla ukončena v rostlé hornině, ale v některých případech byla zazděna nebo zakončena zděným výklenkem. Zároveň byly některé podzemní chodby sousedních domů mezi sebou propojeny.

Objekty č. 1 a 2 byly mezi sebou propojené betonovým otvorem mezi podzemní chodbou domu č. p. 136 a 47. Podzemní chodby domu č.p. 47 byly dále propojeny s podzemními chodbami domu č. p. 48 v rámci objektu č. 2.

### **4.3 Plánované práce**

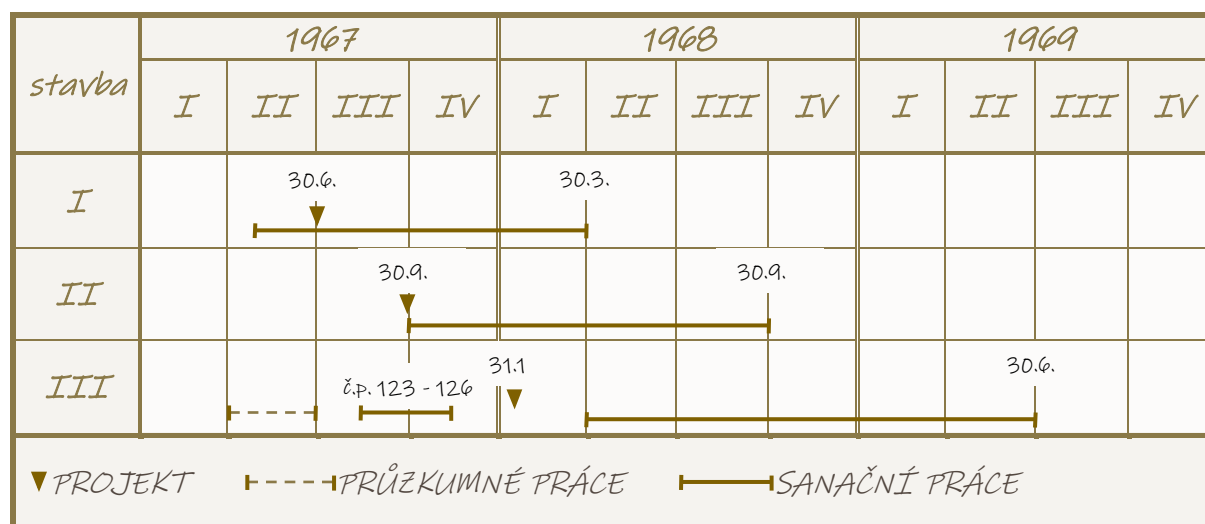
V rámci Projektového úkolu staveb I, II a III byl vytvořen orientační časový plán plánovaných prací na stavbách I, II a III. Ten vychází z dohody mezi Rudným projektem – pobočkou Brno, IGHP, n. p., s pobočkou v Praze – závod Stříbro a MěNV Domažlice.

Všechny průzkumné, projektové a sanační práce na stavbách I, II a III probíhaly mezi lety 1967 až 1969. Byl pro ně také vytvořen orientační časový plán, viz tab. 3 na následující straně.

Orientační časový plán plánovaných prací na stavbách IV, V, VI a na dodatečně přidaných podzemních prostorech se v dostupných dokumentech nenacházel. Avšak z informací uvedených v Technické zprávě stavby IV, objektu č. 1, Technické zprávě stavby IV, objektu č. 2, Technické zprávě stavby V a Technické zprávě stavby VI vyplývá, že jejich projektové, průzkumné a sanační práce probíhaly také mezi lety 1967 až 1969. Konkrétní data však nejsou známa.



Tab. 3: Orientační časový plán plánovaných prací na stavbách I, II a III



### 4.3.1 Projektové práce

Projektové práce na stavbách I až III probíhaly v letech 1967 až 1968. Dle orientačního časového plánu v tab. 3 byly vytvořeny celkem 3 projekty. Pro stavbu I byl projekt vytvořen 30. června 1967, pro stavbu II 30. září 1967 a pro stavbu III 31. ledna 1968. Z tab. 3 lze vyčíst, že jediný projekt, který vznikl na začátku sanačních prací dané stavby, byl pro stavbu II. Projekt pro stavbu I vznikl v průběhu sanačních prací stavby I a projekt pro stavbu III v pauze mezi sanačními pracemi stavby III.

Kdy vznikly projekty ke stavbám IV až VI a projekty k dodatečně přidaným podzemním prostorům není známo.

Generálním projektantem byla firma Rudný projekt – pobočka Brno.

### 4.3.2 Průzkumné práce

Průzkumné práce zahrnovaly jak inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum, tak měřické práce. Průzkumné práce zajistil jako generální projektant firma Rudný projekt – pobočka Brno, realizovány byly společností IGHP, n. p., s pobočkou v Praze – závodem Stříbro.

První inženýrsko-geologický průzkum probíhal v letech 1964–1965, druhý mezi dubnem a červnem roku 1967. V Projektovém úkolu staveb I, II a III bylo doporučeno provést další průzkum, který by zahrnoval i vyřešení problému naklonění válcové domažlické věže příslušící Kostelu Narození Panny Marie na nám. Míru včetně návrhu sanačních opatření. Dle zjištěných informací není jisté, zda k němu došlo. Věž však byla při sanačních pracích zpevněna betonovou injektáží (Spolek Domažlický Dějepis 2021).

Výsledky inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu byly použity ke statickému přepočtu tehdejších vyzdívek a obezdívek a sloužily jako podklad pro projektování sanačních prací všech staveb i dodatečně přidaných podzemních prostor.

- **inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum z let 1964–1965**

Úkol inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu spočíval ve vypracování podrobné dokumentace současného stavu chodeb, ověření fyzikálně-mechanických vlastností

zemin či hornin přímo v podzemních chodbách a ve vyhodnocení vlivu podzemních chodeb na povrchovou zástavbu. Do průzkumu byly zahrnuty i v té době nepřístupné chodby, které přispívaly k povrchové deformaci.

Zkoumání geologického složení podloží probíhalo přes svislé vrty. Přesná a podrobná struktura hornin v procentuálním zastoupení byla zjištěna mikroskopicky a pomocí diferenční termické analýzy. Fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin byly zjišťovány laboratorně nebo polními kuželovými zkouškami. K jejich stanovení také přispělo to, že chodby byly rubány ručně, za jistých podmínek nepotřebovaly výztuže a až na výjimky na nich nebyly pozorovány deformace. Penetrační zkoušky byly provedeny penetrem typu P3-3, který vyvinul Hornický ústav ČSAV, Praha. Hodnoty byly odečítány noniem s přesností až 0,1 mm. Zkoušky byly prováděny v bocích chodeb a v dosažitelných stropech. Hustota vpichů byla průměrně 1 vpich na 0,30 m<sup>2</sup>.

Při průzkumu bylo využíváno již známých skutečností, že Domažlice leží na podkladu budovaném algonkiem domažlického krystalinika, které je zastoupeno skalními horninami – mezi ně se řadí dvojslídne granáticko-staurolitické svory s přechody do dvojslídnych pararul. Inženýrsko-geologický průzkum probíhal ve středu města. Bylo zjištěno, že z tektonického hlediska probíhala tímto místem porucha severovýchodním směrem. Průzkum odhalil, že horniny nejsou v „čerstvém stavu“, ale ve stupních zvětrávání, které je velmi intenzivní u hornin blíže k povrchu. Intenzivní zvětrávání sahá až do hloubky 34 m, což je hloubka, ve které se už neprojevují účinky pozemních staveb. Horní hranice byla stanovena na 0,30 až 3,60 m. Zvětrávání hornin skalního podkladu bylo natolik pokročilé, že bylo možné horniny popisovat jako fluviální hlíny většinou pevné konzistence. A právě v těchto hlínách, které byly popsány i jako měkké, drobné, jemně pískované horniny rezavohnědé barvy se zřetelnými lupínky světlé slídy a výrazně břidličnatou strukturou, které se otírají o prsty, byly v různých hloubkách vybudovány podzemní prostory a chodby.

Velký vliv na pevnost fluviálních hlín, resp. na stabilitu podzemních chodeb, měla voda (při zvyšování vlhkosti dochází ke snižování pevnosti a v extrémních případech může dojít k vytlačení měkčích částí do dutých prostor). Podzemní voda se vyskytovala v hloubkách od 7,4 m do 12,5 m, počítáno od terénu v místě vrtu. Protože se podzemní voda při průzkumu v podzemních chodbách nevyskytovala, neměla negativní účinky na stav podzemních chodeb a stavební materiál – problémem se tedy stala voda povrchová. V některých místech podzemních chodeb byly totiž zjištěny stopy po prosakování vod srážkových, vod unikající z kanalizace, z vodovodů apod. Fluviální hlíny jsou však málo propustné, a tak se voda do podzemních chodeb dostávala skrz větrací průduchy, které byly většinou ve špatném stavu, skrz staré zasypy a jiné prostory vytvořené člověkem. Tyto vody mají velmi špatný vliv na strukturu a soudržnost hornin, což vede ke vzniku anomálií s případnými katastrofálními následky – příkladem anomálie je naklonění 56m válcové Domažlické věže příslušící Kostelu Narození Panny Marie na nám. Míru o 59 cm od svislé osy, případy anomálií s katastrofálními následky jsou uvedeny v kapitole 3.2 *Historie podzemních prostor*.

#### • inženýrsko-geologický průzkum z roku 1967

Inženýrsko-geologický průzkum probíhal dle orientačního časového plánu (viz tab. 3) pouze v podzemních chodbách stavby III. Důvodem bylo to, že v roce 1964 došlo k zatopení několika z nich až do 3. patra vodou (podrobněji 3.2 *Historie podzemních prostor*). Průzkum sloužil především k ověření současného stavu a rozsahu dosud přístupných i nepřístupných podzemních chodeb. Protože přístupné podzemní chodby byly v minulých letech zaměřeny

Oblastním ústavem geodézie a kartografie – střediskem Domažlice, bylo nutné zaměřit ty chodby, které by měly být v průběhu sanačních prací nově zpřístupněny.

- **měřické práce**

Měřické práce se týkaly podzemních chodeb, které nebyly dříve zaměřeny a které byly nově zpřístupněny během průzkumných prací zaměstnanci společnosti IGHP, n. p., s pobočkou v Praze – závodem Stříbro. Pro projektové práce byly použity měřické náčrtky dříve vypracované Oblastním ústavem geodézie a kartografie – střediskem Domažlice a Rudným projektem – pobočkou Brno.

### 4.3.3 Sanační práce

Sanační práce se týkaly podzemních chodeb ve 2. a případně ve 3. patře. Nezahrnovaly však sanaci zděných konstrukcí povrchových objektů a případné podbetonování či rozšíření základů těchto objektů. Podzemní prostory v 1. patře, jako jsou zděné a klenuté sklepy, byly sanovány jen případně stavby V.

Sanační práce na stavbě I měly začít ve 2. čtvrtletí roku 1967 a skončit 30. března 1968. Dne 30. září 1967 měly začít sanační práce na stavbě II, což bylo přibližně v polovině sanačních prací na stavbě I, a měly skončit přesně po roce, 30. září 1968. Sanační práce na stavbě III byly rozděleny na 2 části. Nejprve měly být sanovány podzemní chodby příslušící domům č. p. 123 až 126. Důvodem bylo to, že v roce 1964 došlo k zatopení jejich sklepů a podzemních chodeb až do 3. patra vodou (podrobněji 3.2 *Historie podzemních prostor*). Druhá část sanačních prací měla začít v polovině sanačních prací na stavbě II, což bylo zároveň na konci sanačních prací na stavbě I, a měly skončit až 30. června 1969. Nejprve měly být sanovány podzemní chodby objektů č. 1 a po jejich skončení až objektů č. 2. Je tedy patrné, že se jednotlivé sanační práce měly překrývat. Dle orientačního časového plánu (tab. 3) měly celkové sanační práce trvat necelé 3 roky. Jestli však byly dodrženy přesné termíny není známo.

Kdy přesně byly sanovány podzemní prostory staveb IV až VI a dodatečně přidané podzemní prostory není známo. Z doby vzniku technických zpráv a orientačního časového plánu plánovaných prací týkající se staveb I až III ale vyplývá, že sanační práce měly vždy započít kolem data vydání technické zprávy. Pokud by toto pravidlo platilo, sanační práce na stavbě IV by začaly kolem července 1968, na stavbě V kolem října 1968 a na stavbě VI kolem března 1969. Dodatečně přidané podzemní prostory by byly sanovány až kolem listopadu 1969.

Při návrhu sanačních prací se vycházelo z tehdejšího stavu podzemních chodeb vyražených v rostlé hornině s obezdívkou i bez ní – tedy z popisu podzemních prostor, z výsledků inženýrsko-geologických a hydrologických průzkumů, výsledků měřických prací, polních kuželových zkoušek a statického přepočtu tehdejších vyzdívek a obezdívek.

Vstupní hodnoty pro statický přepočet tehdejších vyzdívek a obezdívek vycházely z výsledků inženýrsko-geologických a hydrogeologických průzkumů a polních kuželových zkoušek. Dále byly využity výsledky měřických prací, z jejichž výsledků vyplývá, že se v podzemí vyskytovaly podzemní chodby různé světlosti. Po provedení statického přepočtu lze prostředí podzemních chodeb stanovit jako středně pevné. Pro sanaci podzemních chodeb byly následně vybrány 3 typy chodeb dle různých rozměrů, avšak tvar většiny chodeb zůstal stejný. Dle normy ČSN 73 1331<sup>2</sup> byla průměrná pevnost zdiva za použití malty MC 10 stanovena na 150 kp/cm<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> celé znění: norma ČSN 73 1331 (731331) Mikroskopický rozbor vzduchových pórů v betonu

Sanace a zpevnění bylo provedeno betonovou výztuží v profilech dodržující tvary stávajících podzemních chodeb. Stěny podzemních chodeb, které nebyly nijak zajištěny ani zpevněny, by byly při plném zatížení poddimenzovány natolik, že by musely vybočit. Aby byla zajištěna jejich bezpečnost, musela by být tloušťka stěny 30 cm a klenby 15 cm. Tato podmínka byla splněna, protože síla betonové výztuže z prostého betonu B-170 činila 30 až 40 cm. A to i za situace, kdy to tloušťka stěn a rozměry chodeb dovolily a byla při sanačních pracích odstraněna pouze zvětralá hornina. To zapříčinilo, že se vyztužená chodba zúžila o sílu betonové výztuže. U příčných profilů vyztužených částí byla minimálně předepsaná světlá šířka a výška. V pevnějších místech nebo v místech, které nebudou v budoucnu vystaveny větším tlakům, byla použita torkretová omítka o síle 10 až 15 cm. Pokud by výše uvedené způsoby zpevnění stačily, byly použity uzavřené profily včetně betonáže počvy nebo rozpěrné pasy. Dále bylo nutné opravit deformované vyzdívky a nahradit zdivo, které svou pevností a kvalitou malty neodpovídalo předpokladům statického přepočtu, všechny cihelné a kamenné obezdívky omítnout a pevnost a zatížení nově navržených betonových obezdívek doložit novým statickým výpočtem. Soupis použitého materiálu při sanaci, jeho množství a cena pro každý dům spadající do stavby II, jsou k nahlédnutí v kapitole 4.4.2 *Podrobný finanční rozpočet*.

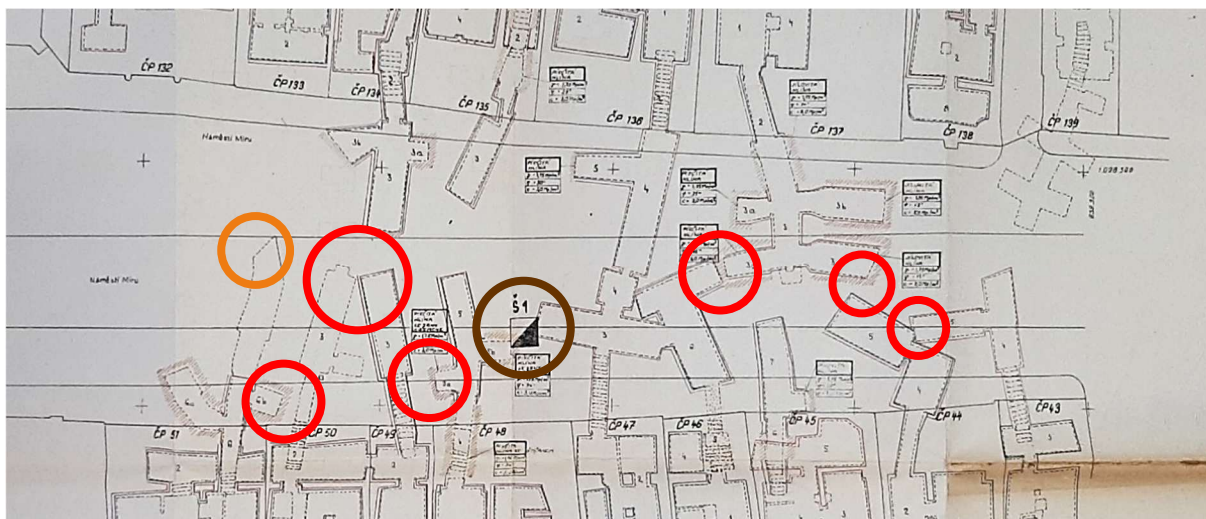
Pro případné odvodnění podzemních chodeb byly v počvě vybudovány odvodňovací stružky, kterými byla voda svedena do sběrné jímky. Ta byla vybudována v nejnižší položeném místě. Z tohoto místa byla voda v případě nutnosti odčerpána. Z doposud zjištěných informací se však nepodařilo určit přesná místa sběrných jímek v podzemních chodbách. Větrání podzemních chodeb byla zajištěno přes 1. patro a přes již stávající větrací průduchy. Těmi však do podzemních chodeb pronikala povrchová voda a voda z porušených vodovodů a kanalizace. Proto měly být větrací průduchy vystrojeny tak, aby vodu nepřiváděly, ale dále sloužily svému účelu.

Také bylo doporučeno, aby byly opraveny vodovody a kanalizace, přeloženy elektrické kabely a aby bylo zajištěno správné odvodnění povrchové vody z náměstí a dvorů domů.

Pro usnadnění sanačních prací a snadnější přepravu materiálu byly mezi jednotlivými podzemními chodbami provedeny průrazy. Ty byly po ukončení prací buďto zazděny, opatřeny uzamykatelnými dveřmi nebo ponechány zcela otevřené. Dalším usnadněním bylo vybudování přístupové šachty z povrchu do podzemních chodeb, a to tak, aby z jedné šachty mohla být provedena sanace více podzemních chodeb. Podzemní chodby stavby I jsou v současné době jediné, kde jsou tato usnadnění potvrzena. Díky průrazům a šachtě byly podzemní chodby propojeny a vznikl tak systém podzemních chodeb. Průrazy byly provedeny mezi podzemními chodbami domů č. p. 49 a 50, č. p. 46 a 137, č. p. 44 a 137, č. p. 43 a 44. Průraz, nad kterým byla vybudována přístupová šachta, byl proveden mezi podzemními chodbami domu č. p. 47 a 48. Pro trvalý přístup byla šachta opatřena žebříkem. Je viditelná z podzemní chodby i z povrchu. Poklop šachty se nachází na rozmezí městské komunikace a parkovacích stání. Pokud nebylo možné využít šachtu, bylo pro přepravu materiálu využito 1. patro podzemí nebo v případě materiálu o malých rozměrech větracích průduchů.

Na obr. 17 a 18 na následující straně lze vidět situaci podzemních prostor před a po sanaci. Průrazy jsou na obr. 17 i 18 vyznačeny červeně, šachta je vyznačena hnědě.

Po porovnání podzemních chodeb na situačních plánech si lze také všimnout, že podzemní chodba č. 6 domu č. p. 51 byla nepatrně rozšířena. Ta vede směrem pod kostel Narození Panny Marie, ale je ukončena betonovou příčkou. Na obr. 17 a 18 rozšířené místo podzemní chodby označeno oranžově.



Obr. 17: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200, před sanací podzemních prostor



Obr. 18: Výřez vyfotografovaného situačního plánu systému podzemních chodeb stavby I v měřítku 1 : 200, po sanaci podzemních prostor

Sanační práce, jejich přípravu a realizaci zajistil jako generální projektant firma Rudný projekt – pobočka Brno.

## 4.4 Finanční rozpočet

V rámci Projektového úkolu staveb I, II a III byl pro stavby I, II a III vytvořen orientační plán čerpání finančních nákladů pro každý rok (viz tab. 4 na následující straně). Rozdělení všech prací souhlasí s orientačním časovým plánem v tab. 3 na str. 33. Celková cena projektových, průzkumných a sanačních prací byla předběžně stanovena na 5 304 000 Kčs. Protože se jedná o orientační plán, uvedené ceny se nevztahují ke skutečnému provedení.

Orientační plán čerpání finančních nákladů pro stavby IV, V, VI a dodatečně přidané podzemní prostory vytvořen nebyl.

Tab. 4: Orientační plán čerpání finančních nákladů pro stavby I, II a III

stavba I, II, III				
	1967	1968	1969	celkem
v tis. Kčs				
projektové a průzkumné práce	400,00	100,00	–	500,00
sanační práce, zařízení stanoviště, rozpočtová rezerva, náklady na inženýrskou činnost	2 000,00	2 200,00	604,00	4 804,00
<b>celkové finanční náklady v tis. Kčs</b>	<b>2 400,00</b>	<b>2 300,00</b>	<b>604,00</b>	<b>5 304,00</b>

#### 4.4.1 Finanční rozpočet jednotlivých staveb

Finanční rozpočet na stavbu I, II a III byl vypracován pro každou stavbu zvlášť. Rozpočtové náklady byly stanoveny s přihlédnutím k již provedeným stavbám podobného charakteru, k cenovému přepočtu k roku 1967 dle indexu 1,54 a dle ceníku důlních prací Ministerstva paliv. Finanční rozpočet se týkal plánovaných nákladů, ne skutečných po provedení všech prací a s tím souvisejících úkonů. Skutečné náklady byly fakturovány až po skutečném provedení. Dle tohoto finančního rozpočtu byl celý projekt sanace podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic zahájen již v březnu 1967 a sanačními pracemi ukončen 30. června 1969. Začátek tohoto časového období nesouhlasí přibližně o 1 měsíc se začátkem uvedeným v orientačním časovém plánu (viz tab. 3 na str. 33).

Finanční rozpočet byl rozpočítán pro stavby I až III zvlášť – stavba I měla vyjít na 1 791 000,80 Kčs, stavba II na 1 404 000,20 Kčs a stavba III na 2 108 000,20 Kčs. Byly do nich započítány projektové a průzkumné práce, sanační práce na přístupové šachtě (ta byla vybudována pouze na stavbě I) a podzemních chodbách a zařízení staveniště. Do celkových investičních nákladů byla započítána finanční rezerva, která činila 14 % ze součtu projektových, průzkumných a sanačních prací a zařízení staveniště. Náklady na inženýrskou činnost činily 5 % z celkových investičních nákladů. Celkové finanční náklady tvořily celkové investiční náklady a náklady na inženýrskou činnost. Příklad finančního rozpočtu na stavbu I je uveden v tab. 5. Finanční rozpočty na stavby II a III se nacházejí na přiloženém USB flash disku. Z těchto tabulek vyplývá, že největší celkové finanční náklady byly předpokládány u stavby III. Projektové a průzkumné práce této stavby však měly být nejlevnější. Nejméně nákladů pak mělo být vydáno na stavbě II.

Tab. 5: Finanční rozpočet na stavbu I

stavba I						
	obj. č.	předmět	velikost	[Kčs/bm]	v tis. Kčs	
projektové a průzkumné práce					195,00	
sanační práce	1	přístupová šachta	7	[bm]	7 500,00	52,50
		podzemní chodby	200		2 900,00	580,00
	2	podzemní chodby	220		2 900,00	638,00
					<b>1 270,50</b>	
zařízení staveniště			až 200	[m <sup>2</sup> ]	63,50	
rozpočtová rezerva 14 % z (1 270,50 + 63,50)					186,80	
<b>celkové investiční náklady</b>					<b>1 715,80</b>	
náklady na inženýrskou činnost 5 % z (1 270,50 + 63,50 + 186,80)					76,00	
<b>celkové finanční náklady</b>					<b>1 791,80</b>	

Pro celkový přehled finančních nákladů jednotlivých prací a činností na stavbách I, II a III byla z jednotlivých tabulek vytvořena souhrnná tabulka finančního rozpočtu (viz tab. 6). Cena projektových a průzkumných prací souhlasí s cenou uvedenou v tab.4. Ceny sanačních prací, zařízení staveniště, rozpočtové rezervy a nákladů na inženýrskou činnost jsou v tabulkách finančních rozpočtů pro jednotlivé stavby uvedeny zvlášť. Po jejich sečtení (a zaokrouhlení dolů na celé koruny) cena souhlasí s cenou uvedenou v tab. 5.

Tab. 6: Souhrnná tabulka finančního rozpočtu na stavby I, II a III

<b>stavba I, II, III</b>	
	v tis. Kčs
projektové a průzkumné práce	500,00
sanační práce	3 822,50
zařízení staveniště	191,10
rozpočtová rezerva	561,90
<b>celkové investiční náklady</b>	<b>5 075,50</b>
náklady na inženýrskou činnost	228,70
<b>celkové finanční náklady</b>	<b>5 304,20</b>

Pro stavbu I a II byl dále vytvořen souhrn stavebních prací a materiálu, který měl být využit pro sanaci podzemních prostor. Tento souhrn byl opět pouze orientační. Příklad souhrnu materiálu je uveden v tab. 7 pro stavbu I. Tabulka pro stavbu II se nachází na přiloženém USB flash disku.

Tab. 7: Souhrn stavebních prací a materiálu pro sanaci podzemních prostor stavby I

<b>stavba I</b>		objekt č. I	objekt č. II	celkem
objemy hlavních stavebních prací	výkop	179,0	285,5	<b>464,5</b>
	zakládka	12,7	29,2	<b>41,9</b>
	beton železový	–	22,4	<b>22,4</b>
	beton prostý	412,0	435,0	<b>847,0</b>
	cement	81,8	92,7	<b>174,5</b>
	ocel betonářská	–	0,9	<b>0,9</b>
	štěrkopísek	531,0	608,0	<b>1 139,0</b>
	řezivo (kulatina)	16,0	19,0	<b>35,0</b>
pracovní síly	stavební	–	–	<b>25,0</b>

Další finanční náklady se týkaly pracovního vybavení, které bylo při sanaci podzemních prostor použito. Soupis vybavení a cen, za které bylo zapůjčeno, byl vypracován pouze pro stavbu II, objekt č. 1 v rámci Předběžného rozpočtu stavby II. Ceny uvedené v tab. 8 byly odsouhlaseny a lze je považovat za skutečné výdaje.

Tab. 8: Cena za vypůjčené pracovní vybavení na stavbu II, objekt č. 1

<b>stavba II, objekt č. 1</b>	
pracovní vybavení	cena [Kčs]
míchačka na beton 250 l	12,10
mechanická lopata MLP	11,03
tlaková nádoba na cement	9,65
kompresor	32,25
<b>celkem</b>	<b>65,03</b>

Součástí Předběžného rozpočtu stavby II byly i náklady, které byly vydány na zámečnické konstrukce a nátěry dveří, zábradlí a madel. Mezi zámečnické konstrukce se počítal použitý materiál, jejich montáž a doprava. Skutečné ceny jsou uvedeny v tab. 9 pro stavbu II, objekt č. 1.

Tab. 9: Cena za zámečnické konstrukce a nátěry stavby II, objektu č. 1

	zákl. cena	GZS	GPP
	cena [Kčs]		
zámečnické konstrukce	3 271,81	196,31	523,49
nátěry	173,48	1,73	38,17
mezisoučet	3 445,29	198,04	561,66
<b>celkem (mezisoučet + 5 % ze zákl. ceny)</b>	<b>4 377,25</b>		

Dodatečné finanční náklady byly např. za osvětlení nebo čištění podzemních prostor.

#### 4.4.2 Podrobný finanční rozpočet

Podrobný finanční rozpočet byl vytvořen pouze na stavbu II, objekty č.1 a 2, na stavbu VI a na dodatečně přidané podzemní prostory. Podrobné finanční rozpočty byly odsouhlaseny a lze je považovat za skutečné výdaje.

Podrobné finanční rozpočty stavby II a VI obsahovaly podobné položky. Proto je v této kapitole uveden pouze podrobný finanční rozpočet na stavbu II, konkrétně pro objekt č. 1. Pro stavbu VI byly v pro jednotlivé domy zapsány pouze objemy jednotlivých položek, ceny byly počítány pro všechny domy dohromady. Proto byly autorkou předkládané diplomové práce jednotlivé položky přepočítány a ke každému domu byla doplněna jejich cena. Tabulky, které se týkají stavby II, objektu č. 2 a stavby VI jsou k dispozici na přiloženém USB flash disku.

Finanční rozpočet na stavbu II, objekt č. 1 byl rozpočítán na jednotlivé domy (tab. 10). Z tabulky vyplývá, že nejvíce nákladů mělo být vydáno na dům č. p. 139.

Tab. 10: Cena sanačních prací po jednotlivých domech stavby II, objektu č. 1

dům na náměstí Míru	zákl. cena	GZS
	cena [Kčs]	
č. p. 139	33 561,58	1 111,31
č. p. 140	17 145,47	567,73
č. p. 141	31 829,82	1 053,97
č. p. 142	20 780,12	688,08
č. p. 143	22 239,75	736,41
č. p. 144	30 503,31	1 010,04
č. p. 145	10 165,21	336,60
č. p. 147	17 657,46	584,68
součet	183 882,72	6 088,82
<b>celkem</b>	<b>189 971,54</b>	

Pro každý dům byl následně vytvořen podrobný finanční rozpočet. Ten zahrnoval náklady za materiál, který byl při sanaci podzemních chodeb odstraněn nebo použit. Zápisy podrobných finančních rozpočtů byly přepsány do přehledných tabulek, které byly vytvořeny autorkou předkládané diplomové práce – příkladem je tab. 11 na následující straně. V tabulkách je uveden druh materiálu, jeho množství a cena. V původním zápisu bylo někdy políčko pro beton



zaměněno s políčkem pro betonáž – autorkou byla tato chyba v nově vytvořených tabulkách opravena, a to podle ceny za jednotku objemu materiálu. Tyto tabulky oproti původním zápisům cenu za jednotku objemu materiálu neobsahují. Pro kontrolu byly autorkou všechny ceny materiálu přepočítány. Bylo zjištěno, že hodnoty byly zaokrouhlovány na jednotky halěrů – někde byly hodnoty zaokrouhleny dolů, někde nahoru. Jen v několika málo případech se stalo, že by v zápisu podrobného rozpočtu byla uvedená chybná hodnota. Ta mohla být způsobena přepsáním nebo špatným zaokrouhlením. Tato chyba však neměla velký vliv na skutečnou celkovou cenu. Po sečtení cen z původního zápisu a cen nově přepočtených se celková cena lišila maximálně v desítkách halěrů.

Celkové ceny uvedené v tabulkách podrobného rozpočtu (např. tab. 11) pro každý dům byly porovnány s cenou uvedenou v tab. 10 na předešlé straně. Ceny se opět lišily maximálně v desítkách halěrů, v případě tab. 11 o 1 halěr.

Tab. 11: Podrobný rozpočet pro dům č. p. 139, stavba II, objekt č. 1

náměstí Míru č. p. 139				cena [Kčs]	
bourání zdi	tl. 25 cm	–		–	
bednění stěn		72,49	[m <sup>2</sup> ]	1618,70	
bednění kleneb		43,19		1750,06	
provizorní pažení stropu		–		–	
svislá dilatace z heraklitu		–		–	
mazanina z betonu B-105		27,83		668,20	
přibírka počvy a schodiště		5,79		621,61	
ražba plným profilem		–		–	
výlom rýh pro základy		6,43		767,68	
beton B-170	do v. 150 cm	tl. 30 cm	[m <sup>3</sup> ]	–	
	nad v. 150 cm				
betonáž	do v. 150 cm	tl. 30 cm		25,12	4 718,54
		tl. přes 30 cm		–	–
	nad v. 150 cm	nespecifikováno		22,46	4 486,16
čelní betonová zeď		2,27			485,39
zakládka z betonu B-60		6,28		1 083,80	
vodorovné přemístění hlušiny		12,22		331,53	
doprava v podzemí		181,76	[t]	5 694,54	
	zákl. náklady			22 226,22	
	51 % ze zákl. nákladů			11 335,37	
	GZS			1 111,31	
<b>celkem</b>				<b>34 672,90</b>	

# 5 Moderní metody sběru prostorových dat

Předkládaná diplomová práce řeší sběr prostorových dat vybranými moderními metodami, jejichž volba a přesný popis jsou uvedeny v kapitolách níže. Cílem není předložit přesný popis všech níže zmíněných moderních metod.

Moderní metody sběru prostorových dat lze dle (ZČU 2022) dělit na:

- 1) nepřímé, resp. bezkontaktní, které lze dále dělit na:
  - a. metodu laserového skenování (také jen laserové skenování),
  - b. fotogrammetrii,
  - c. dálkový průzkum Země (DPZ)
- 2) přímé, resp. kontaktní, které lze dále dělit na:
  - a. geodetické metody a
  - b. metody využívající globální družicové navigační systémy (dále též metody GNSS).

Nepřímé metody sběru prostorových dat umožňují v relativně krátkém čase nasnímat velkou oblast s vysokou hustotou prostorových bodů. Sběr dat probíhá bez přímého kontaktu s objektem zájmu. Výstupem těchto metod mohou být např. mračna bodů, digitální modely povrchu (DMP) a digitální modely reliéfu (DMR). (Pacina a Brůna 2014)

Přímé metody sběru prostorových dat určují prostorovou polohu jednotlivých bodů s vysokou přesností až v řádu milimetrů. Avšak sběr prostorových dat na velké oblasti je časově velmi náročný. Sběr dat probíhá v přímém kontaktu s měřeným objektem. Přímé metody jsou vhodné např. k měření podrobného polohopisu a výškopisu, k určení polohy objektů nebo vlíčovacích bodů. (Pacina a Brůna 2014)

## • metoda laserového skenování

Metoda laserového skenování patří k nejmodernějším metodám sběru prostorových dat. Dle (VÚGKT 2020) ji lze definovat jako „*způsob detekce objektu pomocí pohyblivého laserového paprsku, jehož stopy na povrchu objektu jsou uspořádány v řádcích nebo rastru (tzv. mračno bodů)*“.

Dle typu nosiče lze dle (Pavelka 2003b) laserové skenování rozdělit na letecké a pozemní. V případě leteckého laserového skenování je laserový skener umístěn na pohyblivém se letadlovém nosiči (VÚGKT 2020). Pozemní laserové skenování lze dále dělit na statické a kinematické, resp. mobilní. Při statickém laserovém skenování je laserový skener statický. Výsledné mračno bodů je pořízeno z jednoho stanoviska, k němuž je vztažen místní souřadnicový systém mračna bodů. Při mobilním laserovém skenování je laserový skener v neustálém pohybu a ke každému bodu se tak vztahuje vlastní místní souřadnicový systém. Souřadnice bodů v místních souřadnicových systémech jsou následně transformovány do geodetických souřadnicových systémů.

Systém podzemních chodeb je členitý, jednotlivé chodby jsou krátké a v některých místech velmi úzké. V případě pozemního statického laserového skenování by to znamenalo mnoho přestav a sběr dat by byl časově náročný. Tato metoda byla využita např. v diplomové práci (Jeřábková 2018). Z těchto důvodů by bylo lepší využít metodu mobilního laserového skenování. Autorce předkládané diplomové práce se naskytla možnost využít ruční mobilní

laserový skener. Proto byla pro sběr prostorových dat zvolena metoda pozemního mobilního laserového skenování.

## • fotogrammetrie

Další moderní metoda sběru prostorových dat je fotogrammetrie. Dle (VÚGTK 2020) ji lze definovat jako „*vědní a technický obor o získávání spolehlivých informací o fyzických objektech a prostředí zaznamenáváním, měřením a interpretací snímků*“ nebo jako „*obor, zabývající se zjišťováním geometrických vlastností a polohy objektů a jejich změn z fotografických měřických snímků a obrazových záznamů*“.

Fotogrammetrii lze dle (Pavelka 2003a) dělit podle:

- 1) polohy stanoviště na:
  - a. pozemní,
  - b. leteckou,
  - c. družicovou,
- 2) počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků na:
  - a. jednosnímkovou,
  - b. vícesnímkovou, kterou lze dále dělit na:
    - i. stereofotogrammetrii,
    - ii. průsekovou fotogrammetrii,
    - iii. metodu obrazové korelace
- 3) způsobu technologického zpracování na:
  - a. analogovou,
  - b. analytickou,
  - c. digitální,
- 4) záznamu výstupních hodnot fotogrammetrického vyhodnocení na:
  - a. grafickou
  - b. číselnou.

Hlavní a viditelný rozdíl mezi pozemní, leteckou a družicovou fotogrammetrií je v poloze stanoviště – při pozemní fotogrammetrii se stanoviště nachází zpravidla na zemském povrchu, při letecké v letadle nebo RPAS a při družicové na družici. V případě pozemní fotogrammetrie, kdy je kamera při snímání vzdálena maximálně 30 m od snímaného objektu, se jedná o blízkou fotogrammetrii (VÚGTK 2020).

Při jednosnímkové fotogrammetrii se využívá pouze samostatných měřických snímků a lze určit pouze rovinné souřadnice snímaného objektu. Ve spojení s pozemní fotogrammetrií lze tuto metodu využít pro tvorbu fotoplánů rovinných objektů, ve spojení s leteckou fotogrammetrií pak za účelem získat polohopisnou složku mapy rovinnatého území. Vícesnímková fotogrammetrie pracuje se dvěma nebo více snímky a slouží pro získání prostorových souřadnic. Protože z jednoho snímku lze získat pouze rovinné souřadnice, je pro získání prostorových souřadnic nutný druhý snímek. Snímky se musejí překrývat, objekt zájmu se tedy alespoň částečně nachází na obou snímcích. Stereofotogrammetrie využívá pro vyhodnocení snímků umělý stereoskopický vjem. Ve spojení s pozemní fotogrammetrií je žádané, aby osy záběrů snímků byly rovnoběžné. Průseková fotogrammetrie je jednou z nejstarších fotogrammetrických metod. (Pavelka 2003a). Dle (VÚGKT 2020) spadá do pozemní fotogrammetrie, při které jsou osy záběrů snímků konvergentní. Spolu s metodou obrazové korelace umožňuje vyhodnocování většího počtu snímků. Metoda obrazové korelace však umí pracovat s rovnoběžnými i konvergentními osami záběrů snímků současně. (Pavelka

2003a) Vzhledem k ostatním fotogrammetrickým metodám se jedná o relativně novou metodu, jejíž vývoj jde rychle kupředu.

Při analogovém zpracování snímků je nutné využít přesných, složitých, jednoúčelových vyhodnocovacích strojů, které jsou v dnešní době k sehnání jen stěží. Při analytickém vyhodnocení snímků se pro měření snímkových souřadnic využívá přesných, avšak jednoduchých strojů (komparátorů). Snímkové souřadnice se do souřadnicového systému transformují na počítači. Tuto metodu v dnešní době nahradilo digitální zpracování. Při něm se pracuje s digitálním obrazovým záznamem, snímkové souřadnice se měří přímo na obrazovce počítače a na počítači také probíhá jejich transformace do souřadnicového systému.

Zastaralý grafický záznam výstupních hodnot, kdy se výsledky vyznačovaly přímo na kreslicím stole připojeném k vyhodnocovacímu počítači, nahradil číselný. Souřadnice jsou automaticky ukládány do paměti počítače a dále zpracovány do příslušné podoby. (Pavelka 2003a)

Z výše zmíněných popisů vyplývá, že nejvhodnější metodou pro sběr prostorových dat v systému podzemních chodeb je blízká digitální vícesnímková fotogrammetrie (dále též blízká fotogrammetrie), pro zpracování fotodokumentace pak metoda obrazové korelace.

- **dálkový průzkum Země (DPZ)**

Dle (VÚGTK 2020) lze DPZ definovat jako „*získávání dat o zemském povrchu bezkontaktním způsobem, např. z letadla nebo družice*“. DPZ využívá elektromagnetické záření, na jehož základě ho lze dělit na aktivní a pasivní. Při aktivní metodě je vytvářeno umělé záření, při metodě pasivní je naopak využíváno záření Slunce a Země. Dále se dělí na digitální, jehož výsledkem jsou obrazové záznamy na médiu, a na konvenční, jehož výsledky jsou předkládány v analogové podobě. DPZ se využívá např. pro zajištění civilní obrany, velký potenciál má také v oblastech životního prostředí nebo zemědělství. (Železný 2021) Tato metoda nemá v případě diplomové práce využití.

- **přímé metody**

Přímé metody slouží k měření polohopisu a výškopisu. Polohopis lze měřit např. polární nebo ortogonální metodou, výškopis metodou plošné nivelace nebo trigonometrickým určováním výšek. Existují i metody, kterými lze zároveň měřit jak polohopis, tak výškopis – metoda tachymetrie a metoda GNSS.

Metoda tachymetrie umožňuje jedním zaměřením z tachymetrického stanoviska získat prvky pro určení pravoúhlých prostorových souřadnic podrobného bodu (ČÚZK 2020). Lze ji dělit na nitkovou tachymetrii a tachymetrii s elektronickým tachymetrem. Nitková tachymetrie využívá k měření tachymetr vybavený nitkovým dálkoměrem a svislé latě. (Čada nedatováno) Tato metoda je již zastaralá a vystřídala ji tachymetrie s elektronickým tachymetrem.

Metody GNSS umožňují určování polohy z dat vysílaných družicemi případně doplněná o data referenčních stanic nebo jejich sítí. V závislosti na účelu a požadované přesnosti je lze dělit na statickou, rychlou statickou, metodu „Stop and go“, kinematickou a metodu Real Time Kinematic (RTK). Statická metoda dosahuje přesnosti v jednotkách milimetrů, je ale časově nejnáročnější. Metoda RTK je nejnovější a dosahuje centimetrové přesnosti. V současnosti je nejrozšířenější. Využívá se při určování měřických bodů, měření bodů bodových polí a vytyčování. (Říha 2014)

V současnosti se přímé metody sběru prostorových dat často využívají jako doplňkové k metodám laserového skenování nebo fotogrammetrie. Využívají se tam, kde není možné

měřit nepřímými metodami. Zpravidla jsou tyto metody přesnější, a proto mohou sloužit k zaměření vlnčových bodů a ke kontrole přesnosti přímých metod.

Veškerá prostorová data musí být jednotně lokalizována v prostoru i čase, k čemuž slouží geodetické základy (ZČU 2022). Metodu tachymetrie s elektronickým tachymetrem je vhodné využít jako doplňkovou k metodám laserového skenování a fotogrammetrie – výsledky obou zmíněných metod tak mohou být připojeny na bodové pole. Protože předmětem diplomové práce jsou podzemní prostory, metody GNSS nejsou pro polohové určení systému podzemních chodeb vhodné. Těto metody bude využito jen k porovnání souřadnic tachymetrických stanovisek, které se budou nacházet na povrchu a bude vhodné na nich provést měření.

## 5.1 Metoda pozemního mobilního laserového skenování

Pozemní mobilní laserové skenování je automatizovaná nepřímá metoda, která pro sběr prostorových dat využívá mobilní laserový skener. Ty fungují na principu režimu *On-the-fly*. Nosič se při skenování pohybuje po trajektorii bez zastavení, oblast zájmu je nepřetržitě skenována a každý naskenovaný bod má vlastní souřadnicový systém. Při skenování může být jako nosič využit např. vlak, automobil nebo i samotný člověk.

Výsledkem laserového skenování je husté mračno bodů, které lze dle (Pavelka et al. 2014) definovat jako „*primární výsledek laserového skenování, které je kvantitativním neselektivním prostorovým digitálním vyjádřením povrchu nebo objektu v daném zorném poli s určitou nejistotou měření*“. Aby byly tyto body určeny jednoznačně, je nutné sledovat okamžitou polohu referenčního bodu laserového skeneru a orientaci jeho os v globálním systému s vysokou přesností a časovým rozlišením. Georeferencování probíhá s využitím inerciální měřické jednotky (dále též IMU) spolu s určením polohy pomocí GNSS, případně pomocí algoritmu SLAM. (Pavelka et al. 2014) Z mračna bodů lze vhodným programovým vybavením vytvořit 3D model, ze kterého lze dále vytvářet další výstupy jako např. situační plány a řezy. Tyto 3D modely lze využít i pro další práce a analýzy, např. k výpočtu kubatur. (Veselý 2014). Metoda pozemního mobilního laserového skenování je také hojně využívána k tvorbě informačního modelu budovy (BIM).

Hlavní výhodou pozemního mobilního laserového skenování je přímé a hromadné získávání prostorových dat z blízkého okolí s možností provádět měření za plného provozu (Pavelka et al. 2014). Metoda také umožňuje skenovat velké oblasti zájmu v krátkém časovém úseku.

## 5.2 Metoda obrazové korelace

Metoda obrazové korelace je fotogrammetrická metoda, která umožňuje automatické vytvoření mračna bodů ze dvou a více snímků. Osy záběrů dvojice snímků mohou být rovnoběžné, v případě více snímků konvergentní. Záběry snímků by se měly co nejvíce překrývat (alespoň 60% překryt). Využívá tedy výhod stereofotogrammetrie a průsekové fotogrammetrie, větší důraz je však kladen na kvalitu snímků. Vliv na přesnost a kvalitu výsledku má také prostorové rozložení snímků a jejich dostatečný počet. (Poloprutský a Hodač 2016)

Snímky jsou zpracovány algoritmem Structure from Motion (SfM) – princip spočívá v automatizovaném vyhledávání stejných bodů na více různých 2D snímcích (Poloprutský a Hodač 2016). Zároveň jsou určeny prvky vnější<sup>3</sup> a vnitřní<sup>4</sup> orientace snímků (Westoby et al. 2012). Následně dochází ke korelaci snímků (Poloprutský a Hodač 2016).

Při správném postupu pořizování snímků a za vhodně zvoleného programového vybavení a algoritmu lze ze získaných dat vygenerovat mračno bodů, velmi přesný 3D model, případně texturovaný 3D model, nebo ortofoto (Poloprutský a Hodač 2016).

Pro sběr prostorových dat lze využít neměřické digitální fotoaparáty spolu se stále více využívanými RPAS. Pro zpracování získaných dat se využívá nejnovějších softwarových technologií. Díky způsobu pořizování fotodokumentace, jejímu zpracování a dostupným softwarovým technologiím je tato metoda populární i mezi amatéry. Bezesporu ji lze tedy zařadit mezi moderní metody sběru prostorových dat. Lze ji využít pro zaměření objektu zájmu ve venkovním i vnitřním prostředí. Dále ji lze použít i tam, kde není možné využít klasické geodetické metody nebo by jejich využití bylo příliš časově náročné. Hojně je využívána pro vytvoření detailního 3D modelu např. v oblastech stavebnictví, strojírenství, archeologii, kriminalistice, geodézii nebo pro potřeby památkové péče. (Veselý 2014)

Pořízení fotodokumentace objektu zájmu pro zpracování metodou obrazové korelace vede při stejné časové náročnosti k podrobnějším výsledkům, než kdyby byly pro sběr prostorových dat objektu zájmu využity geodetické metody. Další výhodou této metody je, že pro pořízení fotodokumentace nemusí být použit měřický digitální fotoaparát. Je to tedy levnější varianta k metodě laserového skenování. Zpracování dat je však náročnější. (Poloprutský a Hodač 2016).

### 5.3 Metoda tachymetrie s elektronickým tachymetrem

Metoda tachymetrie kombinuje polární metodu a trigonometrické určení výšek. Ze sítě tachymetrických stanovisek se určuje poloha podrobných bodů polárními souřadnicemi (vodorovným úhlem a délkou) a výška podrobných bodů se určuje trigonometricky (ze svislého úhlu a délky). (Čada nedatováno)

V dnešní době je pro měření metodou tachymetrie s elektronickým tachymetrem využíván nejčastěji univerzální elektronický tachymetr, označovaný také jako totální stanice. Ta je vybavena elektronickým dálkoměrem a umožňuje současné měření vodorovných směrů, zenitových úhlů i šikmých délek s vysokou přesností. Z těchto údajů dokáže následně dopočítat např. vodorovnou délku, převýšení nebo pravoúhlé souřadnice. Pro měření lze nastavit přístrojové konstanty, atmosférické podmínky, zapnout matematické redukce apod. Naměřené i dopočtené hodnoty se pak ukládají do paměti přístroje. (ČÚZK 2020) V dnešní době se vyrábí totální stanice, které pro měření délek nabízejí hranolový i bezhranolový režim, mohou být vybaveny laserovým skenerem, GNSS přijímačem aj. Vyrábí se i robotizované totální stanice, které mohou být obsluhovány pouze jedním měřičem.

---

<sup>3</sup> = „údaje, které definují polohu projekčního centra a směr osy záběru; jedná se o tři souřadnice středu vstupní pupily a tři nezávislé rotace“ (VÚGTK 2020)

<sup>4</sup> = „údaje, které charakterizují geometrii paprsků uvnitř kamery; jedná se o konstantu kamery, polohu hlavního bodu a znalost průběhu distorze objektivu“ (VÚGTK 2020)

# 6 Sběr prostorových dat zvolenými metodami

## 6.1 Využití měřické a neměřické přístroje

Při každé zvolené metodě sběru prostorových dat se využívá jiné měřické vybavení. Pro metodu pozemního mobilního laserového skenování byl použit ruční mobilní laserový skener ZEB-HORIZON, pro metodu tachymetrie s elektronickým dálkoměrem byla použita totální stanice Topcon OS-103, pro určení polohy bodů metodou GNSS byl použit GNSS přijímač Spectra Precision SP80 a pro metodu blízké fotogrammetrie byl využit neměřický digitální fotoaparát Nikon D3200.

- **laserový skener ZEB-HORIZON**

Laserový skener ZEB-HORIZON od firmy GeoSLAM je ruční mobilní laserový skener. Naskenuje 300 000 bodů/s ve vzdálenosti až 100 m, což je nejvíce z firmou nabízených laserových skenerů k dubnu roku 2023. Tento laserový skener také jako jediný z nich zachycuje k prostorovým souřadnicím i hodnotu intenzity odrazu laserového paprsku. (GeoSLAM 2023)

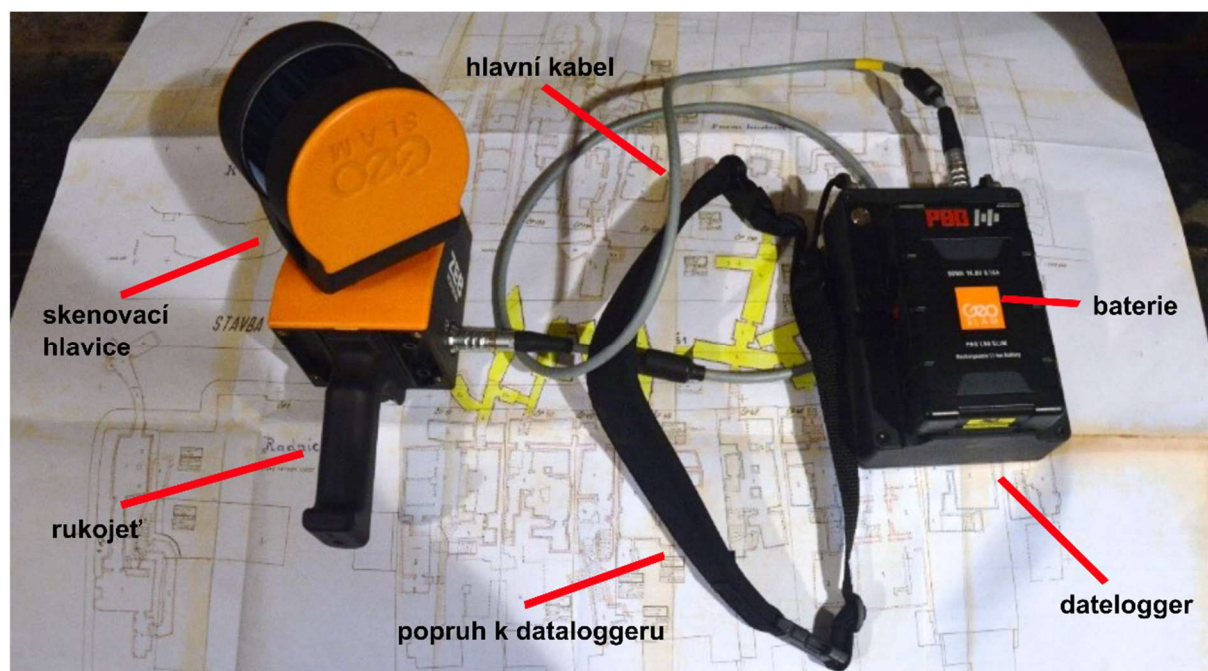
Při samotném sběru dat ho s hmotností pouhých 2,85 kg lze nést v ruce nebo připevnit např. na auto, dron nebo závěsný kříž. Sběr dat probíhá při pohybu v oblasti zájmu, je rychlý a časově nenáročný. Práce se samotným laserovým skenerem je intuitivní. Laserový skener pracuje na principu algoritmu SLAM, je tak nezávislý na určení polohy pomocí metod GNSS (Pavelka et al. 2014). Díky tomu ho lze využít ve venkovním i vnitřním prostředí. Vybrané parametry laserového skeneru se nachází v tab. 12, podrobněji pak v uživatelském manuálu (GeoSLAM 2020).

Tab. 12: Vybrané parametry laserového skeneru ZEB-HORIZON (GeoSLAM 2020)

parametr	hodnota	
maximální dosah	100 m	
zorné pole	360 ° x 270 °	
míra skenování	300 000 bodů/s 160 linií/s	
přesnost	měření délek	do 3 cm
	relativní	do 6 cm
vlnová délka	903 nm	
váha	skenovací hlavice	1,49 kg
	datalogger	0,72 kg
	baterie	0,55 kg
teplotní podmínky pro použití	od 0 ° do +40 °C	
výdrž baterie	přibližně 3 hod nepřetržitého používání	

Laserový skener ZEB-HORIZON je sestaven ze skenovací hlavice na rukojeti, dataloggeru, popruhu na připevnění dataloggeru, baterie a hlavního kabelu (viz obr. 19 na následující straně). Skenovací hlavici tvoří 2D laserový LiDAR senzor Velodyne Puck Lite (VLP-16 Lite), který je spojený s IMU. Skenovací hlavice připevňuje k motoru, který ji otáčí o 360° společně s IMU, která měří náklony, získává nezpracovaná surová data. Ta jsou poskytována ve formátu

\*.geoslam a dodatečně zpracována pomocí algoritmu SLAM v software GeoSLAM Hub. Tím jsou data georeferencována a převedena na mračno bodů. (GeoSLAM 2020)



Obr. 19: Laserový skener ZEB-HORIZON

Laserový skener ZEB-HORIZON zapůjčil pan Ondřej Kříž.

### • digitální fotoaparát Nikon D3200

Digitální fotoaparát Nikon D3200 od firmy Nikon je digitální jednooká zrcadlovka. Umožňuje pořizovat fotografie v šesti režimech a šesti motivových programech. Mimo jiné umožňuje pořizování videosekvence ve Full HD. Disponuje např. vestavěným bleskem, monitorem a software v češtině, ve kterém lze nastavovat parametry pro snímání, prohlížet si pořízená data, ale také v něm lze tato data rovnou upravovat. (Nikon Corporation nedatováno) Digitální fotoaparát je vybavený objektivem AF-S DX NIKKOR 18–55 mm f/3,5–5,6G VR. Vybrané parametry digitálního fotoaparátu se nachází v tab. 13, podrobněji pak v uživatelském manuálu (Nikon Corporation nedatováno).

Tab. 13: Vybrané parametry digitálního fotoaparátu Nikon D3200 a objektivu AF-S DX NIKKOR 18–55 mm f/3,5–5,6G VR (Nikon Corporation nedatováno)

	parametr	hodnota
digitální fotoaparát Nikon D3200	rozlišení snímače	24,2 Mpx
	citlivost ISO při expozici	100–6400
	formát souborů	NEF (RAW), JPEG, NEF (RAW) + JPEG
	teplotní podmínky pro použití	od 0 ° do +40 °C
objektiv AF-S DX NIKKOR 18	konstanta kamery	18–55 mm
	světelnost	f/3,5–5,6
	minimální zaostřitelná vzdálenost	25 cm

Autorka předkládané diplomové práce použila pro pořízení fotodokumentace vlastní digitální fotoaparát Nikon D3200 se sériovým č. 7229773 a objektiv AF-S DX NIKKOR 18–55 mm f/3,5–5,6G VR se sériovým č. 42128660.



- **totální stanice Topcon OS-103**

Totální stanice Topcon OS-103 od firmy Topcon je bezhranolová totální stanice. Pro délkové měření nabízí hranolový i bezhranolový režim, který využívá rychlý a výkonný elektronický dálkoměr (Topcon nedatováno). Barevný dotykový LCD displej s alfanumerickou klávesnicí zobrazuje grafický aplikační program MAGNET Field. Ten je v českém jazyce a nabízí řešení zjednodušeného měření i vytyčování přímo v terénu. Jako první na světě je vybavena systémem TSshield™, který slouží k zabezpečení totální stanice např. v případě odcizení. (TOPGEOSYS, s.r.o. nedatováno) Vybrané parametry totální stanice se nachází v tab. 14, podrobněji pak v uživatelském manuálu (Topcon nedatováno).

Tab. 14: Vybrané parametry totální stanice Topcon OS-103 (TOPGEOSYS, s.r.o. nedatováno)

parametr		hodnota	
úhlové měření	přesnost	3" (1,0 mgon)	
délkové měření	hranolový režim	rozsah	4 000 m
		přesnost	± 2 mm + 2ppm
	bezhranolový režim	rozsah	0,3 m až 500 m
		přesnost	± 3 mm + 2ppm
minimální zaostření dalekohledu		1,3 m	
teplotní podmínky pro použití		od -30 ° do +60 °C	
výdrž baterie		18 hodin	

Pro sběr prostorových dat byla použita totální stanice OS-103 se sériovým č. CT0270. Totální stanici zapůjčila firma AGROREAL CZ, s.r.o.

- **GNSS přijímač Spectra Precision SP80**

GNSS přijímač Spectra Precision SP80 od firmy Spectra Precision je kompaktní GNSS přijímač pracující na principu Z-Blande technologie. Tato technologie neupřednostňuje satelity jednoho satelitního navigačního systému, zpravidla GPS, ale považuje satelity všech dostupných satelitních navigačních systémů za „sobě rovné“. Tento přístup potenciálně zvyšuje dostupnost satelitů, dokonce i v málo otevřených oblastech. (Spectra Precision 2013b)

Přijímač je vybaven anténou, zápisníkem se software TRANSFORM MAX v češtině a teleskopickou karbonovou výtyčkou. Disponuje také technologií ochrany proti krádeži. Mezi další doplňkové technologie patří např. Bluetooth, Wi-Fi, možnost odesílat SMS a e-maily. (Spectra Precision 2013a) Vybrané parametry GNSS přijímače se nachází v tab. 15, podrobněji pak v uživatelském manuálu (Spectra Precision 2013a).

Tab. 15: Vybrané parametry GNSS přijímače Spectra Precision SP80 (Spectra Precision 2013a)

parametr		hodnota
satelitní systémy		GPS, GLONAS, GALILEO, BEIDOU, QZSS, SBAS
přesnost metody RTK	polohová	8 mm + 1 ppm
	výšková	15 mm + 1 ppm
teplotní podmínky pro použití		od -40 ° do +65 °C
výdrž baterie (2 pracují současně)		10 hodin

Pro sběr prostorových dat byl použit GNSS přijímač Spectra Precision SP80 se sériovým č. 5742550797. GNSS přijímač zapůjčila firma AGROREAL CZ, s.r.o.

## 6.2 Sběr prostorových dat metodou pozemního mobilního laserového skenování

Sběr prostorových dat metodou pozemního mobilního laserového skenování probíhal v celém systému podzemních chodeb. Podrobněji je plán a popis sběru prostorových dat popsán níže.

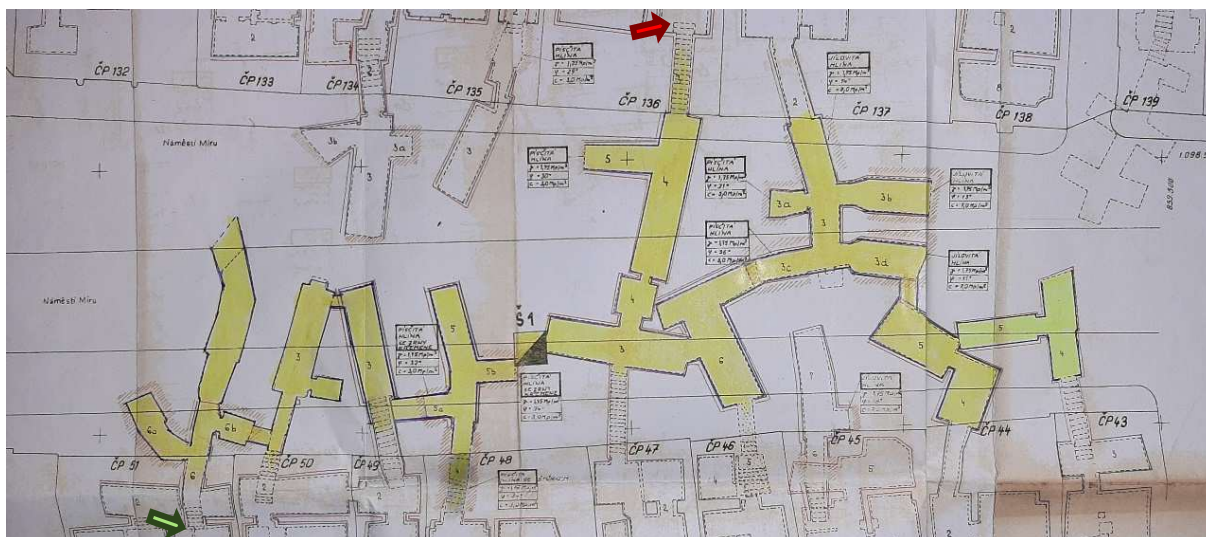
### 6.2.1 Plán sběru prostorových dat

Pro správné naskenování systému podzemních chodeb bylo nutné připravit plán sběru prostorových dat. Důležité také bylo předem odhalit místa, která by svou geometrií mohla negativně ovlivnit výpočet algoritmu SLAM, a tím i výsledné mračno bodů.

Nejprve autorka předkládané diplomové práce spolu s panem Ondřejem Křížem, který má zkušenosti se skenováním zapůjčeným laserovým skenerem ZEB-HORIZON, prošla systém podzemních chodeb. Podzemní chodby jsou úzké, nízké, poměrně dost členité a jejich délka je cca 240 m. Maximální doporučená doba jednoho skenování tohoto laserového skeneru pro dosažení kvalitních výsledků je 30 min. Detailní skenování takovýchto podzemních chodeb najednou by však tuto doporučenou dobu překročilo. Proto bylo rozhodnuto, že systém podzemních chodeb bude naskenován na několik částí.

Aby mohlo dojít k přesnějšímu spojení mračen bodů podzemních chodeb a odhalení případných chyb, byla naskenována i nadzemní část, resp. část nám. Míru propojená se systémem podzemních chodeb skrz sklepní prostory. K tomuto bylo nutné také zařídit dva různé přístupy do systému podzemních chodeb. Jako jeden ze vstupů byl využit nyní jediný oficiální vstup přes dům č. p. 136, ve kterém sídlí Římskokatolická farnost Domažlice (na obr. 20 na následující straně je místo vstupního schodiště do systému podzemních chodeb s kamenným portálem označeno červenou šipkou). Při průzkumu systému podzemních chodeb však bylo zjištěno, že ostatní vstupy do podzemních chodeb jsou opatřeny uzamykatelnými dveřmi s mřížemi. Autorka předkládané diplomové práce tedy zjišťovala, ze kterých domů je možné do systému podzemních chodeb vstoupit. Jedním z navštívených domů byl např. dům č. p. 46, ve kterém je zlatnictví. Ze sklepních prostor tohoto domu by měl být přístup do levé části systému podzemních chodeb, avšak z nadzemních prostor domu není zpřístupněn ani vstup do sklepních prostor. Dům, ze kterého byl autorkou diplomové práce nakonec zajištěn přístup do systému podzemních chodeb, byl dům č. p. 51 – v tomto domě má sídlo MKS Domažlice. Do systému podzemních chodeb se vchází přes nadzemní prostory domu a poměrně rozsáhlé sklepní prostory, samotný vstup do systému podzemních chodeb je pak opatřen uzamykatelnými dveřmi a mřížemi (toto místo je na obr. 20 na následující straně označeno zelenou šipkou).

Místa, která by svou geometrií mohla negativně ovlivnit výpočet algoritmu SLAM a výsledné mračno bodů, jsou např. dlouhé chodby s hladkými stěnami. Algoritmus SLAM se totiž fixuje na objekty, které jsou opakovaně skenovány. Ty by měly mít velikost alespoň 1 : 10 ku skenovanému prostředí. Algoritmus SLAM je označí jako statické a považuje je za záchytné objekty. (GeoSLAM 2020) V systému podzemních chodeb, ale i ve venkovní části, se nacházejí objekty, které tuto podmínku splňují.



Obr. 20: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200, vstup ze sklepních prostor fary označen červenou šipkou, vstup ze sklepních prostor MKS označen zelenou šipkou

Dále algoritmus SLAM využívá k určení aktuální pozice laserového skeneru dříve známé polohy. Aby bylo možné minimalizovat možnost nárůstu chyby v určení polohy laserového skeneru a následně i bodů mračna, je nejlepší možností měřit ve smyčce. To znamená, že by se již naměřená místa měla skenovat opakovaně. Minimálně je ale požadováno, aby bylo měření zahájeno a ukončeno na stejné pozici. Z těchto zásad se při plánování měření vycházelo. Obecně je doporučeno, aby byly smyčky kruhové. (GeoSLAM 2020) Toto doporučení však v našem případě nebylo možné kvůli situačnímu uspořádání systému podzemních chodeb splnit a smyčky byly v tomto případě typu „tam a zpět“. Ve venkovní části toto doporučení splněno bylo.

Celé měření bylo vzhledem k výše uvedeným zásadám rozděleno do 4 částí obecně popsanych z pohledu od severu k jihu: 1. část – levá část systému podzemních chodeb s přístupovou šachtou a částí sklepních prostor fary, 2. část – celý systém podzemních chodeb, 3. část – pravá část systému podzemních chodeb propojená vstupem přes faru s venkovní částí, 4. část – venkovní část propojená přes oba vstupy do systému podzemních chodeb. Části se vzájemně překrývají, aby mohla být jednotlivá mračna bodů spojena v jedno.

## 6.2.2 Postup sběru prostorových dat

Proces sběru dat pomocí laserového skeneru ZEB-HORIZON je vysoce automatizovaný. Při sběru dat bylo ale nutné dbát na některé zásady, které mají vliv na úspěšné zpracování surových laserových dat do mračna bodů pomocí algoritmu SLAM a i výslednou přesnost.

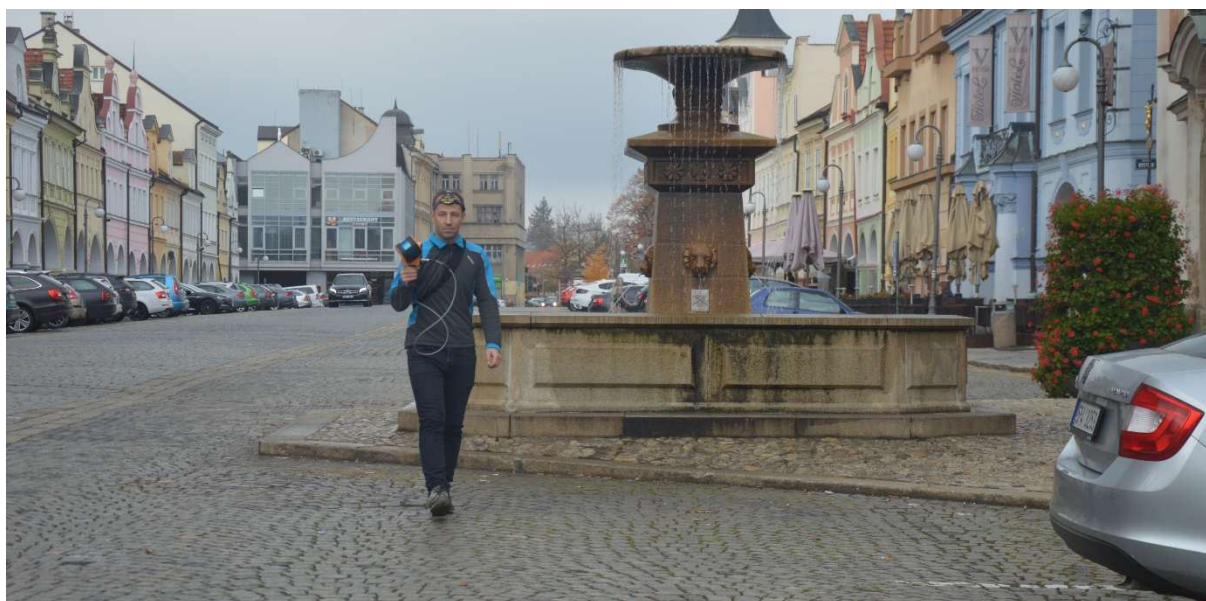
- Laserový skener ZEB-HORIZON je nutné při spuštění a vypínání postavit na stejné místo, které je rovné a stabilní a na kterém se může bez problémů otáčet skenovací hlavička. Splnění těchto podmínek bylo nutné pro inicializaci, která trvá 15 s po spuštění laserového skeneru, při níž se nesmí s laserovým skenerem hýbat. Na tomto místě také měření začíná a končí. Po úspěšné inicializaci začne skenovací hlava rotovat. Tímto je laserový skener úspěšně spuštěn a je možné provést měření. (GeoSLAM 2020)
- Aby algoritmus SLAM neměl při zpracování získaných dat problém navázat na sebe dva odlišné prostory, bylo důležité, aby laserový skener skenoval např. při vycházení z úzkých podzemních chodeb nebo při odbočování oba dva prostory současně. Obzvláště v těchto místech se tedy muselo procházet velmi pomalu a opatrně.

- Dále bylo nutné vyvarovat se skenování pohybujících se objektů, aby je algoritmus SLAM neoznačil jako statické a nepovažoval je za záchytné objekty. V systému podzemních chodeb, sklepních prostorách a nadzemních prostorách domů bylo tomuto snadné zamezit – před samotným zaměřením autorka předkládané diplomové práce zajistila, aby v těchto prostorách nikdo během měření neprocházel. Také otevřela všechny dveře a mříže, které bylo možné otevřít. Při skenování venkovní části se však nebylo možné vyvarovat pohybujících se objektů. V tomto případě to nebyl velký problém, protože většina skenovaného prostředí byla statická.
- Laserový skener ZEB-HORIZON má maximální dosah 100 m. Je však doporučeno, aby byl dosah při skenování menší než 50 m, a to z důvodu, aby byla zajištěna dobrá hustota bodů pro algoritmus SLAM. (GeoSLAM 2020) Tato podmínka byla splněna jak při skenování systému podzemních chodeb, tak při skenování venkovní části.

Laserový skener ZEB-HORIZON byl připojen kabelem k dataloggeru, který byl opatřen popruhem, aby si ho nosič mohl na sebe zavěsit. Laserový skener byl následně postaven na stabilní místo. Po jeho zapnutí a úspěšné inicializaci ho vzal nosič do ruky a provedl skenování příslušné části. Při skenování se nosič pohyboval pomalu, opatrně a plynule, neprováděl žádné prudké pohyby. Na konci měření byl laserový skener postaven na stejné místo jako na začátku měření a vypnut.

Jednotlivé části byly skenovány v pořadí od 1 do 4. Protože by při skenování mohlo dojít k chybě, která by způsobila výraznou deformaci výsledného mračna bodů, byla každá část skenována 2x – existují tak druhá nezávislá data. Jedno měření trvalo méně než 30 minut. Protože se cena laserového skeneru ZEB-HORIZON pohybuje okolo 1,7 milionů korun (k roku 2023), držel ho při samotném skenování pan Ondřej Kříž.

Sběr prostorových dat laserovým skenerem ZEB-HORIZON probíhal dne 26. října 2021. Na obr. 21 a obr. 22 a 23 na následující straně si lze prohlédnout fotografie z průběhu skenování.



*Obr. 21: Pan Ondřej Kříž při skenování venkovní části*



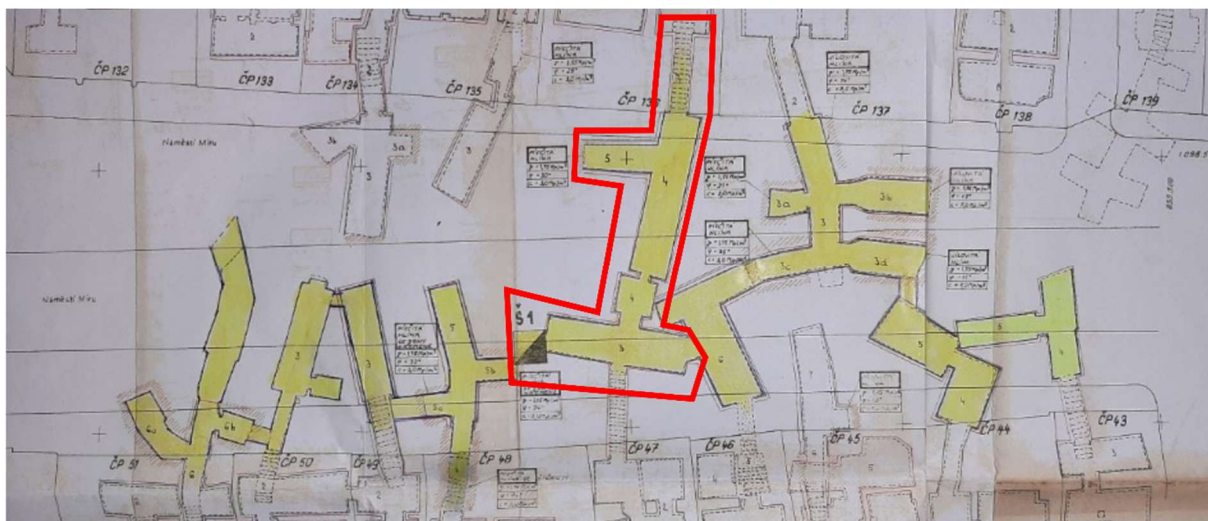
Obr. 22: Pan Ondřej Kříž při skenování systému podzemních chodeb (1)



Obr. 23: Pan Ondřej Kříž při skenování systému podzemních chodeb (2)

## 6.3 Pořízení fotodokumentace metodou blízké fotogrammetrie

Vzhledem k délce, tvaru a členitosti systému podzemních chodeb by bylo pořízení a zpracování jeho fotodokumentace časově náročné. Proto byla pořízena fotodokumentace pouze části systému podzemních chodeb, viz obr. 24. Tato část se nachází na začátku systému podzemních chodeb, je vzhledově pestrá a zajímavá svými výškovými rozdíly. Byla také zvolena v návaznosti na síť řešenou v kapitole 7.2.1 *Zpracování prostorových dat získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem.*



Obr. 24: Výřez vyfotografovaného situačního plánu systému podzemních chodeb stavby I v měřítku 1 : 200, část systému podzemních chodeb vybraná pro sběr dat metodu blízké fotogrammetrie označena červeně

### 6.3.1 Příprava před pořízením fotodokumentace

Aby mohlo být výsledné mračno bodů georeferencováno, je důležité na snímcích identifikovat tzv. vlíčovací body. Za tyto body lze považovat dobře signalizovaná místa přímo v terénu nebo je lze signalizovat uměle. Jsou důležité pro určení prvků vnější orientace a pro určení měřítka. Souřadnice těchto bodů musí být známy a získají se geodetickými metodami, viz kapitola 7.2.1 *Zpracování prostorových dat získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem*.

Před pořízením samotné fotodokumentace byly tedy do části systému podzemních chodeb umístěny lepící štítky, které budou při dalším zpracování sloužit jako uměle signalizované vlíčovací body. Mají tvar obdelníku velikosti 3,9 x 3,3 cm a šachovnicový vzor. Celkem jich bylo na stěnu vstupního portálu a na zdi v části systému podzemních chodeb umístěno 7.

Protože v systému podzemních chodeb není zavedena elektřina, bylo nutné při pořizování fotodokumentace zajistit vlastní zdroj světla. K tomu byly připraveny a následně i použity přenosné ruční svítilny. Pro nasvícení scény byl také využit vestavěný blesk fotoaparátu.

### 6.3.2 Postup pořízení fotodokumentace

Pořízení fotodokumentace části systému podzemních chodeb se řídilo pokyny pro její zpracování metodou obrazové korelace. Aby mohly být tyto fotografie dobře zpracovány, bylo nutné snímat jednu scénu z více směrů a úhlů. Fotodokumentace byla pořízena ve směru „tam a zpět“. Vstupní portál, schodiště a podzemní chodby byly snímány vestoje, ze snížené pozice i z různých směrů. Byl snímán nejen celý prostor, ale zvlášť byla nasnímána také podlaha, stěny a strop. Předměty, které jsou v systému podzemních chodeb umístěny trvale, byly také snímány z různých směrů a úhlů jako součást celého prostoru nejen z dálky, ale i z blízka. Bylo důležité, aby se fotografie překrývaly, a to z toho důvodu, aby na nich bylo možné dobře identifikovat spojovací body. Tyto zásady bylo důležité dodržovat také při přecházení z jedné podzemní chodby do druhé, především když na sebe navazovaly v jiném směru. Protože jsou vstupní schodiště a podzemní chodby úzké a relativně krátké, byly fotografie ve směru „tam a zpět“ pořizovány po krátkých vzdálenostech délky dvou až tří kroků – později se však tato vzdálenost ukázala jako příliš dlouhá.

První fotodokumentace byla autorkou předkládané diplomové práce pořízena dne 19. března 2022. Při jejím zpracování se zjistilo, že je nevyhovující, protože část systému podzemních chodeb nebyla dostatečně nasnímána. Proto byla dne 14. dubna 2022 pořízena druhá fotodokumentace. Při snímání se principiálně postupovalo stejně, jako je uvedeno výše. Avšak vzdálenost mezi pořízením fotografie ve směru „tam a zpět“ byla zkrácena na délku jednoho až dvou kroků. Fotografie byly pořízeny z více úhlů a míst. Více a detailněji byly také nasnímány předměty trvale umístěné v systému podzemních chodeb a přechody z jedné podzemní chodby do druhé. Oproti první fotodokumentaci byl kladen větší důraz na směr „zpět“, a to především při snímání vstupního schodiště. To je velmi úzké, stěny jsou hladké a nelze na nich dobře identifikovat spojovací body. Bylo proto důležité, aby byl společně se schodištěm na fotografiích zachycen i vstupní sklepní prostor.

Při pořízení fotodokumentace části systému podzemních chodeb byla předmětová vzdálenost menší než 30 m, čímž byla splněna podmínka metody blízké fotogrammetrie.



rozhodnuto, že k vyvedení sítě ze systému podzemních chodeb na nám. Míru bude využita přístupová šachta.

#### **6.4.2 Postup sběru prostorových dat metodou tachymetrie s elektronickým tachymetrem**

Přesný postup sběru prostorových dat metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem není v této kapitole uveden, protože cílem předkládané diplomové práce není popsat její obecně známý princip. Přesný postup obsluhy totální stanice Topcon OS-103 je dostupný v (Topcon nedatováno).

Nejprve bylo stabilizováno stanoviště na nám. Míru a stanoviště ve sklepním prostoru vstupního schodiště do systému podzemních chodeb. Ta byla vzájemně umístěna v závislosti na viditelnosti skrz malé průduchové okénko. Důležité bylo brát také ohled na pevné body polohového a výškového bodového pole a na umístění dalšího stanoviště v systému podzemních chodeb, nejlépe až pod vstupním schodištěm. Další stanoviště bylo důležité umístit tak, aby mezi nimi nebyly příliš krátké vzdálenosti, aby mezi nimi byla dobrá viditelnost a aby z nich bylo možné zaměřit podrobné a vlíčovací body. Ty budou využity při dalším zpracování. Dále byla v systému podzemních chodeb stabilizována stanoviště až po přístupovou šachtu. Vyvedení sítě ze systému podzemních chodeb bylo ovlivněno vlastnostmi přístupové šachty. Ta nevede přímo z povrchu do systému podzemních chodeb, je tvořena přepadem a její víko na povrchu nelze otevřít. Ve víku se však nachází otvor na madlo, kterým prosvítá světlo do systému podzemních chodeb. V tomto otvoru bylo stabilizováno další stanoviště, kterým byla síť vyvedena ze systému podzemních chodeb na nám. Míru.

Celkem bylo stabilizováno šest stanovišť, viz černě vyznačeny na obr. 31 na str. 61. Stanoviště 4001 bylo stabilizováno na nám. Míru před průduchovým okénkem. Z tohoto stanoviště byla zajištěna viditelnost na 3 pevné body podrobného polohového bodového pole (PPBP) a základního výškového bodového pole (ZVBP): bod PPBP 1196, který je zároveň bodem ZVBP HZ12-78, bod PPBP 1195, který je zároveň bodem ZVBP HZ12-79, a bod PPBP 597. Vybrané body obou bodových polí jsou červeně vyznačeny též na obr. 31 na str. 61. Stanoviště 4002 bylo stabilizováno ve sklepním prostoru u vstupního schodiště do systému podzemních chodeb a stanoviště 4003 pod tímto schodištěm. Zároveň z něho bylo možné zaměřit podrobné a vlíčovací body v postranní slepé podzemní chodbě – nebylo tedy nutné stabilizovat vedlejší stanoviště (rajon). Dále až po přístupovou šachtu byla stabilizována stanoviště 4004 a 4005. Stanoviště 4001 až 4005 byla dočasně stabilizována geodetickým nastřelovacím hřebem. Stanoviště 4006 bylo dočasně stabilizováno na otvoru víka, pevným připevněním podložky o tloušťce 1 mm. Do té byl vytvořen úzký otvor pro přesné zacílení.

Pro sběr prostorových dat metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem byla využita Totální stanice Topcon OS-103. Touto metodou byly současně určeny pevné body PPBP a ZVBP, stanoviště sítě, podrobné a vlíčovací body. Pokud to bylo možné, byl při určení stanovišť využit hranolový režim měření délek na odrazný minihranol na výtyče, případně na odrazný hranol na výtyče. Volba hranolu byla závislá na viditelnosti při cílení. Pro určení podrobných a vlíčovacích bodů byl vždy využit bezhranolový režim měření délek.

Protože měření začínalo v době, kdy je na nám. Míru velmi rušno, probíhalo nejprve na stanovištích v podzemních prostorech. Začalo se na stanovišti 4002 a pokračovalo se dále do systému podzemních chodeb až ke stanovišti 4005. Ze stanoviště 4005 se cílilo na stanoviště 4006 s využitím bezhranolového režimu měření délek. Nakonec se měřilo na stanovišti 4001 na nám. Míru. Z tohoto místa byly měřeny pevné body PPBP a ZVBP pole a stanoviště 4002



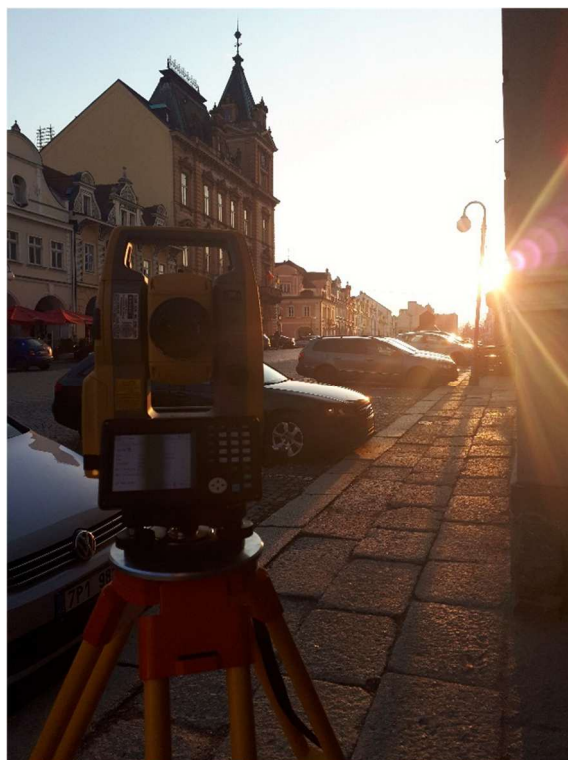
a 4006. Ze stanoviska 4006 nebylo možné cílit na stanovisko 4005 a ani na body PPBP a ZVBP, a proto na tomto stanovisku neprobíhalo žádné měření.

Zároveň byly měřeny podrobné a vlícovací body v podzemních prostorách i ve venkovním prostoru na nám. Míru. Podrobnými body jsou nazvány měřené body, které bude možné dobře identifikovat na laserovém i fotogrammetrickém mračnu bodů – např. výrazné rohy stěn, schodů, sloupů a dalších objektů. Za vlícovací body se považují lepící štítky v části systému podzemních chodeb, viz kapitola 6.3.1 *Příprava před pořízením fotodokumentace*.

Sběr prostorových dat metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem probíhal dne 19. března 2022. Na obr. 26 a 27 si lze prohlédnout fotografie z průběhu měření.



*Obr. 26: Autorka předkládané diplomové práce při sběru prostorových dat v systému podzemních chodeb metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem*



*Obr. 27: Fotografie totální stanice TOP OS-103 na stanovisku 4001*

### **6.4.3 Sběr prostorových dat metodou GNSS**

Sběr prostorových dat metodou GNSS nevyžaduje podrobnou přípravu. Body, které se měly zaměřit touto metodou, již byly stabilizovány při sběru prostorových dat metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem. Jednalo se o stanoviska 4001 a 4006, která se nacházela na povrchu nám. Míru.

Sběr prostorových dat GNSS přijímačem Spectra Precision SP80 probíhal metodou RTK. Konkrétně byla využita služba Sítě permanentních stanic GNSS České republiky CZEPOS, virtuálních referenčních stanic VRS3-VirtualRS-MSM. Počet odečtů při jedné observaci byl nastaven na 10. Měřič byl vždy s GNSS přijímačem otočen stejným směrem (na sever). Podrobnější informace o průběhu měření jsou k dispozici na přiloženém USB flash disku.

Sběr prostorových dat metodou GNSS probíhal dne 24. března 2022.

# 7 Zpracování a porovnání získaných dat

Způsoby zpracování získaných dat se liší v závislosti na zvolené metodě, která byla pro sběr těchto dat použita. S tím souvisí i volba software, ve kterém se budou tato data zpracovávat. Volba vhodného software závisí také na tom, jakého výsledku lze a je cílem dosáhnout.

## 7.1 Použité technologie/software

- **GeoSLAM Hub**

GeoSLAM Hub je licencovaný software od firmy GeoSLAM. Každá licence náleží právě jednomu přístroji s daným sériovým číslem. Software byl vyvinut pro zobrazení, zpracování, přepracování a export dat, která jsou v původním formátu *\*.geoslam*. Výstupem je mračno bodů, které je možné vyexportovat v pěti formátech i s různými volitelnými vlastnostmi. Dále lze exportovat např. trajektorii pohybu laserového skeneru při skenování nebo 2D půdorys naskenovaného objektu zájmu. Software je primárně určen pro Windows, lze jej však instalovat i na Linux i Mac OS. (GeoSLAM 2019)

GeoSLAM Hub (GeoSLAM 2021) byl použit pro export dat z laserového skeneru.

- **CloudCompare**

CloudCompare je volně dostupný GPL software primárně vyvinut pro úpravu, zpracování a porovnávání mračen bodů. Pro dobrý výkon využívá specifický oktálový strom, umí zpracovat i velká a hustá mračna bodů o více než 10 milionech bodů. I když je schopen přímo porovnávat mračna bodů, obsahuje i algoritmy pro porovnání mračen bodů a trojúhelníkové sítě. Software je dostupný pro Windows, Linux i Mac OS. (Anon. nedatováno)

CloudCompare byl použit pro zpracování dat pozemního mobilního laserového skenování a pro porovnání výsledků z tohoto zpracování s výsledky zpracování fotodokumentace pořízené neměřickým digitálním fotoaparátem metodou blízké fotogrammetrie.

Při zpracování diplomové práce byla použita verze 2.12 (EDF R&D 2022).

- **GEOMANW**

GEOMANW je geodetický manažér pro přenos a zpracování měřených dat. Pracuje s daty z vnitřní paměti firmy všech typů totálních stanic TOPCON. Výsledkem zpracování je zápisník ve formátu *\*.zap*. Geodetický manažér je dostupný pro Windows.

GEOMANW byl použit pro přenos a export dat z totální stanice.

Při zpracování diplomové práce byla použita verze 3.05 (Slabý 2003).

- **Transform MAX 1710**

Transform MAX 1710 je certifikovaný software ČÚZK vyvinutý společností GEOOBCHOD, s.r.o. Slouží k transformaci naměřených souřadnic metodami GNSS z jednoho souřadnicového systému do souřadnicového systému projektu. Výpočet se řídí transformačními algoritmy profesora Ing. Aleše Ruckého DrSc. Software je v českém jazyce a je dostupný pro Windows.

Transform MAX 1710 byl použit pro transformaci naměřených souřadnic ze souřadnicového systému ETRS89 s elipsoidickým výškovým systémem do souřadnicového systému Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) s výškovým systémem Balt po vyrovnání (Bpv).

Při zpracování diplomové práce byla použita verze 4 (Rucký 2021).

- **Geus**

Geus je placený software od firmy Geus ware, s.r.o. vyvinutý pro geodety. Obsahuje výpočetní a grafickou část. Výpočetní část nabízí rozsáhlý soubor funkcí pro práci se seznamem souřadnic, pro výpočty základních typů polygonů a pro zpracování geometrických plánů. Veškeré výpočty jsou průběžně protokolovány. Grafická část je tvořena výpočetním a malým CAD systémem vyvinutým s důrazem na práce v katastru nemovitostí, podporuje tvorbu map a práci s rastrovými mapami. Software podporuje práci v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. (GEUS ware, s.r.o. 2022a)

K programu může být zakoupena nadstavba GeusNET. Ta umožňuje poloautomatický výpočet polygonových pořadů a geodetických sítí přímo z dat měřených totálními stanicemi. Dále nabízí výpočet polohového a výškového vyrovnání metodou nejmenších čtverců. (GEUS ware, s.r.o. 2022b)

Geus byl použit pro zpracování dat získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem.

Při zpracování diplomové práce byl použit GEUS verze 26.0.2.338 (GEUS ware, s.r.o. 2022c) s nadstavbou GeusNet verze 3.2.04 (GEUS ware, s.r.o. 2018).

- **Capture NX-D**

Capture NX-D je volně dostupný software od firmy Nikon Corporation vyvinutý pro práci se snímky v RAW formátech. Umožňuje jejich plnohodnotné „vyvolávání“, vysoce kvalitní zpracování a konverzi snímků i do jiných než RAW formátů. (Nikon Corporation 2021b)

Capture NX-D byl použit pro konverzi formátů fotodokumentace pořízené neměřickým digitálním fotoaparátem.

Při zpracování diplomové práce byla použita verze 1.6.5 (Nikon Corporation 2021a).

- **Agisoft Metashape Professional**

Agisoft Metashape Professional je placený multifunkční software od firmy Agisoft LLC, který byl vyvinut pro zpracování fotogrammetrických dat. Hlavní funkcí je fotogrammetrické zpracování digitálních snímků, jejichž množství může přesahovat až 50 000. Dále umožňuje generování prostorových dat, která lze dále použít např. v GIS aplikacích nebo pro potřeby památkové péče. Tato data mohou být generována např. ve formátu mračna bodů nebo texturovaných 3D modelů. Lze využít i další funkce pro práci s daty a vygenerovat podrobnou závěrečnou zprávu o průběhu a výsledcích zpracování. (Agisoft LLC 2022a)

Agisoft Metashape Professional byl použit pro zpracování fotodokumentace pořízené neměřickým digitálním fotoaparátem.

Při zpracování diplomové práce byla použita verze 1.8.2 (Agisoft LLC 2022b).

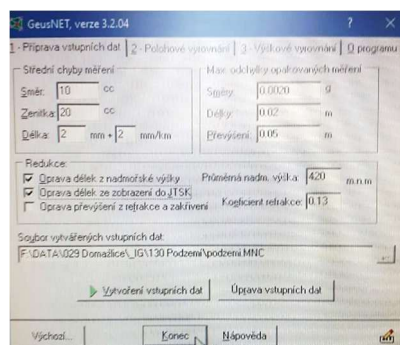
## 7.2 Zpracování prostorových dat získaných přímými metodami

### 7.2.1 Zpracování prostorových dat získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem

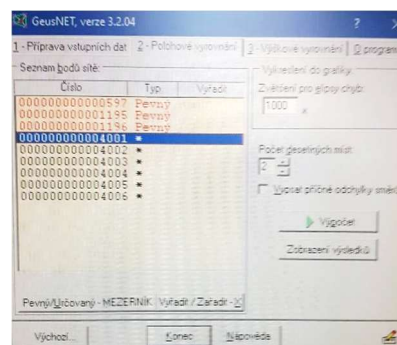
Originální data z totální stanice Topcon OS-103 byla stažena do počítače. Následně byl spuštěn software GEOMANW (Slabý 2003), do kterého byla data naimportována pomocí funkce *Přijmout data*. Tím se zároveň do zvoleného cílového adresáře uložil zápisník měření ve formátu \*.zap.

Další zpracování probíhalo v programu Geus (GEUS ware, s.r.o. 2022c), v souřadnicovém systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514) a výškovém systému Bpv. Nejprve však bylo nutné upravit zápisník měření ve formátu \*.zap do správné struktury pro práci v programu. Následně byl již v programu Geus pomocí funkce *Výpočet polární metody dávkou* konvertován do jednotného interního textového formátu. Do seznamu souřadnic byly pomocí funkce *Geodetické údaje* přidány pevné body (3 zvolené body PPBP a ZVBP). Originální i upravený zápisník se nachází na přiloženém USB flash disku.

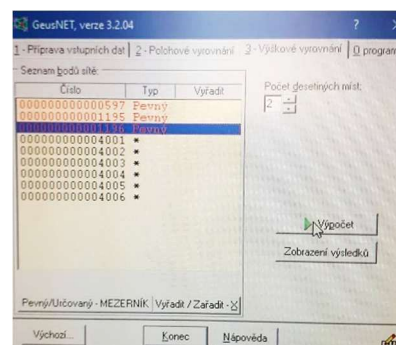
Následně byla spuštěna nadstavba GeusNET (GEUS ware, s.r.o. 2018), díky které lze provést polohové a výškové vyrovnání metodou nejmenších čtverců. V záložce 1 – *Příprava vstupních dat* na obr. 28 byly nastaveny střední chyby měření dle parametrů využití totální stanice, maximální odchylky opakovaných měření a redukce. Následně byly pomocí funkce *Vytvoření vstupních dat* vypočteny přibližné souřadnice. V záložce 2 – *Polohové vyrovnání* na obr. 29 byly označeny pevné body. Funkcí *Výpočet* bylo spuštěno polohové vyrovnání metodou nejmenších čtverců, jehož výsledkem jsou vyrovnané souřadnice X a Y. Zároveň byl vytvořen protokol o polohovém vyrovnání. Analogicky proběhlo označení pevných bodů, výpočet výškového vyrovnání metodou nejmenších čtverců v záložce 3 – *Výškové vyrovnání* na obr. 30 a vytvoření protokolu o výškovém vyrovnání. Protokoly se nachází na přiloženém USB flash disku.



Obr. 28: Hodnoty uvedené v záložce 1 – Příprava vstupních dat



Obr. 29: Označení pevných bodů v záložce 2 – Polohové vyrovnání



Obr. 30: Označení pevných bodů v záložce 3 – Výškové vyrovnání

Z výsledných hodnot uvedených v protokolech o polohovém a výškovém vyrovnání byla vytvořena tab. 16 na následující straně. V tabulce jsou uvedeny vypočtené vyrovnané souřadnice X, Y a H, střední chyby vyrovnaných souřadnic X, Y a H a středních polohové chyby  $m_p$ . Dodatečně byly vypočteny středních souřadnicové chyby  $m_{XY}$  dle vzorce

$$m_{XY} = \sqrt{0,5(m_X^2 + m_Y^2)},$$

kde  $m_X$  a  $m_Y$  jsou střední chyby vyrovnaných souřadnic X a Y. Také byly vypočteny střední prostorové chyby  $m_{XYH}$  dle vzorce

$$m_{XYH} = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2 + m_H^2},$$

kde  $m_X$ ,  $m_Y$  a  $m_H$  jsou střední chyby vyrovnaných souřadnic X, Y a H.

Tab. 16: Tabulka vyrovnaných souřadnic X, Y, H a středních chyb

stanovisko	X [m]	Y [m]	H [m]	$m_p$ [cm]	$m_{XY}$ [cm]	$m_{XYH}$ [cm]
	$m_X$ [cm]	$m_Y$ [cm]	$m_H$ [cm]			
4001	1 098 496,71	859 536,52	427,16	1,4	1,0	1,5
	1,3	0,5	0,6			
4002	1 098 487,59	859 535,40	424,22	2,3	1,6	2,5
	2,2	0,7	1,0			
4003	1 098 499,46	859 536,61	420,71	2,6	1,8	2,9
	2,5	0,7	1,2			
4004	1 098 513,14	859 540,03	419,60	2,6	1,8	2,9
	2,3	1,2	1,3			
4005	1 098 513,98	859 546,37	419,68	2,7	1,9	3,0
	2,3	1,4	1,4			
4006	1 098 513,32	859 547,74	427,37	2,6	1,9	2,8
	2,2	1,4	1,1			

Z tab. 16 vyplývá, že střední chyby vyrovnaných souřadnic splňují kritéria třídy přesnosti 3. Ta je dle normy ČSN 01 3410<sup>5</sup> pro určení souřadnic X a Y rovno 0,14 m a pro určení souřadnice H rovno 0,12 m. Střední polohové chyby  $m_p$  a střední prostorové chyby  $m_{XYH}$  jsou maximální u stanoviště 4005, střední souřadnicové chyby  $m_{XY}$  u stanovišť 4005 a 4006. Tato maxima byla pravděpodobně zapříčiněna tím, že na tato stanoviště bylo možné cílit pouze z jednoho stanoviště.

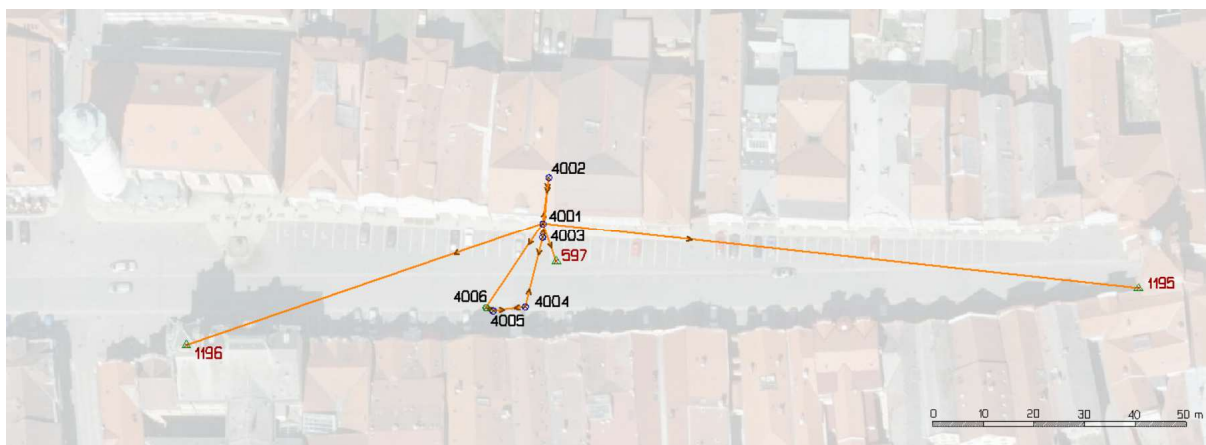
Přehledka stanovišť a pevných bodů se nachází na obr. 31 – stanoviště jsou označena černě a pevné body červeně.



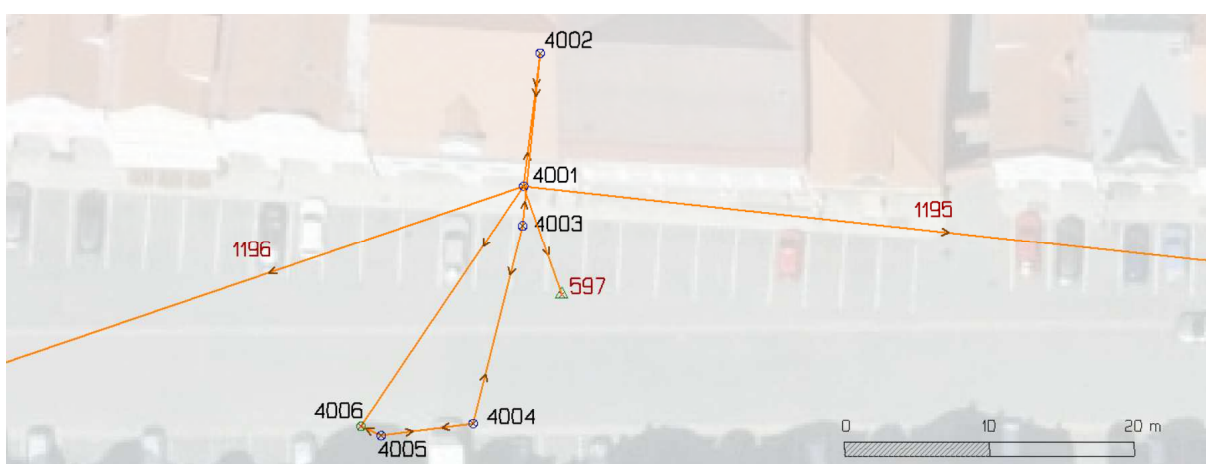
Obr. 31: Zaměřená stanoviště a pevné body, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c)

Na obr. 32 na následující straně je vykreslena síť po vyrovnaní metodou nejmenších čtverců, detail na obr. 33 na následující straně.

<sup>5</sup> celé znění: norma ČSN 01 3410 (013410) Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy

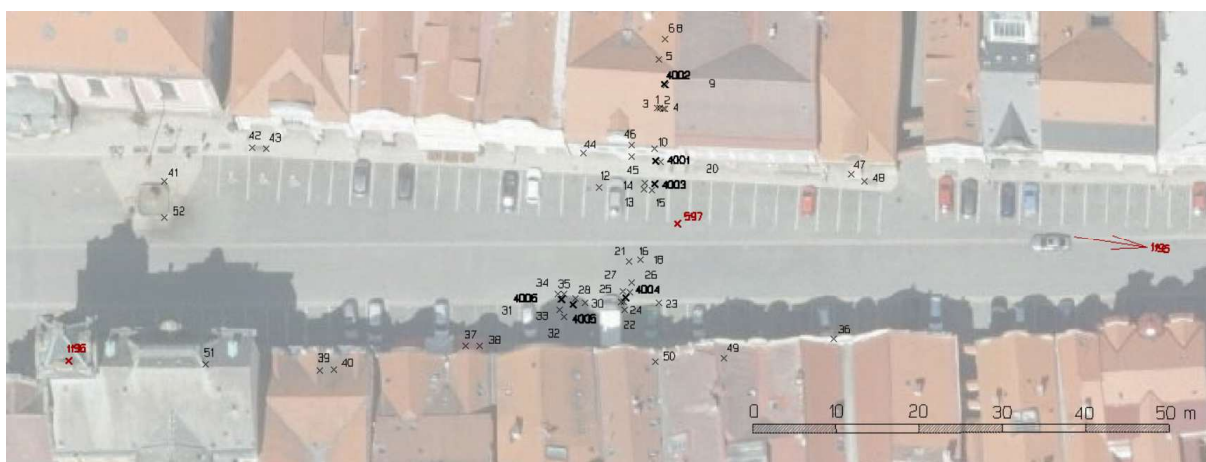


Obr. 32: Síť po vyrovnání metodou nejmenších čtverců, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c)



Obr. 33: Detail části sítě po vyrovnání metodou nejmenších čtverců, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c)

Nakonec byly pomocí funkce *Výpočet polární metody dávkou* vypočteny souřadnice podrobných bodů. Celkem bylo vypočteno 51 podrobných bodů, z toho 32 bylo v podzemních prostorách a 19 v nadzemní části nám. Míru. Body jsou znázorněny na obr. 34.



Obr. 34: Zaměřená stanoviště, body PPBP a ZVBP, body polohopisu, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c)

Soubory z průběhu zpracování se nachází na příloženém USB flash disku.

## 7.2.2 Zpracování prostorových dat získaných metodou GNSS

Originální data z GNSS přijímače Spectra Precision SP80 byla ve formátech \*.rw5 a \*.not stažena do počítače. Následně byl spuštěn software Transform MAX 1710 (Rucký 2021). Pomocí funkce *Import ze souboru* byl naimportován soubor ve formátu \*.rw5. Pro transformaci pomocí funkce *Transformace* byla použita zpřesněná globální transformace mezi souřadnicovými systémy ETR89 (rámeček ETRF2000) a S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514) a mezi výškovými systémy elipsoidickým a Bpv. Nakonec byly exportovány definitivní souřadnice, viz tab. 17. Podrobnější informace jsou na přiloženém USB flash disku.

Tab. 17: Tabulka definitivních souřadnic

stanovisko	X [m]	Y [m]	H [m]	PDOP
4001	1 098 496,71	859 536,52	427,16	1,5
4006	1 098 513,29	859 547,78	427,35	1,4

V případě sběru prostorových dat metodou GNSS na nám. Míru mohly být průběh a výsledky měření ovlivněny blízkostí, výškou a rozmístěním okolní zástavby. Hodnoty PDOP při měření uvedené v tab. 17 dosáhly maximální hodnoty 1,5. Hodnota PDOP by měla být co nejmenší, ideálně menší nebo rovno 4 (Rapant 2002). Při tomto měření bylo tedy dosaženo vhodného uspořádání družic, čímž bylo zaručeno přesné určení polohy.

Metodou GNSS nebyla provedena nezávislá dvojice měření, proto bylo jako druhé nezávislé měření využito měření metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem. Souřadnice stanovisek 4001 a 4006 se nachází v tab. 18. Dále je zde uvedena polohová odchylka  $\Delta p$ , která byla vypočtena dle vzorce

$$\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2},$$

kde  $\Delta X$  a  $\Delta Y$  jsou rozdíly souřadnic X a Y.

Tab. 18: Porovnání souřadnic stanovisek 4001 a 4006

stanovisko		X [m]	$\Delta X$ [cm]	Y [m]	$\Delta Y$ [cm]	H [m]	$\Delta H$ [cm]	$\Delta p$ [cm]
4001	tachymetrie	1 098 496,71	0	859 536,52	0	427,16	0	0
	GNSS	1 098 496,71		859 536,52		427,16		
4006	tachymetrie	1 098 513,32	3	859 547,74	4	427,37	2	5
	GNSS	1 098 513,29		859 547,78		427,35		

Z porovnání souřadnic v tab. 18 vyplývá, že souřadnice stanoviska 4001 jsou stejné. V případě stanoviska 4006 se souřadnice liší v řádu jednotek centimetrů. Není důvod považovat souřadnice bodů zjištěné oběma metodami za chybné, a to vzhledem k velikosti středních chyb souřadnic 3 pevných bodů PPBP a ZVBP a chyb měření.

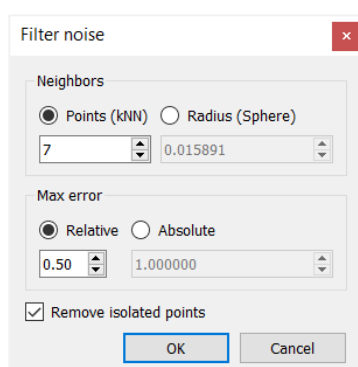
## 7.3 Zpracování prostorových dat získaných metodou pozemního mobilního laserového skenování

Data z laserového skeneru ZEB-HORIZON byla stažena do počítače. Jednotlivé složky byly následně nahrány do software GeoSLAM Hub (GeoSLAM 2021), konkrétně do prostoru

s označením *Drop datasets here to process*. Jejich zpracování začalo a probíhalo automaticky. Poté byla exportována mračna bodů a trajektorie laserového skenování jednotlivých 4 částí v několika formátech – dále budou využívána pouze mračna bodů ve formátu \*.laz a trajektorie laserového skenování ve formátu \*.ply.

Všechny soubory mračen bodů jednotlivých částí ve formátu \*.laz byly naimportovány pomocí funkce *Open* do software CloudCompare (EDF R&D 2022). Na každé mračno bodů byl pro odstranění šumu použit filtr *Noise filter*, s parametry viz obr. 35. Hodnoty těchto parametrů byly nastaveny na základě jejich definice v uživatelském manuálu (Anon. nedatováno).

Pokud to bylo nutné, např. v případě viditelně vzdálených bodů od mračna bodů, bylo pro jejich odstranění využito funkce *Segment*, viz obr. 36. Mračna bodů ale nebyla více detailněji začištěna – výsledek by tak byl vizuálně přijatelnější, ale byla by ovlivněna přesnost použité metody sběru prostorových dat.



Obr. 35: Parametry filtru *Noise filter*



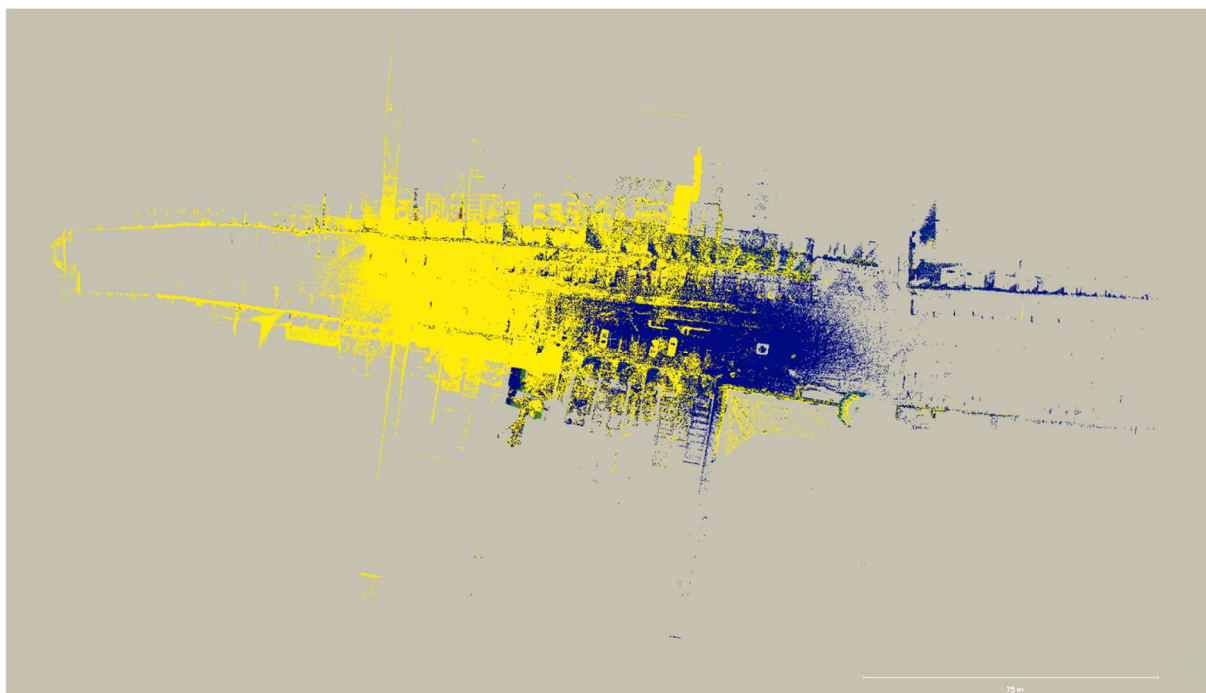
Obr. 36: Příklad odstraněných bodů funkcí *Segment* na mračnu bodů 2. části, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Jednotlivá mračna bodů byla na sebe hrubě zarovnána pomocí funkcí translace a rotace (*Translate/Rotate*) kolem osy Z (*Translate/Rotate*). Hrubě zarovnaná mračna bodů si lze prohlédnout na obr. 37 a na obr. 38 a 39 na následující straně – 1. část je obarvena zeleně, 2. část je obarvena červeně, 3. část je obarvena modře a 4. část je obarvena žlutě.

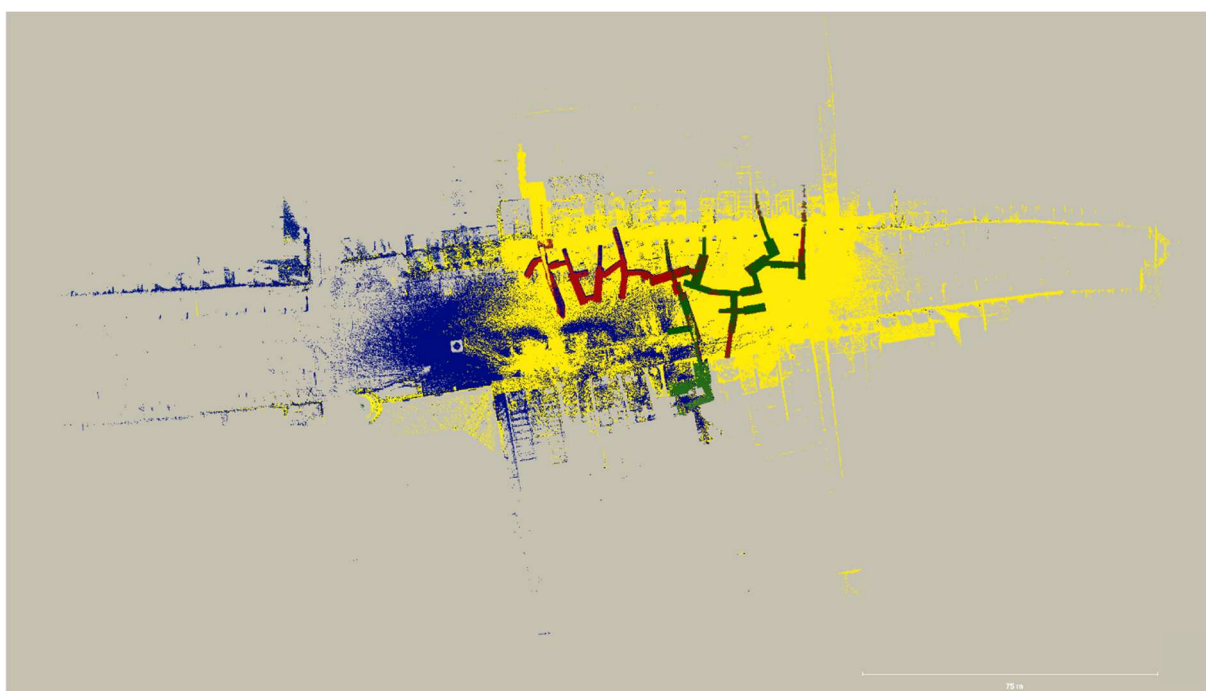


Obr. 37: Hrubě zarovnaná mračna bodů, pohled z boku, orientováno na sever, vytvořeno v (EDF R&D 2022)



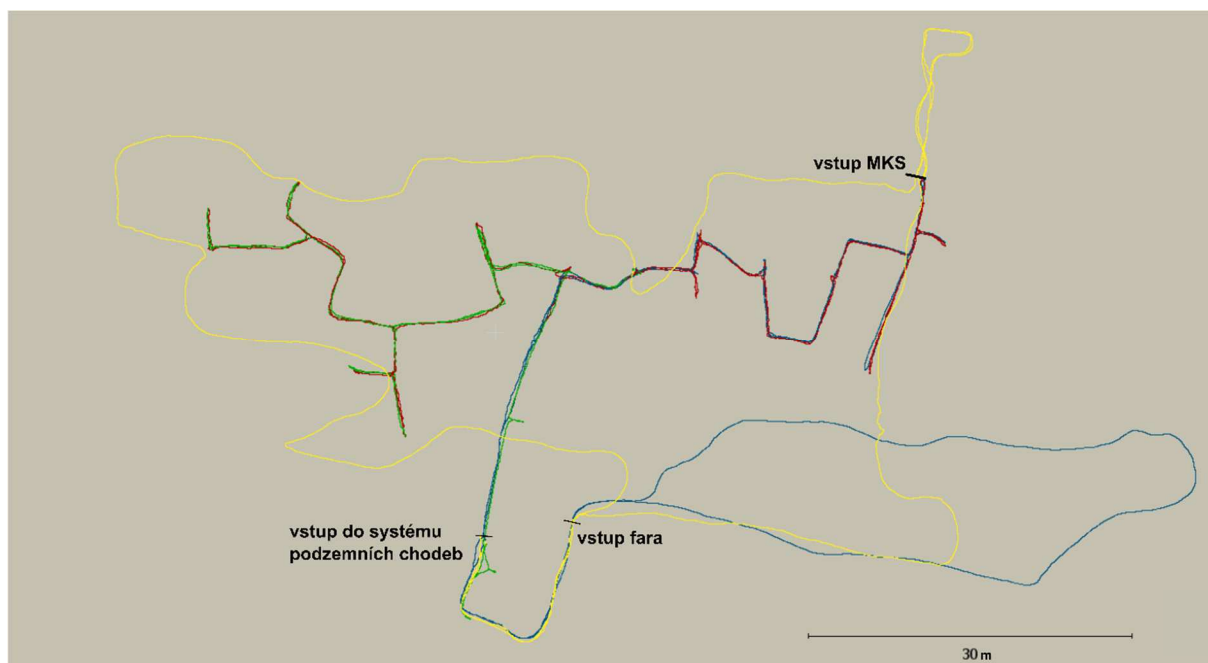


*Obr. 38: Hrubě zarovnaná mračna bodů, pohled shora, orientováno na jih, vytvořeno v (EDF R&D 2022)*



*Obr. 39: Hrubě zarovnaná mračna bodů, pohled zdola (převrácené), vytvořeno v (EDF R&D 2022)*

Do software CloudCompare byly současně nahrány i soubory s trajektoriemi skenování jednotlivých částí, které byly s mračny bodů hrubě zarovnané. Trajektorie skenování jednotlivých částí jsou vidět na obr. 40 na následující straně – 1. část je označena zeleně, 2. část je označena červeně, 3. část je označena modře a 4. část je označena žlutě.

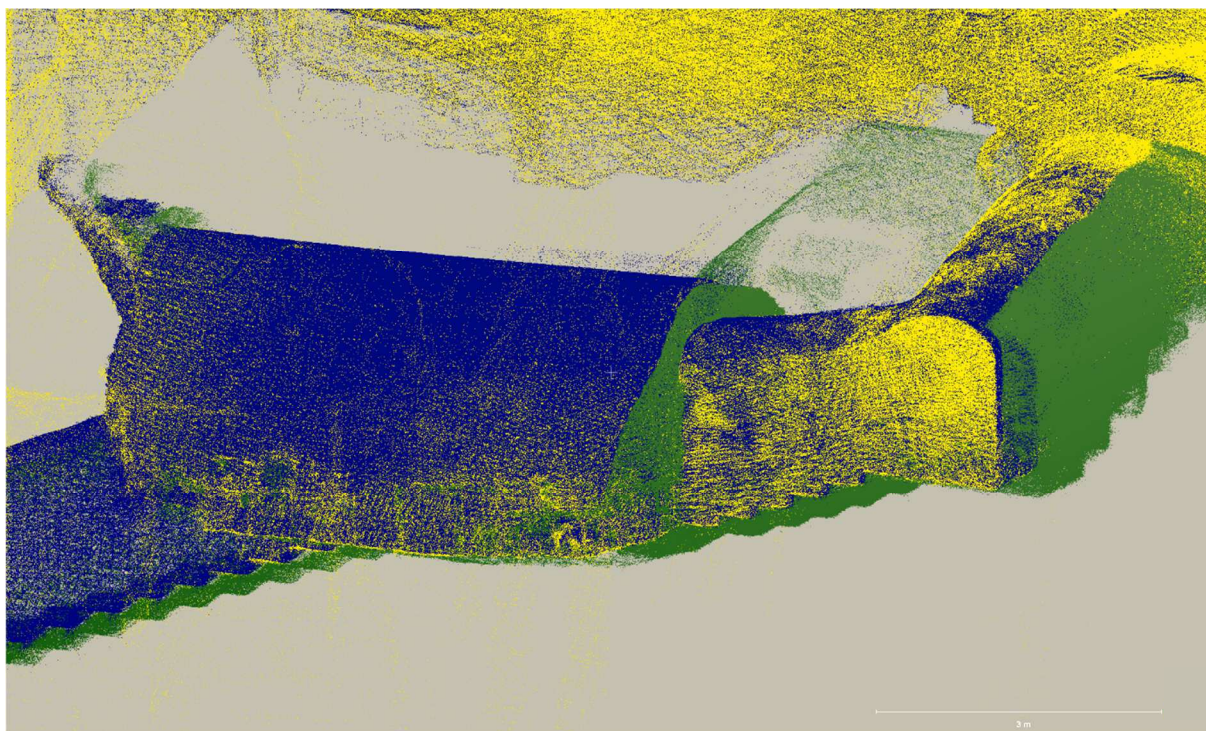


Obr. 40: Trajektorie skenování jednotlivých částí, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Algoritmus SLAM využívaný při zpracování dat z laserového skeneru je závislý na záchytných objektech, které slouží k upřesnění trajektorie laserového skeneru a vyrovnání měřených bodů. V hladkých a úzkých chodbách však může být problém s nalezením takových objektů a s jejich nevhodnou prostorovou konfigurací. Důsledek je patrný při hrubém zarovnání jednotlivých mračen bodů, která jsou od sebe vychýlena. Příkladem je místo napojení mračen bodů 1. a 2. části na mračna bodů 3. a 4. části (viz obr. 41 a obr. 42 na následující straně). Z tohoto důvodu nebylo možné všechny 4 části bez dalších úprav jemně zarovnat a následně spojit v jedno.



Obr. 41: Napojení mračen bodů přes podzemní prostory MKS, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

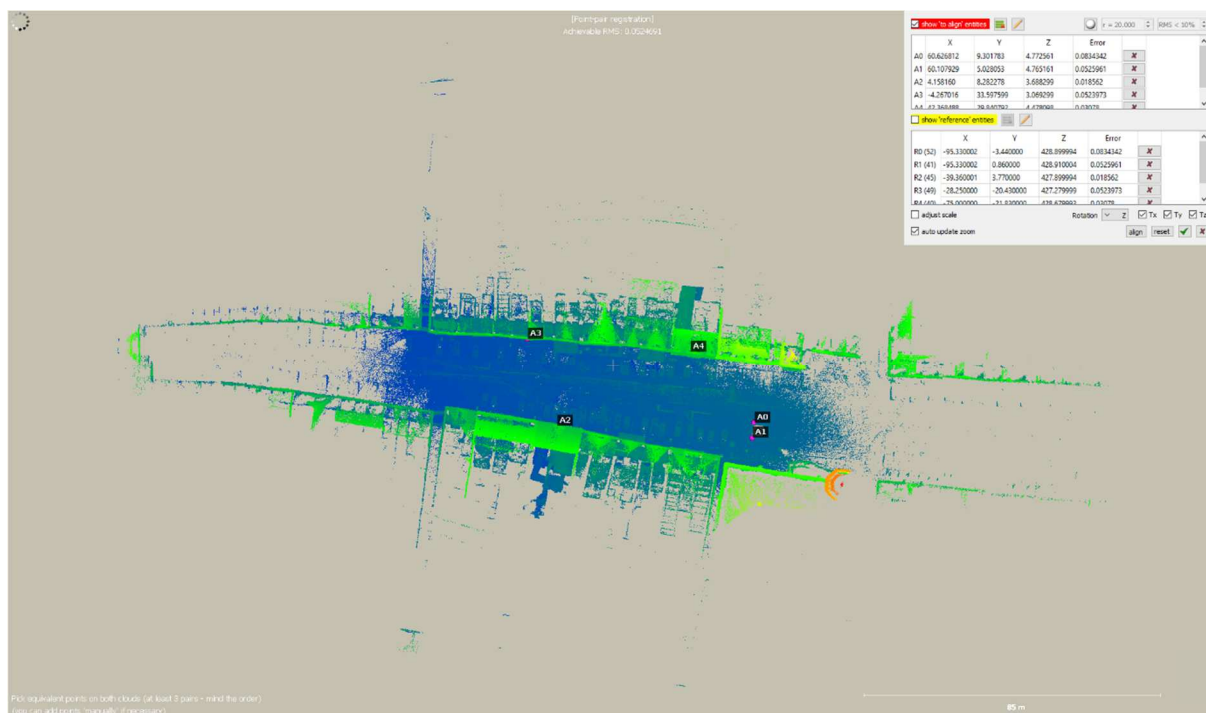


Obr. 42: Napojení mračen bodů přes podzemní prostory fary, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Nejprve byly společně upravovány 1. a 2. část, které zachycovaly podzemní prostory. Dále byly upravovány 3. a 4. část, které zachycovaly převážně venkovní prostor. Tyto dvojice mračen bodů zachycují co nejvíce stejných prostor. Pro jemné zarovnání dvojice mračen bodů byla použita funkce *Fine registration (ICP)*, která zarovnává jedno mračno bodů na druhé referenční. Parametr *Final overlap* byl nastaven tak, aby vyhovoval překrytu jednotlivých dvojic mračen bodů. Počet bodů parametru *Random sampling limit* byl vždy větší než počet bodů zarovnávaného mračna bodů, aby nedošlo k jeho podvzorkování. Takového nastavení se využívá především při zpracování velkých mračen bodů. Zpracování trvá delší dobu, ale výsledek je přesnější. Rotace byla nastavena kolem osy Z. I po jemném zarovnání je patrné vychýlení některých částí mračen bodů od skutečné polohy. Tato místa byla potom z jemně zarovnaných mračen bodů odstraněna – vždy z toho mračna bodů, ve kterém bylo toto místo okrajové nebo ve kterém nebyla tato místa hlavním objektem zájmu laserového skenování. Protože mračna bodů 3. a 4. části na sebe dobře navazovala jen ve venkovním prostoru, musely být odstraněny vychýlené vnitřní prostory. Byla tedy porovnána napojení mračen bodů 1. a 2. části s mračny bodů 3. a 4. části a odstraněny ty podzemní prostory, které na sebe nenavazovaly.

Mračna bodů 1. a 2. části byla pomocí funkce *Merge* spojena v jedno, stejně tak mračna bodů 3. a 4. části. Tato dvě mračna byla následně znovu jemně zarovnána a spojena v jedno mračno bodů. Toto mračno bodů tvoří 182 655 951 bodů a zachycuje celý systém podzemních chodeb propojený s venkovním prostorem nám. Míru.

Výsledné mračno bodů bylo georeferencováno pomocí funkce *Align*. Do projektu bylo naimportováno celkem 5 podrobných bodů v souřadnicovém systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514), jejichž souřadnice byly získány metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem (viz kapitola 7.2.1 *Zpracování prostorových dat získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem*). Georeferencování probíhalo pouze na základně zvolených podrobných bodů venkovního prostoru nám. Míru. Georeferencované mračno bodů společně s podrobnými body pro georeferencování lze vidět na obr. 43 na následující straně.



Obr. 43: Georeferencované mračno bodů společně s podrobnými body pro georeferencování, pohled shora, orientováno na jih, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Nakonec byla na georeferencované mračno bodů použita funkce *Subsample*. Tou se sníží počet bodů mračna bodů, které má tak menší velikost, ale stále si zachovává tvar i detaily. Funkce vychází z minimální vzdálenosti mezi body, která byla nastavena na 7 mm. Vzhledem k rozlišení použitého laserového skeneru a požadavkům na následné zpracování je tato hodnota dostačující. Celé mračno bodů zachycující systém podzemních chodeb spolu s nadzemní částí nám. Míru má 85 500 574 bodů. Bylo obarveno dle nadmořské výšky a exportováno do formátu \*.las. Pohled na celé mračno bodů zdola se nachází na obr. 44, pohled z boku na obr. 45 na následující straně.

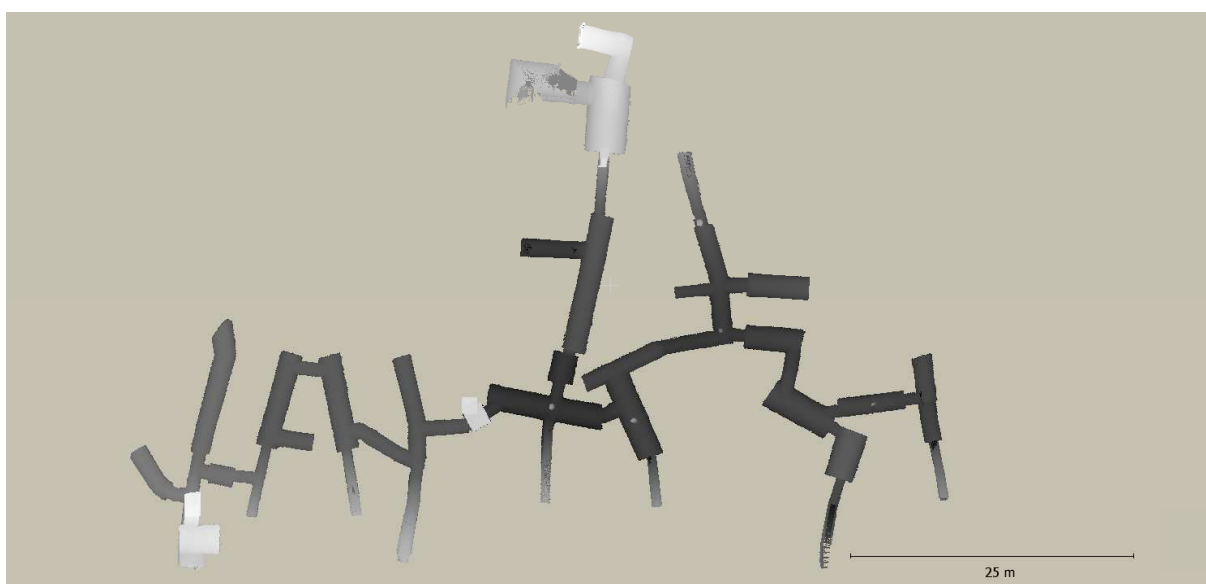


Obr. 44: Celé mračno bodů, pohled zdola (převrácené), vytvořeno v (EDF R&D 2022)



Obr. 45: Celé mračno bodů, pohled z boku, orientováno na sever, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Pro zpřístupnění mračna bodů veřejnosti muselo být celé mračno bodů upraveno v souladu s Obecným nařízením o ochraně osobních údajů (GDPR)<sup>6</sup>. Pomocí funkce *Segment* byla z celého mračna bodů odstraněna nadzemní část nám. Míru s připojením přes sklepní prostory na systém podzemních chodeb. Výsledné oříznuté mračno bodů zobrazuje samotný systém podzemních chodeb a je tvořeno 46 200 726 body. Bylo obarveno dle nadmořské výšky do šedivých tónů, které odkazují na reálné barvy systému podzemních chodeb, a exportováno do formátu \*.las. Mračno bodů z pohledu shora je k nahlédnutí na obr. 46.



Obr. 46: Oříznuté mračno bodů, pohled shora, orientováno na sever, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Soubory z průběhu zpracování se nachází na přiloženém USB flash disku.

## 7.4 Zpracování fotodokumentace metodou obrazové korelace

Zpracování snímků z první i druhé fotodokumentace části systému podzemních chodeb probíhalo v software Agisoft Metashape Professional (Agisoft LLC 2022b).

<sup>6</sup> celé znění: Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES

## 7.4.1 Předzpracování snímků a souboru s vlčovacími body

Před samotným zpracováním byla každá fotodokumentace protříděna. Byly z nich odstraněny nekvalitní snímky, které by mohly negativně ovlivnit výsledek dalšího zpracování – byly např. rozmazané, špatně osvětlené apod. Obě fotodokumentace byly pořízeny digitálním fotoaparátem Nikon D3200. Následně byly spojeny v jednu a popořadě přejmenovány v software Capture NX-D (Nikon Corporation 2021a). Snímky byly pořízeny v RAW formátu \*.NEF, se kterým však software Agisoft Metashape Professional neumí pracovat. Byly proto v software Capture NX-D konvertovány do formátu \*.TIFF, který je standardem pro digitální snímky a patří mezi formáty podporované v software Agisoft Metashape Professional.

Dále bylo nutné připravit textový soubor s vlčovacími body. Upravena byla hlavička a souřadnice byly transformovány do souřadnicového systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514). Část upraveného textového souboru lze vidět na obr. 47. Textový soubor obsahoval 26 vlčovacích bodů, které se nacházely v podzemních prostorách.

id	-Y	-X	H	
01	-859535.98	-1098490.44	425.20	vb
02	-859535.51	-1098490.49	424.23	portal

Obr. 47: Část upraveného textového souboru pro použití v software Agisoft Metashape Professional

## 7.4.2 Zpracování fotodokumentace v software Agisoft Metashape Professional

Předzpracované snímky první fotodokumentace byly importovány do software Agisoft Metashape Professional (Agisoft LLC 2022b) pomocí funkce *Add Photos*. Následně byla spuštěna funkce *Align Photos*, která vyrovnává snímky na základě odpovídajících si bodů na snímcích. Za pomoci algoritmu SfM se také rekonstruují pozice kamer snímků. Protože jsou zpracovávány snímky podzemních chodeb, které nejsou dobře osvětlené, byl parametr *Accuracy* nastaven na *Highest*. Tím byly do zpracování brány snímky s originálním rozlišením. Výsledek tak bude detailnější a přesnější. Parametr *Key point limit*, který udává maximální počet zájmových bodů na jednom snímku, byl nastaven na hodnotu 60 000. Parametr *Tie point limit* udávající maximální počet odpovídajících si bodů na dvou a více snímcích byl nastaven na hodnotu 0. Hodnoty těchto parametrů byly nastaveny na základě jejich definice v uživatelském manuálu (Agisoft LLC 2022a). Výsledkem je řídké mračno bodů a vypočtené pozice kamer snímků. Po této funkci však nebyla vyrovnána drtivá většina snímků. To znamená, že fotodokumentace nebyla dostačující a musela být pořízena druhá podrobnější fotodokumentace.

Výsledná fotodokumentace, která obsahuje vybrané snímky první i druhé fotodokumentace, byla tvořena 979 snímky. V software Agisoft Metashape Professional byl založen nový projekt a snímky byly naimportovány. Při importu bylo zjištěno, že některé snímky byly pořízeny s odlišnou konstantou kamery a světelností, viz tab. 19 na následující straně. Tato rozdílnost byla zapříčiněna hrubou chybou fotografa (autorky diplomové práce), který při pořizování snímků omylem přiblížil scénu. Citlivost ISO a délka expozice zůstala u všech snímků stejná. Je tedy nutné v záložce *Camera Calibration* zkontrolovat, že snímky do zpracování vstupují ve dvou skupinách rozdělených dle konstanty kamery.

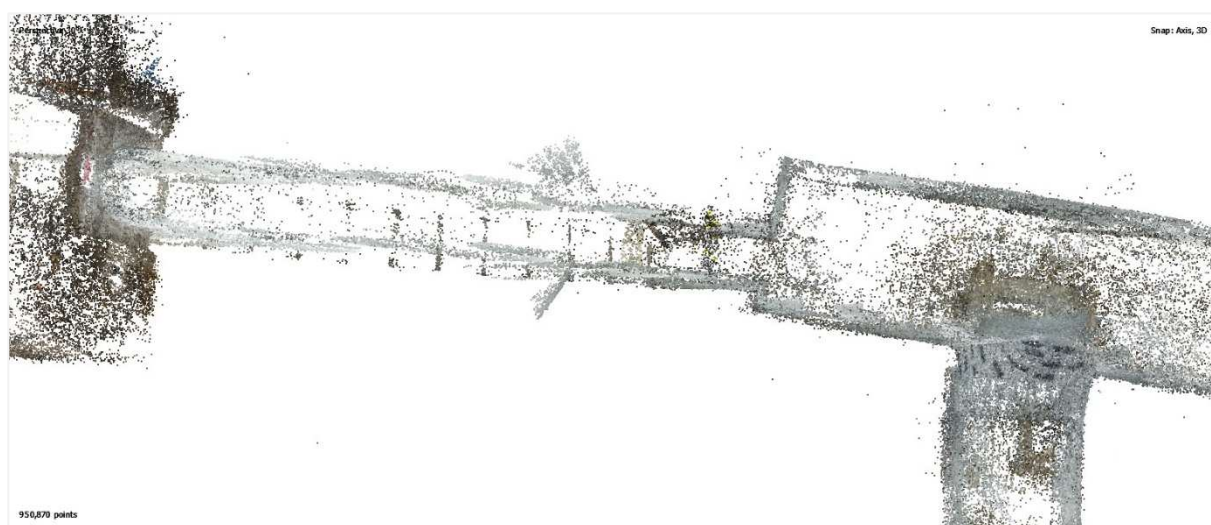
Tab. 19: Vybrané parametry digitálního fotoaparátu Nikon D3200 s objektivem AF-S DX NIKKOR 18–55 mm f/3,5–5,6G VR při pořizování první a druhé fotodokumentace

		parametr	hodnota	
digitální fotoaparát Nikon D3200, objektiv AF-S DX NIKKOR 18	citlivost ISO		3200	
	konstanta kamery	světelnost	18 mm	f/3,5
			22 mm	f/3,8
	délka expozice		1/60 s	

Snímky byly následně orientovány pomocí funkce *Align Photos*. Výsledné řídké mračno bodů lze vidět na obr. 48. Celkem bylo orientováno 968 snímků. Při hrubém prozkoumání mračna bodů si lze všimnout míst, kde nebyly snímky správně orientovány. Příklad jednoho z míst je na obr. 48 vyznačen červeně, podrobněji si ho lze prohlédnout na obr. 49. V těchto místech jsou strop, stěny i schody hladké a jednotvárné, proto orientování snímků neproběhlo správně.



Obr. 48: Řídké mračno bodů, červeně označen příklad místa po chybném orientování snímků, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)



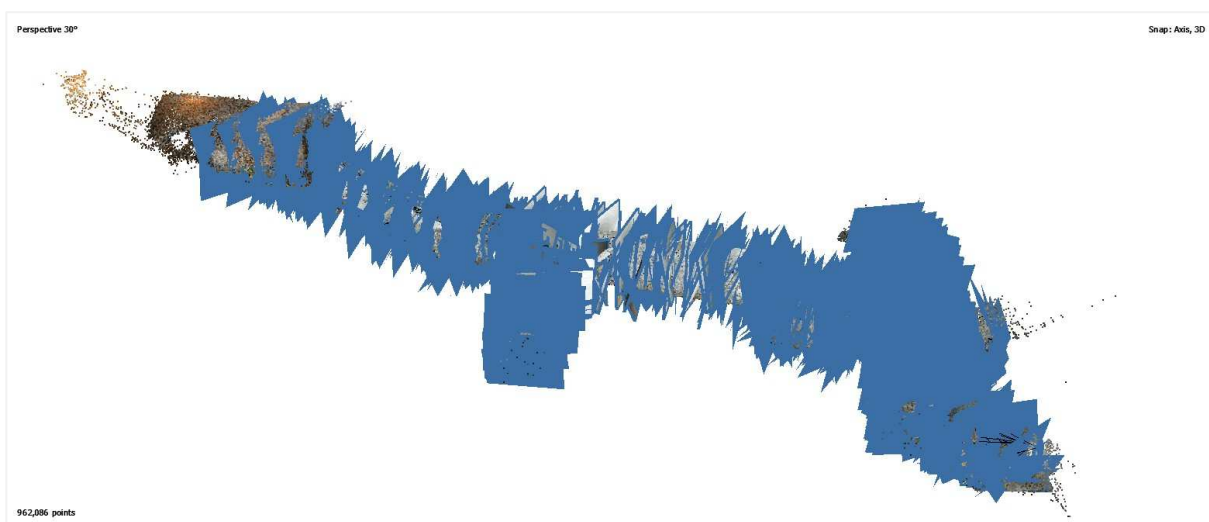
Obr. 49: Detail chybného orientování snímků řídkého mračna bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)

Aby mohly být všechny snímky správně orientovány, bylo pomocí funkce *Import Reference* naimportováno 26 vřícovacích bodů v souřadnicovém systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514) a výškovém systému Bpv, viz kapitola 7.2.1 *Zpracování prostorových dat*

získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem. Vlícovací body se zobrazí v záložce *Reference*. Pomocí funkce *Place Marker* pod pravým tlačítkem myši byly ručně do středu lepících štítků příslušných vlícovacích bodů na snímcích umístěny tzv. markers. Každý marker stačilo umístit na dva snímky. Následně se v panelu *Reference* kliklo pravým tlačítkem myši na příslušný vlícovací bod a byla spuštěna funkce *Filter photos by marker*. Ta v panelu *Photos* zobrazí pouze snímky, na kterých byl marker ručně označen a na kterých je automaticky označena jeho přibližná poloha. Je nutné si všechny tyto snímky prohlédnout a přesunout marker na správnou polohu. Na čím více snímcích je přesně umístěn, tím lépe. Pokud však nelze střed lepícího štítku vlícovacího bodu přesně identifikovat, bylo lepší marker ručně neumísťovat. Střed lepícího štítku vlícovacích bodů na snímcích bylo možné správně identifikovat u 20 naimportovaných vlícovacích bodů, ostatní vlícovací body byly v panelu *Reference* označeny jako *disable*. Snímky byly orientovány pomocí funkce *Align Photos*. Označené markers si lze prohlédnout na obr. 50, orientované snímky na obr. 51. Výsledné řídké mračno bodů si lze prohlédnout na obr. 52 na následující straně.



Obr. 50: Řídké mračno bodů s označenými markery, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)



Obr. 51: Řídké mračno bodů s orientovanými snímky, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)





Obr. 52: Řídké mračno bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)

Snímky, u kterých se předpokládalo, že by nemusely být vůbec orientovány, zachycovaly přístupovou šachtu v úrovni očí a výš. Ta v těchto místech nebyla detailněji nasnímaná a také tam nebyly umístěny žádné lepící štítky. Protože je šachta v těchto místech jednotvárná, nebylo možné správně identifikovat spojovací body a snímky nebyly orientovány. Předpoklad byl tedy správný. Dále si lze např. u vstupního schodiště do systému podzemních chodeb všimnout řídkého vykreslení stropu a stěn. Ty jsou v těchto místech velmi úzké a hladké. V tomto případě by byla chyba opravena pořízením detailnějších snímků s umístěnými lepícími štítky.

Protože je řídké mračno bodů určeno v lokálním souřadnicovém systému, bylo nutné ho transformovat do souřadnicového systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514). K tomu sloužily vlíčovací body, resp. již označené markers. Důležité bylo nejprve v záložce *Settings* v panelu *Reference* nastavit cílový souřadnicový systém pro georeferencování a souřadnicový systém markers. Následně bylo v panelu *Reference* označeno 13 vlíčovacích bodů, které při georeferencování budou sloužit jako pevné vlíčovací body. Neoznačené vlíčovací body budou sloužit jako kontrolní a umožní nezávislé zhodnocení přesnosti. Následně bylo řídké mračno bodů georeferencováno pomocí funkce *Optimize Cameras*. Tato funkce zároveň optimalizuje polohu kamer a prvky vnitřní orientace. Pro automatický výběr prvků vnitřní orientace, které mají být optimalizovány, byl označen parametr *Adaptive camera model fitting*.

Nyní bylo možné přistoupit k vygenerování hustého mračna bodů. K tomu byla použita funkce *Build Dense Cloud*. Protože jsou zpracovávány snímky podzemních chodeb, které nejsou dobře osvětlené, byl parametr *Quality* nastaven na *Ultra high*. Tím byly do zpracování brány opět snímky s originálním rozlišením, výsledek tak bude detailnější a přesnější. Parametr *Depth filtering mode* byl nastaven na *Mild* a označeny byly také parametry *Calculate point colors* a *Calculate point confidence*. Výsledné husté mračno bodů si lze prohlédnout na obr. 53 na následující straně.

Pomocí funkce *Generate report* byla vygenerována zpráva o průběhu zpracování. Ta se nachází na přiloženém USB flash disku.



Obr. 53: Husté mračno bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)

Před vytvořením trojúhelníkové sítě bylo nutné husté mračno bodů začistit od vychýlených bodů a oříznout okrajové části, které nejsou dostatečně husté. K tomu byla využita funkce *Selection* a *Resize Region*. Začištěné a oříznuté husté mračno bodů bylo exportováno ve formátu *\*.las*, k nahlédnutí je pak na obr. 54.



Obr. 54: Začištěné a oříznuté husté mračno bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)

Trojúhelníková síť byla následně vytvořena pomocí funkce *Build Mesh*. Parametr *Surface type* byl nastaven na *Arbitrary (3D)*, který se využívá pro nerovinná mračna bodů. Parametr *Face count* byl nastaven na *Medium* a parametr *Interpolation* na *Enabled*. V místech, kde nebylo dostatečně vytvořeno husté mračno bodů, nebyla vytvořena ani trojúhelníková síť. Kdyby měla být tato místa zaplněna, bylo by nutné změnit parametr *Interpolation*. Trojúhelníková síť by však nebyla vytvořena podle skutečné podoby podzemních chodeb. Výslednou trojúhelníkovou síť si lze prohlédnout na obr. 55 na následující straně.



Obr. 55: Trojúhelníková síť, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b)

Protože při pořizování fotodokumentace nebyly zajištěny jednotné světelné podmínky, byl před vytvořením textury 3D modelu na snímcích vyrovnán jas a bílá barva. K tomu byla využita funkce *Calibrate Colors*. Následně byla vytvořena textura pomocí funkce *Build Texture* – parametr *Texture type* byl nastaven na *Diffuse map*, parametr *Source data* na *Images*, parametr *Mapping mode* na *Generic* a parametr *Blending mode* na *Average*. Texturovaný 3D model si lze prohlédnout v příloze č. 6, pohled dovnitř systému podzemních chodeb v příloze č. 7 až 9.

Nakonec byla pomocí funkce *Generate report* vygenerována závěrečná zpráva. Ta se spolu se soubory z průběhu zpracování nachází na přiloženém USB flash disku.

### • výpočet přesnosti

Ke georeferencování hustého mračka bodů byly použity body získané metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem. Touto metodou byly získány i souřadnice stanovisek, u kterých byly vypočteny střední prostorové chyby, viz kapitola 7.2.1 *Zpracování prostorových dat získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem*. Proto lze odvodit i prostorovou chybu mračka bodů získaného metodou obrazové korelace.

Metoda blízké fotogrammetrie byla použita pouze v části systému podzemních chodeb, ve kterém byla stabilizována stanoviska 4002 až 4004. Do dalšího zpracování budou tedy vstupovat pouze tato stanoviska. Průměr středních prostorových chyb těchto stanovisek  $m_{S_{XYH}}$  je roven 2,8 cm. V závěrečné zprávě mračka bodů získaného metodou obrazové korelace byla uvedena průměrná prostorová chyba kontrolních bodů  $m_{K_{XYH_p}}$ , která byla rovna 3,2 cm. Průměrná prostorová chyba mračka bodů vypočítá dle vzorce

$$m_{XYH_p} = \sqrt{m_{S_{XYH_p}}^2 + m_{K_{XYH_p}}^2}$$

je rovna 4,2 cm. Jedná se o optimistický odhad, který se vztahuje na dobře identifikovatelné body. Chyba bodů reprezentující hladké povrchy stěn bez textur může být podstatně větší.

## 8 Porovnání výsledků zpracování

V dalším kroku byla mezi sebou porovnána vytvořená mračna bodů: celé mračno bodů získané metodou pozemního mobilního laserového skenování (dále též laserskenové mračno bodů) a začištěné a oříznuté husté mračno bodů získané metodami blízké fotogrammetrie a obrazové korelace (dále též fotogrammetrické mračno bodů). Porovnání probíhalo v programu CloudCompare (EDF R&D 2022).

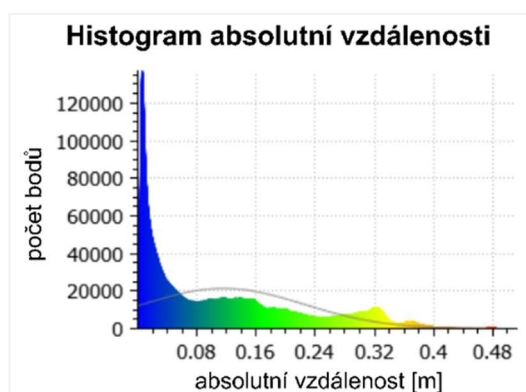
Nejprve byla pomocí funkce *Open* importována obě mračna bodů. Protože fotogrammetrické mračno bodů zachycuje část systému podzemních chodeb, byla s tímto mračnem bodů dále porovnávána stejná část laserskenového mračna bodů. Po oříznutí funkcí *Segment* laserskenového mračna bodů je patrné, že se georeferencovaná mračna bodů přesně nepřekrývají. Tato chyba v poloze je patrná na obr. 56, laserskenové mračno bodů je znázorněno hnědo-žlutou barvou, zatímco fotogrammetrické mračno bodů zachycuje skutečné barvy podzemních chodeb v odstínech šedé.



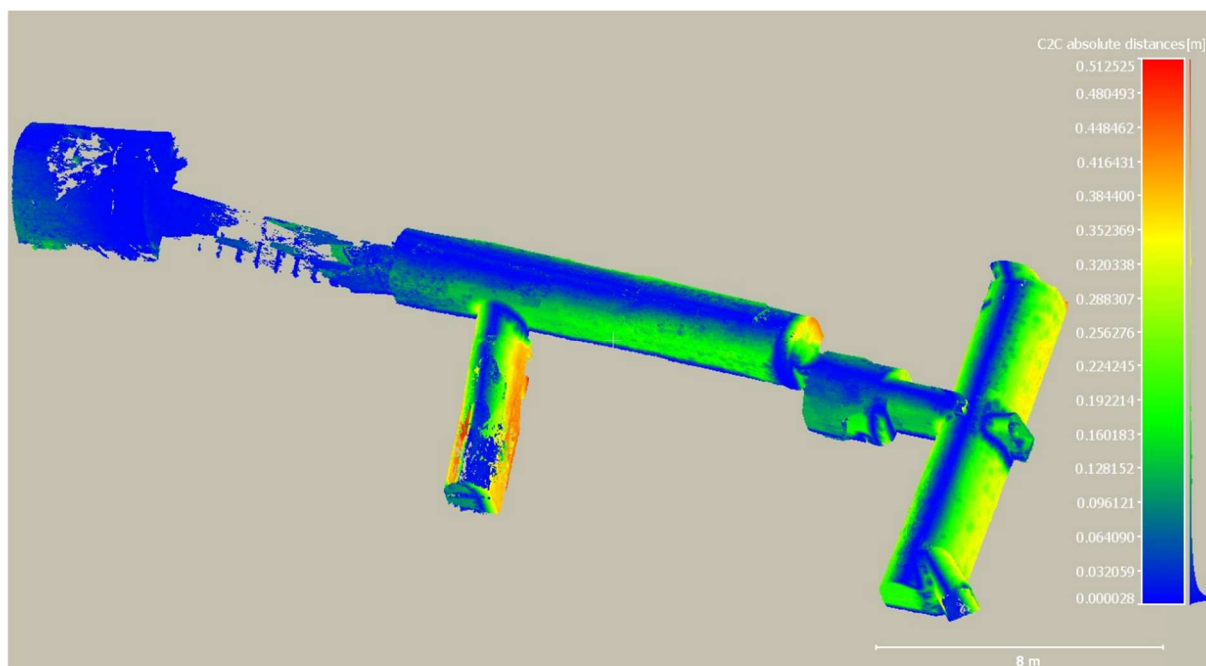
Obr. 56: Chyba v poloze georeferencovaného fotogrammetrického a laserskenového mračna bodů, orientováno na východ, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Pro výpočet vzdálenosti mezi mračny bodů byla použita funkce *Compute cloud/cloud distance*. Jako referenční mračno bodů bylo označeno laserskenové mračno bodů, protože zachycuje větší část systému podzemních chodeb.

Na obr. 57 si lze prohlédnout histogram vypočtených absolutních vzdáleností s Gaussovým rozdělením, na obr. 58 na následující straně pak obarvené fotogrammetrické mračno bodů dle těchto vzdáleností – ty však Gaussovu rozdělení ve skutečnosti neodpovídají.



Obr. 57: Histogram absolutních vzdáleností, vytvořeno v (EDF R&D 2022)



Obr. 58: Obarvené fotogrammetrické mračno bodů dle absolutních vzdáleností, orientováno na severovýchod, vytvořeno v (EDF R&D 2022)

Z výsledků porovnání vyplývá, že nejmenší rozdíly mezi mračny bodů jsou ve sklepním prostoru u vstupního schodiště do systému podzemních chodeb, na podlahách a stropěch podzemních chodeb. Výškově na sebe obě mračna bodů tedy sedí.

Rozdíly v průměru okolo 25 cm jsou patrné u postranních stěn.

Největší rozdíly mezi mračny bodů jsou v postranní slepé uličce pod vstupním schodištěm do systému podzemních chodeb, dále jsou patrné v krajních oblastech podzemních chodeb jižním směrem. Maximální vzdálenost je 51 cm, což je více, než se na základě přesnosti laserového skeneru udávané výrobcem předpokládalo. Vliv na vychýlení laserskenového mračna bodů měly nevhodné podmínky v podzemních chodbách, které negativně ovlivnily výpočet algoritmu SLAM využívaného při zpracování dat z laserového skeneru. Algoritmus SLAM je závislý na záchytných objektech, které bylo v hladkých a úzkých podzemních chodbách těžké identifikovat. Tím došlo k chybnému vyrovnání měřených bodů a vychýlení trajektorie laserového skeneru. To je také důvodem, proč nebylo možné všechna 4 mračna bodů získaná metodou mobilního laserového skenování na sebe prvotně správně zarovnat.

Na obr. 58 si lze dále všimnout, že směrem od sklepního prostoru, přes vstupní schodiště hlouběji do podzemních chodeb roste vzdálenost mezi oběma mračny bodů. Tyto rozdíly byly rovněž ovlivněny algoritmem SLAM, jenž měl problém hlouběji v podzemních chodbách identifikovat záchytné objekty.

Porovnání mračen bodů probíhalo na základě metody nejbližšího souseda. Kvůli velkým odchylkám mračen bodů tak nebyly v některých případech porovnány body ze stejné části, ale např. roh části podzemní chodby se stěnou jiné části. Ze srovnání obr. 56 a 58 jsou tyto případy patrné. Střední hodnota absolutních vzdáleností je pak menší než ve skutečnosti a je rovna 12 cm.

# 9 Možnosti prezentace


V rámci zpracování diplomové práce bylo získáno mnoho informací a dat o systému podzemních chodeb pod historickým jádrem Domažlic, konkrétně pod východní částí nám. Míru. Níže je představeno několik způsobů, jak je možné tyto výsledky prezentovat.

## 9.1 Vizualizace pomocí prohlížeče Potree

Jednou z možností, jak prezentovat mračna bodů, je jejich vizualizace ve webovém prostředí. Pro prezentaci mračen bodů byl použit prohlížeč Potree.

Prohlížeč Potree je bezplatný open-source prohlížeč mračen bodů založený na WebGL. Jeho hlavní výhodou je, že umožňuje efektivní práci s mračny bodů velké velikosti. Nabízí několik možností prohlížení a další individuální nastavení mračen bodů. Vlastnosti tohoto prohlížeče lze předem pevně nastavit ve zdrojovém kódu, některé si pak může uživatel individuálně nastavit v uživatelském rozhraní ve webovém prostředí. Uživatelské rozhraní nabízí mimo jiné i nástroje pro interakci s mračnem bodů, jako např. nástroje pro měření vzdálenosti. Další významné výhody jsou, že prohlížeč Potree je vhodný pro vizualizaci exteriéru i interiéru a je kompatibilní s webovým i mobilním prostředím. V rámci diplomové práce byla použita verze 1.8.0 (Schütz 2011).

Pro konvertování příslušného mračen bodů je potřebný program Potree Converter. Při zpracování diplomové práce byla použita verze 2.1 (Schütz 2015). Program pracuje přes příkazovou řádku a vstupní soubory jsou podporovány ve formátech *\*.las*, *\*.laz*, *\*.ply*, *\*.ptx* a *\*.xyz* (NHERI 2019). Výsledkem procesu je vygenerovaný adresář ve formátu *potree file format*, který obsahuje HTML webovou stránku a soubory, které umožní správné vykreslení mračen bodů v prohlížeči. Pro správné spuštění webové stránky je nutné využít lokální webový server. Při zpracování diplomové práce byl použit webový server Apache pro Windows, balíček XAMPP verze 3.3.0 (Seidler a Vogelgesang 2002).

Dále je možné editovat JavaScript soubor HTML webové stránky, což umožňuje individuální nastavení prohlížeče Potree. Současné nastavení neumožňuje prohlížení mračen bodů pouze v interiéru – tento problém by mohl být předmětem dalšího řešení. Prohlížeč však v uživatelském prostředí nabízí funkci *Earth Control* pod ikonou , která prohlížení mračen bodů v interiéru usnadňuje. Nevýhodou výchozího nastavení prohlížeče Potree je, že umožňuje zobrazit pouze 10 000 000 bodů. Vlastnosti bodů se však dají v uživatelském rozhraní prohlížeče dále editovat.

- **vizualizace oříznutého mračen bodů získaného metodou pozemního mobilního laserového skenování**

V rámci diplomové práce bylo v prohlížeči Potree vizualizováno oříznuté mračno bodů, které je výsledkem zpracování dat z pozemního mobilního laserového skenování (viz kapitola 7.3 *Zpracování prostorových dat získaných metodou pozemního mobilního laserového skenování*).

Nejprve bylo vizualizováno celé mračno bodů, které poskytuje lepší přehled o situaci systému podzemních chodeb (viz obr. 59 na následující straně).



Obr. 59: Vizualizace celého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování

Následně bylo vizualizováno oříznuté mračno bodů. Tato vizualizace bude zpřístupněna veřejnosti, a proto bylo v JavaScript souboru HTML webové stránky provedeno její podrobnější nastavení. Výchozí pozice a směr kamery byly nastaveny tak, aby pohled na mračno bodů směřoval shora a byl orientovaný na sever. Dále byla nastavena velikost bodů, jejich tvar na kulový a výchozí počet na 6 000 000. Ve výchozím pohledu bylo také vypnuto zobrazení celého menu prohlížeče Potree.

Výchozí pohled vizualizace oříznutého mračna bodů se nachází v příloze č. 10. Pohled dovnitř mračna bodů je pak k nahlédnutí v příloze č. 11 a 12 – na těchto snímcích byl v uživatelském prostředí prohlížeče Potree nastaven parametr *Splat Quality* na *High Quality*.

Vygenerované adresáře s HTML webovou stránkou obou vizualizací se nachází na přiloženém USB flash disku.

- **vizualizace fotogrammetrického mračna bodů**

Dále bylo vizualizováno fotogrammetrické mračno bodů, které vzniklo zpracováním dat získaných metodou blízké fotogrammetrie (viz kapitola 7.4 *Zpracování fotodokumentace metodou obrazové korelace*). Protože je barevné a zachycuje reálnou podobu podzemních chodeb, je pro uživatele atraktivnější.

Pro podrobnější a přesnější nastavení vizualizace byl ručně editován JavaScript soubor HTML webové stránky. Protože toto mračno bodů zachycuje reálnou podobu podzemních chodeb, byla nastavena výchozí pozice kamery dovnitř podzemní chodby. Výchozí pohled byl nastaven pod vstupní schodiště v systému podzemních chodeb – je tak pro uživatele atraktivnější a má větší vypovídací hodnotu. Dále byla nastavena velikost bodů, jejich tvar na kulový, výchozí počet na 6 000 000 a parametr *Strength* na 0,1. Ve výchozím pohledu bylo také vypnuto zobrazení celého menu prohlížeče Potree.

Výchozí pohled vizualizace oříznutého mračna bodů se nachází v příloze č. 13. Jiný pohled dovnitř mračna bodů si lze prohlédnout v příloze č. 14, celé mračno bodů se pak nachází v příloze č. 15.

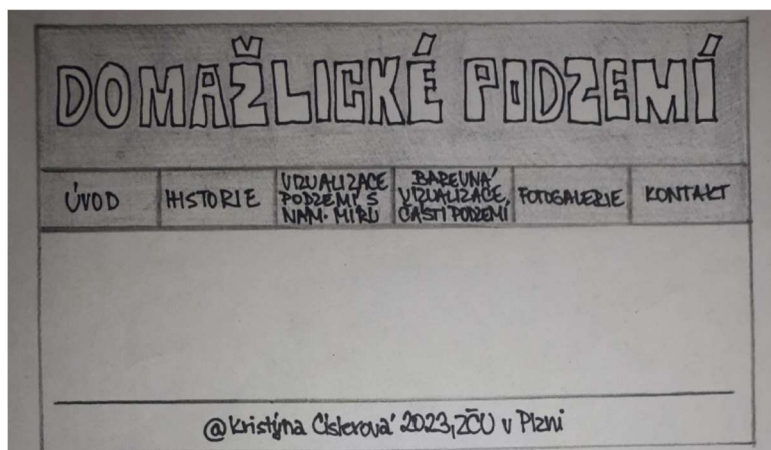
Vygenerované adresáře s HTML webovou stránkou se nachází na přiloženém USB flash disku.

## 9.2 Prezentace výsledků na webových stránkách

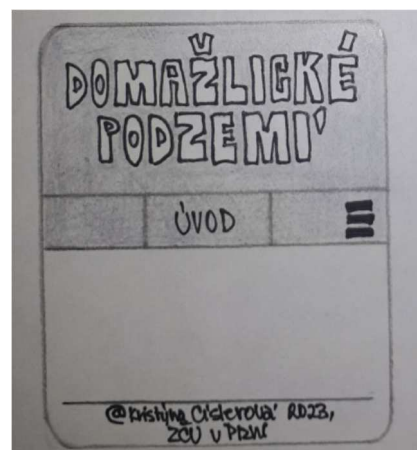
V kapitole 9.1 *Vizualizace pomocí prohlížeče Potree* již byly prezentovány mračna bodů z kapitol 7.3 *Zpracování prostorových dat získaných metodou pozemního mobilního laserového skenování* a 7.4 *Zpracování fotodokumentace metodou obrazové korelace*. Aby mohly být veřejnosti zpřístupněny i informace z kapitol 3.2 *Historie podzemních prostor* a 4 *Analýza a zpracování podkladů k sanaci podzemních prostor*, byly vytvořeny právě tyto webové stránky.

Při tvorbě webových stránek vycházela autorka diplomové práce ze zkušeností získaných při zpracování webových stránek v rámci své bakalářské práce (Císlerová 2020).

Nejprve byl vytvořen návrh webových stránek, který měl být přehledný a ovládáním snadný pro uživatele. Do záhlaví byl umístěn výstižný název webových stránek a pod něj menu se šesti záložkami: *Úvod*, *Historie*, *Vizualizace podzemí s nám. Míru.*, *Barevná vizualizace části podzemí*, *Fotogalerie* a *Kontakt*. Pod menu byl vyhrazen prostor pro obsah dané záložky, který byl zakončen zápatím obsahující copyright, jméno autorky předkládané diplomové práce, rok vzniku webových stránek a název univerzity. Návrh webových stránek ve webovém prostředí si lze prohlédnout na obr. 60, v mobilním prostředí na obr. 61.



Obr. 60: Návrh webové stránky ve webovém prostředí



Obr. 61: Návrh webové stránky v mobilním prostředí

### 9.2.1 Obsah webových stránek

Webové stránky jsou tvořeny šesti záložkami, které prezentují výsledky předkládané diplomové práce.

Záložka **Úvod** poskytuje obecné informace, proč webové stránky vznikly a co se v ostatních záložkách nachází.

V záložce **Historie** jsou uvedeny informace o podzemních prostorech pod historickým jádrem Domažlic, které jsou převzaty z kapitol 3.2 *Historie podzemních prostor* a 4 *Analýza a zpracování podkladů k sanaci podzemních prostor*. Poskytuje informace o jejich současné poloze a podobě, vzniku, historickém vývoji a způsobu využití. Velká část je věnována sanaci podzemních prostor ze 70. let 20. století. Dále jsou v textu uvedeny zajímavosti o událostech, které s podzemními prostory souvisejí. Text je doprovázen obrazovými materiály z kapitoly 4 *Analýza a zpracování podkladů k sanaci podzemních prostor*. Jsou z něho však vyňaty informace, které by mohly být v nesouladu s GDPR – např. č. p.



Záložka *Vizualizace podzemí s nám. Míru* byla oproti návrhu přejmenována na **Vizualizace systému podzemních chodeb**. Důvodem bylo to, že vzhledem k GDPR bylo možné zpřístupnit veřejnosti pouze vizualizaci mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování, která zobrazuje oříznutý systém podzemních chodeb bez nám. Míru a připojení přes sklepní prostory. Tato záložka tedy uživatele odkáže na vizualizaci oříznutého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování v prohlížeči Potree (viz kapitola 9.1 *Vizualizace pomocí prohlížeče Potree*).

Záložka *Barevná vizualizace části podzemí* byla oproti návrhu rovněž přejmenována, a to na **Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb**. Tento název lépe vystihuje její obsah. Tato záložka uživatele odkáže na vizualizaci mračna bodů získaného metodou blízké fotogrammetrie (viz kapitola 9.1 *Vizualizace pomocí prohlížeče Potree*).

V rámci předkládané diplomové práce byla pořízena nejen fotodokumentace části systému podzemních chodeb (podrobněji v kapitole 6.3 *Pořízení fotodokumentace metodou blízké fotogrammetrie*), ale i jiných částí tohoto systému (některé fotografie jsou uvedeny v kapitole 1 *Situace podzemních prostor*). Protože jsou podzemní chodby tohoto systému vzhledově jednotvárné, byly do záložky **Fotogalerie** vybrány ty fotografie, které poskytnou obecný přehled o jejich podobě a které jsou pro uživatele atraktivní. Nachází se zde také dobové fotografie, viz kapitola 2.2 *Obrazové prameny*.


V záložce **Kontakt** se nachází kontakt na autorku předkládané diplomové práce.

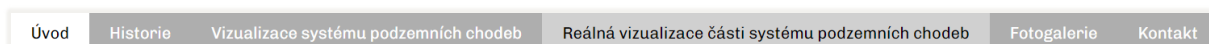
## 9.2.2 Technologie, tvorba a výsledná podoba webových stránek

Zdrojový kód webových stránek byl psán v textovém editoru Brackets (Adobe 2020).

Textový editor Brackets je bezplatný open-source textový editor zaměřený na tvorbu webových stránek. Byl navržen pro tvorbu JavaScript, HTML a CSS souborů. Velkou výhodou je, že poskytuje živý náhled webových stránek a další funkce, které jejich tvorbu zjednodušují. (Buggs 2022) Při zpracování diplomové práce byla použita verze 1.14.2 (Adobe 2020).

Nejprve byla vytvořena základní webová stránka. Do jejího záhlaví byl umístěn název webové stránky „Domažlické podzemí“. Ten jako podkladový prvek doplňuje obrázek celého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování, který zachycuje systém podzemních chodeb spolu s nám. Míru.

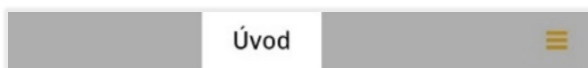
Pod zápatí byla umístěna lišta s menu, ve kterém jsou uvedeny názvy záložek. Název a podklad aktuální záložky jsou v menu barevně odlišeny od ostatních. Příklad pro záložku *Úvod* ve webovém prostředí je k nahlédnutí na obr. 62 na následující straně, v mobilním prostředí na obr. 63 na následující straně. Po najetí kurzorem myši ve webovém prostředí (v případě mobilního prostředí po klepnutí) na konkrétní název záložky, název i podklad záložky změní barvu. Příklad pro záložku *Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb* ve webovém prostředí je k nahlédnutí na obr. 62 na následující straně, v mobilním prostředí na obr. 63 na následující straně. V mobilním prostředí je pak menu skryto pod ikonou menu  a název aktuální záložky se zobrazí uprostřed lišty. Příklad pro záložku *Úvod* je k nahlédnutí na obr. 64 na následující straně. Někdy je nutné na webové stránce „rolovat“ a lišta tak nemusí být plně viditelná. V těchto případech se celá lišta přimkne k horní straně okna webové stránky – uživatel tak může menu kdykoli využít.



Obr. 62: Menu záložek ve webovém prostředí – aktuální záložka Úvod, označená záložka Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb

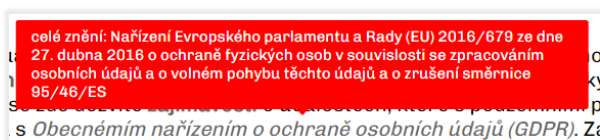


Obr. 63: Rozbalené menu záložek v mobilním prostředí – aktuální záložka Úvod, označená záložka Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb




Obr. 64: Skryté menu záložek v mobilním zobrazení – aktuální záložka Úvod


Dále byl na webové stránce vyhrazen prostor pro obsah dané záložky. Záložka *Úvod* obsahuje text, ve kterém byly umístěny odkazy na ostatní záložky – ty jsou od zbytku textu barevně odlišeny. Od textu byl také barevně odlišen název nařízení „Obecné nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR)“. V tomto případě se po najetí myši na tento název objeví tzv. balloon pop-up, ve kterém uživatel nalezne celé znění daného nařízení. Balloon pop-up je k nahlédnutí na obr. 65. Tato funkce byla implementována i do mobilního prostředí – v tomto případě je nutné na název klepnout.



Obr. 65: Balloon pop-up

Záložka *Historie* je tvořena textem, který je doprovázen obrázkem a tabulkami. Nejprve byl do jejího úvodu umístěn seznam témat, do kterých je text rozdělen. Po kliknutí na dané téma je uživatel odkázán na začátek tématu v textu. Některá slova textu, která se týkají jednoho z témat, jsou od zbytku textu barevně odlišena a fungují na stejném principu. V celém textu se také nacházejí tlačítka, která po rozkliknutí zobrazí další tabulky a doprovodné texty. Obsah tlačítek lze zavřít klepnutím na symbol křížku  nebo klepnutím mimo daný obsah. Dále zde uživatel nalezne odkazy na ostatní záložky. Tlačítka i odkazy na ostatní záložky jsou od zbytku textu barevně odlišeny. Velikost obrázků a tabulek byla přizpůsobena webovému i mobilnímu prostředí. Záložky *Vizualizace systému podzemních chodeb* a *Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb* uživatele odkáží na webovou stránku prohlížeče Potree s danou vizualizací mračna bodů, viz kapitola 9.1 *Vizualizace pomocí prohlížeče Potree* a příloha č.10 a 13. V záložce *Fotogalerie* je umístěna galerie s dobovými i současnými fotografiemi. Zobrazení celé galerie je rovněž přizpůsobeno webovému i mobilnímu prostředí. V případě prohlížení fotografií ve webovém prostředí lze k přepínání mezi nimi využít i šipky na klávesnici daného zařízení. Záložka *Kontakt* obsahuje e-mailovou adresu, která je zároveň aktivačním tlačítkem výchozího poštovního klienta pro odesílání e-mailů v daném zařízení.

Do zápatí webových stránek, které je odděleno vodorovnou linií, byl umístěn copyright, jméno autorky předkládané diplomové práce, rok vzniku webových stránek a název univerzity. Oproti návrhu zde bylo navíc do pravého rohu umístěno tlačítko *poděkování*, které je od zbytku textu také barevně odlišeno. Po jeho rozkliknutí se zobrazí poděkování osobám i institucím, které poskytly informační zdroje a vybavení potřebné k vypracování předkládané diplomové práce. Obsah tlačítka lze zavřít stejnými způsoby jako obsahy ostatních tlačítek.

Pro zhlédnutí celého obsahu některých záložek je nutné na webové stránce „rolovat“. V tomto případě se v pravém dolním rohu objeví tlačítko se symbolem šipky . Klepnutím na tlačítko se webová stránka automaticky přesune na její začátek a uživatel tak nemusí „rolovat“ ručně.

Barvy, do kterých jsou webové stránky laděny, odkazují na reálnou podobu podzemních prostor. V kontrastu jsou pouze některé prvky, jako např. název webové stránky nebo ikona menu v mobilním zobrazení. Fonty písma, která byla na webových stránkách použita, podporují české znaky a pro uživatele jsou dobře čitelná.

Pro webové stránky bylo vytvořeno vlastní logo, které lze vidět na obr. 66. Logotyp je spojením písmen „D“ a „P“, která jsou převzata z názvu webových stránek „Domažlické podzemí“. Logomark je pak tvořen plným šedivým kruhem. Barvy tak korespondují s barvami webových stránek. Všechny záložky webových stránek jsou tímto logem označeny. Kromě záložky *Úvod* jsou označeny také názvem dané záložky a webových stránek. Výsledek se projeví např. v názvu karty webového prohlížeče. Příklad pro záložku *Historie* je k nahlédnutí na obr. 67.



Obr. 66: Logo webových stránek



Obr. 67: Karta webového prohlížeče označená logem, názvem záložky a webových stránek

Náhled na výsledné webové stránky ve webovém prostředí se nachází v příloze č. 16, v mobilním prostředí v příloze č. 17.

Webové stránky jsou dostupné na <http://domazlickepodzemi.cz/>.

# Závěr

V rámci předkládané diplomové práce byla metodou pozemního mobilního laserového skenování a metodou blízké fotogrammetrie v kombinaci s metodou obrazové korelace získána mračna bodů, která zachycují systém podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru. Ta byla spolu s dalšími získanými informacemi o vývoji, historické i současné podobě podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic (převážně textového charakteru doplněné o obrazové materiály) zpřístupněna veřejnosti na webových stránkách.

Na začátku práce byla provedena rešerše dostupných písemných a obrazových pramenů, které byly následně analyzovány a zpracovány. Výsledkem zpracování jsou informace o vývoji a podobě podzemních prostor pod historickým jádrem Domažlic od jejich vzniku až po současnost. Dále byla provedena rešerše odborných publikací a článků na téma využití moderních metod sběru prostorových dat (především laserového skenování a fotogrammetrie) k dokumentaci budov a podzemních prostor.

Na základě podoby systému podzemních chodeb a výsledků rešerše byly vybrány 2 hlavní metody sběru prostorových dat: metoda pozemního mobilního laserového skenování a metoda blízké fotogrammetrie. Prostorová data získaná metodou pozemního mobilního laserového skenování s využitím ručního mobilního laserového skeneru ZEB-HORIZON byla zpracována v software CloudCompare. Výsledkem zpracování je laserskenové mračno bodů, které zachycuje systém podzemních chodeb propojený přes sklepní prostory na nadzemní část nám. Míru. Systém podzemních chodeb sahá až 8 m pod povrch nám. Míru a jeho délka je cca 240 m. Fotodokumentace části systému podzemních chodeb získaná metodou blízké fotogrammetrie byla s využitím metody obrazové korelace zpracována v software Agisoft Metashape Professional. Výsledkem zpracování je fotogrammetrické mračno bodů zachycující reálnou podobu části systému podzemních chodeb. Obě mračna bodů jsou lokalizována v souřadnicovém systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514). Georeferencování probíhalo na základě podrobných a vlícovacích bodů získaných metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem. Jako doplňková metoda k této metodě byla použita metoda GNSS.

Průměrná prostorová chyba fotogrammetrického mračna bodů je 4,2 cm. Při porovnání fotogrammetrického a laserskenového mračna bodů metodou nejbližšího souseda na základě absolutní vzdálenosti je však vzdálenost mezi mračny bodů až 51 cm. Ta také rostla směrem od sklepního prostoru, přes vstupní schodiště hlouběji do podzemních chodeb. Vliv na vychýlení laserskenového mračna bodů měly nevhodné podmínky v podzemních chodbách, které negativně ovlivnily výpočet algoritmu SLAM využívaného při zpracování dat z laserového skeneru. Algoritmus SLAM je závislý na záchytných objektech, které bylo v hladkých a úzkých podzemních chodbách těžké identifikovat. Tím došlo k chybnému vyrovnání měřených bodů, vychýlení trajektorie laserového skeneru, a tím i k vychýlení laserskenového mračna bodů. Ruční umístění dalších záchytných objektů do podzemních chodeb by zpřesnilo výpočet algoritmu SLAM a polohu výsledného laserskenového mračna bodů. Metoda pozemního mobilního laserového skenování není tedy za daných podmínek na rozdíl od metody blízké fotogrammetrie pro skenování těchto podzemních prostor vhodná.

Laserskenové mračno bodů bylo v souladu s GDPR oříznuto na samotný systém podzemních chodeb. Oříznuté laserskenové a fotogrammetrické mračno bodů bylo následně vizualizováno v prohlížeči Potree. Každá vizualizace byla individuálně nastavena podle potřeb jednotlivých

mračení bodů a budoucích uživatelů. Vizualizace oříznutého laserskenového mračna bodů nabízí uživateli pohled na celý systém podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru. Vizualizace fotogrammetrického mračna bodů ukazuje uživateli pouze část systému podzemních chodeb, avšak zachycuje reálnou podobu jeho interiéru. Obě mračna bodů se tak vzájemně doplňují.

Vizualizace mračení bodů v prohlížeči Potree byly spolu s dalšími informacemi o podzemních prostorách pod historickým jádrem Domažlic umístěny na webové stránky s názvem „Domažlické podzemí“. Ty uživateli poskytují informace od dob vzniku podzemních prostor, přes jejich historický vývoj až po současnost. Dále si lze na webových stránkách přečíst zajímavosti o podzemních prostorách nebo si prohlédnout dobové a současné fotografie.

V rámci zpracování získaných prostorových dat pro diplomovou práci byla výsledná laserskenová mračna bodů a fotogrammetrické mračno bodů lokalizována v souřadnicovém systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514). V budoucnu by bylo možné tato mračna bodů dále zpracovat a využít jako podklad pro stavební úřad pro dokumentaci potvrzující existenci stavby. Dokumentace by spolu s dalšími informacemi zjištěnými v rámci rešerše pramenů předkládané diplomové práce pomohla řešit spory, které se vedou ohledně vlastnických práv na podzemní prostory pod historickým jádrem Domažlic.

# Seznam použité literatury

Adobe, 2020. *Brackets* [textový editor]. Verze 1.14.2. 6. duben 2020 [cit. 20. prosince 2022]. Dostupné z: <https://brackets.io/>

Agisoft LLC, 2022a. *Agisoft Metashape User Manual – Professional Edition* [online uživatelský manuál]. Verze 1.8. ©2022 Agisoft LLC [cit. 8. května 2022]. Dostupné z: <https://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/>

Agisoft LLC, 2022b. *Agisoft Metashape Professional* [software]. Verze 1.8.2. 12. březen 2022, ©2022 Agisoft LLC [cit. 13. června 2022]. Dostupné z: <https://www.agisoft.com/downloads/installer/>

Anon. *CloudCompre User Manual* [online uživatelský manuál]. Verze 2.6.1. [cit. 1. května 2022]. Dostupné z: <https://www.danielgm.net/cc/>

BUGGS, Cathy, 2022. A modern text editor for developers. *Softonic* [online]. 2022 [cit. 20. prosince 2022]. Dostupné z: <https://brackets.en.softonic.com/?ex=DINS-635.0>

CÍSLEROVÁ, Kristýna, 2020. *Rekonstrukce zaniklého sídla Nuzarov*. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.

ČADA, Václav. *Přednáškové texty z geodézie* [online přednáškové texty]. [cit. 12. března 2022]. Dostupné z: <https://kgm.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>

FAWZY, Hossam El-Din, 2019. *3D laser scanning and close-range photogrammetry for buildings documentation: A hybrid technique towards a better accuracy* [online]. Elsevier, 9. listopad 2019 [cit. 21. dubna]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016819301061>

GeoSLAM, 2019. *GeoSLAM Hub User Manual* [online uživatelský manuál]. Verze 5.3. ©2019 GeoSLAM [cit. 20. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/471215730/GeoSLAM-Hub-5-3-User-Manual>

GeoSLAM, 2020. *ZEB-HORIZON User Manual*. Verze 1.3. ©2020 GeoSLAM. Uživatelský manuál.

GeoSLAM, 2021. *GeoSLAM Hub* [software]. [cit. 8. května 2022]

GeoSLAM, 2023. OUR PRODUCTS. *GeoSLAM* [online]. ©2023 GeoSLAM [cit. 30. března 2023]. Dostupné z: <https://geoslam.com/product/>

GEUS ware, s.r.o, 2018. *GeusNET* [software]. Verze 3.2.04. 26. listopad 2018, ©2018 Ing. Petr Neužil [cit. 13. června 2022]. Dostupné z: <http://www.geusware.cz/geodeticky-sw/>

GEUS ware, s.r.o, 2022a. GEUS. *Geus ware, s.r.o.* [online]. ©2022 Geus ware, s.r.o. [cit. 30. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.geus.cz/inpage/geus/>

GEUS ware, s.r.o, 2022b. GeusNET. *Geus ware, s.r.o.* [online]. ©2022 Geus ware, s.r.o. [cit. 30. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.geus.cz/inpage/geus/>

GEUS ware, s.r.o, 2022c. *GEUS* [software]. Verze 26.0.2.338. 6. leden 2022, ©2022 Geus ware, s.r.o. [cit. 13. června 2022]. Dostupné z: <http://www.geusware.cz/geodeticky-sw/>

EDF R&D, 2022. *CloudCompare* [software]. Verze 2.12. 31. březen 2022 [cit. 8. května 2022]. Dostupné z: <https://www.danielgm.net/cc/>

HÁJEK, Karel, 2013. *Paměti dějepisné – edice kroniky domažlického děkana*. V Domažlicích: Státní oblastní archiv v Plzni – Státní okresní archiv Domažlice se sídlem v Horšovském Týně. ISBN 978-80-904696-6-2.

JEŘÁBKOVÁ, Lucie, 2018. *Průzkum podzemních prostor v Radnicích na Rokycansku*. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.

KITZBERGER, Ivan František, 1928. Pověsti domažlické o vrchu „Dmout“ (Ermout). *Český lid*. XXVIII. s. 211-213. ISSN 0009-0794

KÜTIMETS, Kaia a ELLMANN, Artu, ed., 2021. *Underground Oil Shale Mine Surveying Using Handheld Mobile Laser Scanners* [online]. Estonian Academy Publishers, 10. březen 2021 [cit. 21. dubna 2022]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/349515199\\_Underground\\_oil\\_shale\\_mine\\_surveying\\_using\\_handheld\\_mobile\\_laser\\_scanners](https://www.researchgate.net/publication/349515199_Underground_oil_shale_mine_surveying_using_handheld_mobile_laser_scanners)

NHERI, 2019. Visualization. *DesignSafe* [online]. [cit. 6. června 2022]. Dostupné z: <https://www.designsafe-ci.org/rw/user-guides/tools-applications/visualization/potree-converter/>

Nikon Corporation, 2021a. *Capture NX-D* [software]. Verze 1.6.5. 2. březen 2021, ©2014 Nikon Corporation [cit. 2. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.filehorse.com/download-capture-nx-d/old-versions/>

Nikon Corporation, 2021b. *Capture NX-D*. *Nikon* [online]. ©2022 Nikon Corporation [cit. 2. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.nikonusa.com/en/nikon-products/product/imaging-software/capture-nx-d.html>

Nikon Corporation. *Digitální fotoaparát D3200 – návod k obsluze*. ©2012 Nikon Corporation. Uživatelský manuál.

OpenStreetMap contributors, 2004. *OpenStreetMap®* [online]. © OpenStreetMap contributors, aktualizace 2022 [cit. 2. ledna 2022]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/>

PACINA, Jan a BRŮNA, Vladimír, 2014. Sběr prostorových dat s využitím bezkontaktních metod [online]. *ArchaeoMontan*. s. 69-80. ISSN 0138-4546.

PAVELKA, Karel, 2003a. *Fotogrammetrie*. V Plzni: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 80-7082-972-9.

PAVELKA, Karel, 2003b. *Fotogrammetrie 10*. V Praze: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 80-01-02649-3.

PAVELKA, Karel a FALTÝNOVÁ, Martina, ed., 2014. *Mobilní laserové skenování*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-05261-7

POLOPRUTSKÝ, Zdeněk a HODAČ, Jindřich, 2016. Archeologický výzkum lidových staveb – roubený dům čp. 97 v čistě. In: *Průzkum a dokumentace památek lidové architektury*. V Rožnově pod Radhoštěm – Sebranice: Valašské muzeum v přírodě v Rožnově pod Radhoštěm – Metodické centrum pro muzea v přírodě a Spolek archaických nadšenců, s. 140-151. ISBN 978-80-87210-56-7.

PROCHÁZKA, Zdeněk, 1993. *Domažlice, Město – historicko-turistický průvodce č. 3: Domažlice (Taus), Stadt – historisch-touristischer Führer Nr. 3*. V Domažlicích: Nakladatelství Českého lesa. ISBN 80-901122-1-8.

RAMOS, A. Pérez a PRIETO, G. Robleda, 2015. 3D Virtualization by Close Range Photogrammetry Indoor Gothic Church Apses. The Case Study of Church of San Francisco in Betanzos (La Coruña, Spain). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XL-5/W4, s. 201-206.

RAPANT, Petr, 2002. *Družicové polohové systémy*. V Ostravě: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. ISBN 80-248-0124-8.

RUCKÝ, Aleš, 2021. *Transform MAX 1710* [software]. Verze 4. ©2021 Aleš Rucký [cit. 12. června 2022]

ŘÍHA, Jan, 2014. *Moderní přístrojová technika*. Vybrané kapitoly: GNSS [online]. Praha. [cit. 12. března 2022]. Dostupné z: <https://spszem.cz/storage/files/1363/Moderni-pristrojova-technika-GNSS.pdf>

SEIDLER, Kai Oswald a VOGELGESANG, Kay, 2002. *XAMPP* [webový server]. Verze 8.1.6. 16. květen 2022 [cit. 3. června 2022]. Dostupné z: <https://sourceforge.net/projects/xampp/files/>

SCHÜTZ, Markus, 2011. *Potree* [prohlížeč]. Verze 1.8.0. 26. leden 2021 [cit. 6. června 2022]. Dostupné z: <https://github.com/potree/potree/releases>

SCHÜTZ, Markus, 2015. *Potree Converter* [software]. Verze 2.1. 26. leden 2021 [cit. 6. června 2022]. Dostupné z: <https://github.com/potree/PotreeConverter/releases>

SLABÝ, Ondřej, 2003. *GEOMANW* [software]. Verze 3.05. 25. únor 2003, ©2003 Ondřej Slabý [cit. 13. června 2022]

Spectra Precision, 2013a. *SP80 GNSS Receiver User Guide* [online uživatelský manuál]. [cit. 8. května 2022]. Dostupné z: <https://image.tigersupplies.com/Manuals/SPESP80-20170505065158776.pdf>

Spectra Precision, 2013b. *Z-Blade Technology* [online]. [cit. 8. května 2020]. Dostupné z: <https://spectrageospatial.com/wp-content/uploads/File-1436354931.pdf>

Spolek Domažlický dějepis, 2021. *Historické podzemí města Domažlice*. Domažlice: Spolek Domažlický dějepis. [cit. 15. listopadu 2021]

ŠEBEK, Stanislav, 2012. V Domažlicích se pod branou propadlo náměstí. *Domažlický deník* [online]. 1. březen 2012 [cit. 12. února 2022]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/plzensky-kraj/v-domazlicich-se-pod-branou-propadlo-namesti-miru-20120301.html>

TAUER, Václav, 2009. Z historie: Když se na náměstí propadly domy. *Domažlický deník* [online]. 16. listopad 2009 [cit. 12. února 2022]. Dostupné z: [https://domazlicky.denik.cz/kultura\\_region/domazlicenamesti20091115.html](https://domazlicky.denik.cz/kultura_region/domazlicenamesti20091115.html)

Topcon. *Instruction manual – OS series*. ©2012 Topcon. Uživatelský manuál.

TOPGEOSYS, s.r.o. *TOPCON OS / SOKKIA FX – bezhranolová totální stanice*. Informační list.



VESELÝ, Jan, 2014. *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*. 1. vyd. V Praze: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s generálním ředitelstvím. ISBN 978-80-86516-79-0.

VONDRUŠKOVÁ, Alena a Vlastimil, VONDRUŠKA, 2018. *Město – Průvodce českou historií*. V Praze: Vyšehrad. ISBN 978-80-7429-346-7.

VÚGTK, 2020. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online slovník]. ©2005–2020 VÚGTK [cit. 1. května 2022]. Dostupné z: <http://www.slovníkuczku.eu/>

WESTOBY, M. J. a BRASINGTON, J., ed., 2012. *'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost effective tool for geoscience applications* [online]. Elsevier, 6. září 2012 [cit. 20. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12004217>

ZČU, 2022. MODERNÍ METODY SBĚRU GEODAT. NTIS [online]. ©1991–2022 ZČU [cit. 29. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.ntis.zcu.cz/cs/Research/Geophysical-models-and-geoinformatics-technologies/Current-methods-of-geo-data-collection/>

ŽELEZNÝ, Miloš, 2021. *Dálkový průzkum Země* [online přednáškové texty]. Verze 160921. 16. září 2021 [cit. 29. dubna 2022]. Dostupné z: <https://www.kky.zcu.cz/cs/courses/dpz>

Tab. 20: Souhrn zkrácených a originálních názvů archivních pramenů z Národního památkového ústavu, územního odborného pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny

zkrácený název	originální název
Projektový úkol staveb I, II a III	Projektový úkol staveb I, II a III z března roku 1967, s označením PPOP 037-4*14959, PPOP: 034-4*14961, zak. č. 506-02-6-0002-1, archiv. č. B-506.01-000/04
Technická zpráva staveb I, II a III	Technická zpráva z 29. května 1967 jako jednostupňový projekt s označením PPOP 037-4*14962, PPOP 034-4*14965, zak. č. 506-03-3-0010-1, archiv. č. B-0010.04-JP.800/04
Projekt stavby I a II	Jednostupňový projekt stavby I z dubna 1967 s označením PPOP 036-4*14968, zak. č. 506-01-3-1506-1, archiv. č. B-1506.04.01-JP.000/04 a stavby II z července 1967 s označením PPOP 037-4*14966, PPOP 036-4*14969, zak. č. 506-01-3-1506-2, archiv. č. B-1506.11.01-JP.000/0
Předběžný rozpočet stavby II	Předběžný rozpočet z 11. července 1967 pro objekt č. 1 s označením PPOP 036-4*14971, zak. č. 506-01-3-1506-2 a pro objekt č. 2 s označením PPOP 036-4*14983, PPOP 034-4*14991, zak. č. 506-01-3-1506-2
Technická zpráva stavby IV, objektu č. 1	Technická zpráva – konečné stádium z července 1968 s označením PPOP 037-4*15022
Technická zpráva stavby IV, objektu č. 2	Technická zpráva – konečné stádium z července 1968 s označením PPOP 037-4*15054
Technická zpráva stavby V	Technická zpráva – konečné stádium z října 1968 s označením PPOP 037-4*15073
Technická zpráva stavby VI	Technická zpráva – konečné stádium z března 1969 s označením PPOP 037-4*15091
Rozpočet stavby VI	Zajištění podzemí města Domažlice, Stavba VI – obj. č. 1, Rozpočet, PPOP 036-4*15092, zak. č. 506-01-3-1506-6, archiv. č. B-1506.29.01-KS.000

# Seznam obrázků

Obr. 1: Městská část Město (vyznačeno modře) a oblast systému podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru (vyznačeno červeně), podklad obrázku převzat z (OpenStreetMap contributors 2004) .....	10
Obr. 2: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200 s označením vstupu do systému podzemních chodeb .....	11
Obr. 3: Vstupní schodiště do systému podzemních chodeb ze sklepního prostoru domu č.p. 136 .....	12
Obr. 4: Zakončení podzemní chodby betonovou příčkou .....	12
Obr. 5: Staré pivní a jiné lahve .....	12
Obr. 6: Svítící a mluvící skřítek Skalník .....	12
Obr. 7: Dělník při rozšiřování podzemních prostor .....	21
Obr. 8: Podzemní chodba s cihlovou klenbou .....	21
Obr. 9: Podzemní prostor s cihlovou stěnou .....	21
Obr. 10: Nářadí používaného při rozšiřování podzemních prostor .....	22
Obr. 11: Zakončení podzemního prostoru cihlovým výklenkem .....	22
Obr. 12: Zřícený strop a poškozené zdi jednoho z domů, fotografie převzata z (Tauer 2009) .....	26
Obr. 13: Nahromaděný materiál z jednoho zříceného domu, fotografie převzata z (Tauer 2009) .....	26
Obr. 14: Zřícené patro jednoho z domů, fotografie převzata z (Tauer 2009) .....	26
Obr. 15: Výřez situačního plánu historického jádra Domažlic s rozdělením staveb I až VI ...	29
Obr. 16: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200, před sanací podzemních prostor .....	31
Obr. 17: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200, před sanací podzemních prostor .....	37
Obr. 18: Výřez vyfotografovaného situačního plánu systému podzemních chodeb stavby I v měřítku 1 : 200, po sanaci podzemních prostor .....	37
Obr. 19: Laserový skener ZEB-HORIZON .....	48
Obr. 20: Výřez vyfotografovaného situačního plánu podzemních prostor stavby I v měřítku 1 : 200, vstup ze sklepních prostor fary označen červenou šipkou, vstup ze sklepních prostor MKS označen zelenou šipkou .....	51
Obr. 21: Pan Ondřej Kříž při skenování venkovní části .....	52
Obr. 22: Pan Ondřej Kříž při skenování systému podzemních chodeb (1) .....	53
Obr. 23: Pan Ondřej Kříž při skenování systému podzemních chodeb (2) .....	53
Obr. 24: Výřez vyfotografovaného situačního plánu systému podzemních chodeb stavby I v měřítku 1 : 200, část systému podzemních chodeb vybraná pro sběr dat metodu blízké fotogrammetrie označena červeně .....	53
Obr. 25: Přehledka bodů polohového a výškového bodového pole, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c) .....	55
Obr. 26: Autorka předkládané diplomové práce při sběru prostorových dat v systému podzemních chodeb metodou tachymetrie s elektronickým dálkoměrem .....	57
Obr. 27: Fotografie totální stanice TOP OS-103 na stanovisku 4001 .....	57
Obr. 28: Hodnoty uvedené v záložce 1 – Příprava vstupních dat .....	60
Obr. 29: Označení pevných bodů v záložce 2 – Polohové vyrovnání .....	60
Obr. 30: Označení pevných bodů v záložce 3 – Výškové vyrovnání .....	60

Obr. 31: Zaměřená stanoviska a pevné body, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c) .....	61
Obr. 32: Síť po vyrovnání metodou nejmenších čtverců, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c).....	62
Obr. 33: Detail části sítě po vyrovnání metodou nejmenších čtverců, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c) .....	62
Obr. 34: Zaměřená stanoviska, body PPBP a ZVBP, body polohopisu, orientováno na sever, vytvořeno v (GEUS ware, s.r.o. 2022c) .....	62
Obr. 35: Parametry filtru Noise filter .....	64
Obr. 36: Příklad odstraněných bodů funkcí Segment na mračnu bodů 2. části, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	64
Obr. 37: Hrubě zarovnaná mračna bodů, pohled z boku, orientováno na sever, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	64
Obr. 38: Hrubě zarovnaná mračna bodů, pohled shora, orientováno na jih, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	65
Obr. 39: Hrubě zarovnaná mračna bodů, pohled zdola (převrácené), vytvořeno v (EDF R&D 2022).....	65
Obr. 40: Trajektorie skenování jednotlivých částí, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	66
Obr. 41: Napojení mračen bodů přes podzemní prostory MKS, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	66
Obr. 42: Napojení mračen bodů přes podzemní prostory fary, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	67
Obr. 43: Georeferencované mračno bodů společně s podrobnými body pro georeferencování, pohled shora, orientováno na jih, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	68
Obr. 44: Celé mračno bodů, pohled zdola (převrácené), vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	68
Obr. 45: Celé mračno bodů, pohled z boku, orientováno na sever, vytvořeno v (EDF R&D 2022).....	69
Obr. 46: Oříznuté mračno bodů, pohled shora, orientováno na sever, vytvořeno v (EDF R&D 2022).....	69
Obr. 47: Část upraveného textového souboru pro použití v software Agisoft Metashape Professional .....	70
Obr. 48: Řídké mračno bodů, červeně označen příklad místa po chybném zarovnání snímků, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b).....	71
Obr. 49: Detail chybného zarovnání snímků řídkého mračna bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b).....	71
Obr. 50: Řídké mračno bodů s označenými markery, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b) .....	72
Obr. 51: Řídké mračno bodů se zarovnanými snímky, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b).....	72
Obr. 52: Řídké mračno bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b).....	73
Obr. 53: Husté mračno bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b).....	74
Obr. 54: Zčištěné a oříznuté husté mračno bodů, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b) .....	74
Obr. 55: Trojúhelníková síť, vytvořeno v (Agisoft LLC 2022b) .....	75
Obr. 56: Chyba v poloze georeferencovaného fotogrammetrického a laserskenového mračna bodů, orientováno na východ, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	76
Obr. 57: Histogram absolutních vzdáleností, vytvořeno v (EDF R&D 2022).....	76
Obr. 58: Obarvené fotogrammetrické mračno bodů dle absolutních vzdáleností, orientováno na severovýchod, vytvořeno v (EDF R&D 2022) .....	77
Obr. 59: Vizualizace celého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování.....	79
Obr. 60: Návrh webové stránky ve webovém prostředí.....	80

Obr. 61: Návrh webové stránky v mobilním prostředí.....	80
Obr. 62: Menu záložek ve webovém prostředí – aktuální záložka Úvod, označená záložka Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb .....	82
Obr. 63: Rozbalené menu záložek v mobilním prostředí – aktuální záložka Úvod, označená záložka Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb .....	82
Obr. 64: Skryté menu záložek v mobilním zobrazení – aktuální záložka Úvod.....	82
Obr. 65: Balloon pop-up.....	82
Obr. 66: Logo webových stránek .....	83
Obr. 67: Karta webového prohlížeče označená loge, názvem záložky a webových stránek ...	83

# Seznam tabulek

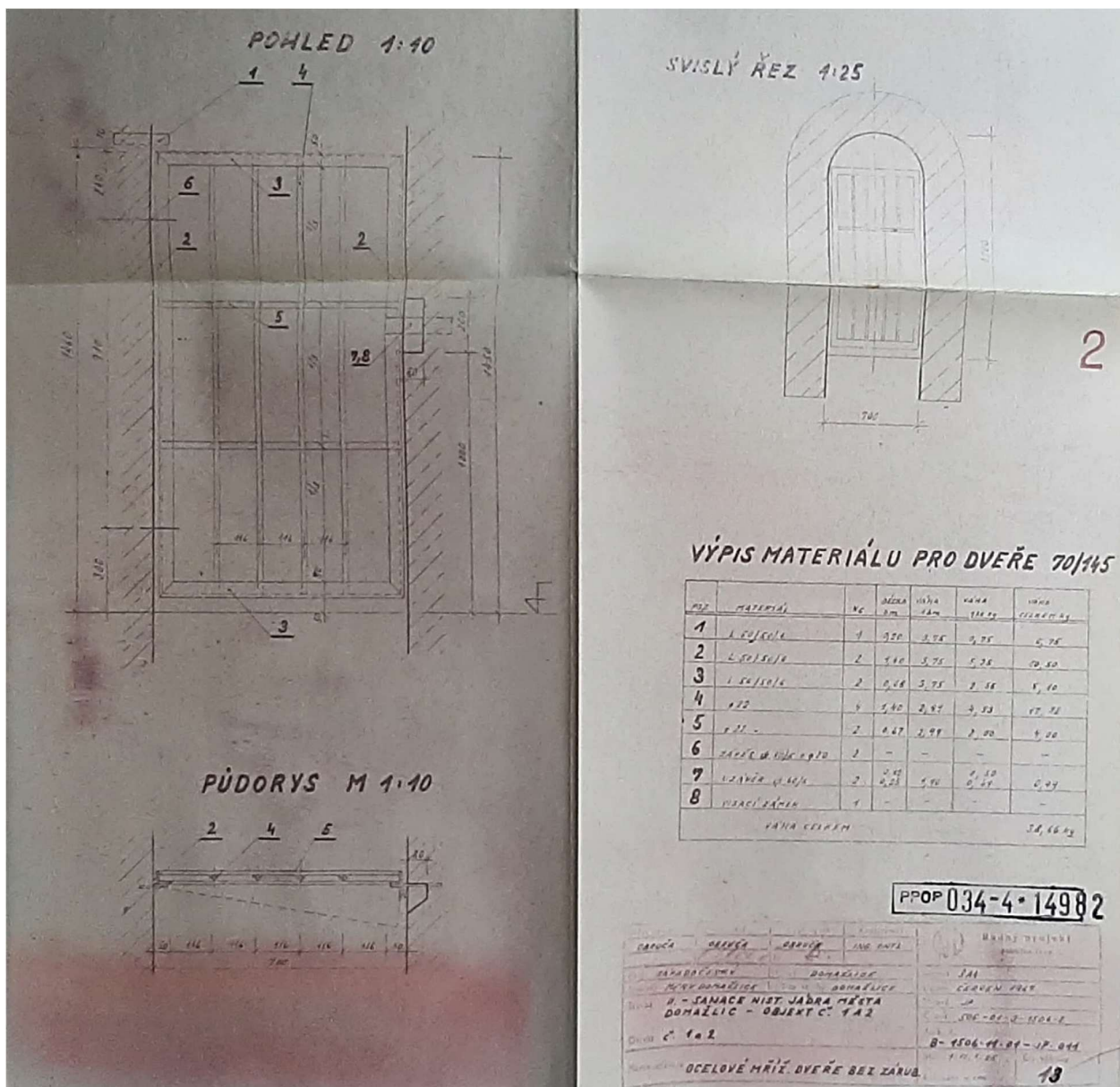
Tab. 1: Rozdělení domů do jednotlivých staveb a jejich objektů .....	29
Tab. 2: Popis podzemních prostor domu č. p. 136 .....	31
Tab. 3: Orientační časový plán plánovaných prací na stavbách I, II a III.....	33
Tab. 4: Orientační plán čerpání finančních nákladů pro stavby I, II a III.....	38
Tab. 5: Finanční rozpočet na stavbu I .....	38
Tab. 6: Souhrnná tabulka finančního rozpočtu na stavby I, II a III .....	39
Tab. 7: Souhrn stavebních prací a materiálu pro sanaci podzemních prostor stavby I.....	39
Tab. 8: Cena za vypůjčené pracovní vybavení na stavbu II, objekt č. 1 .....	39
Tab. 9: Cena za zámečnické konstrukce a nátěry stavby II, objektu č. 1.....	40
Tab. 10: Cena sanačních prací po jednotlivých domech stavby II, objektu č. 1 .....	40
Tab. 11: Podrobný rozpočet pro dům č. p. 139, stavba II, objekt č. 1 .....	41
Tab. 12: Vybrané parametry laserového skeneru ZEB-HORIZON (GeoSLAM 2020) .....	47
Tab. 13: Vybrané parametry digitálního fotoaparátu Nikon D3200 a objektivu AF-S DX NIKKOR 18–55 mm f/3,5–5,6G VR (Nikon Corporation nedatováno).....	48
Tab. 14: Vybrané parametry totální stanice Topcon OS-103 (TOPGEOSYS, s.r.o. nedatováno) .....	49
Tab. 15: Vybrané parametry GNSS přijímače Spectra Precision SP80 (Spectra Precision 2013a).....	49
Tab. 16: Tabulka vyrovnaných souřadnic X, Y, H a středních chyb .....	61
Tab. 17: Tabulka definitních souřadnic.....	63
Tab. 18: Porovnání souřadnic stanovisek 4001 a 4006.....	63
Tab. 19: Vybrané parametry digitálního fotoaparátu Nikon D3200 s objektivem AF-S DX NIKKOR 18–55 mm f/3,5–5,6G VR při pořizování první a druhé fotodokumentace. 71	71
Tab. 20: Souhrn zkrácených a originálních názvů archivních pramenů z Národního památkového ústavu, územního odborného pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny .....	89

# Seznam příloh

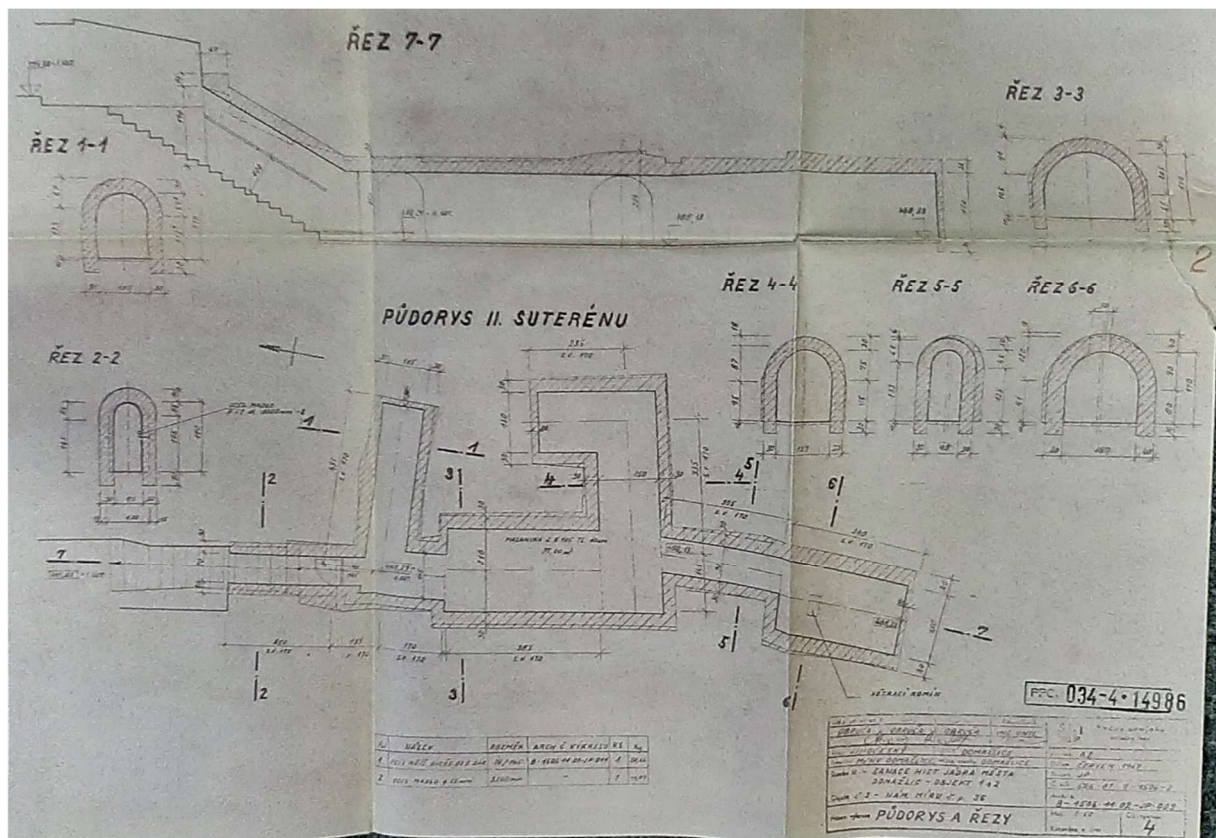
Příloha č. 1: Fotografie výkresu ocelových mřížových dveří bez zárub v měřítku 1 : 10 a 1 : 25 .....	95
Příloha č. 2: Fotografie půdorysu a řezy 2. patra podzemních chodeb domu č. p. 35 v měřítku 1 : 50 .....	96
Příloha č. 3: Fotografie výkresu zábradlí a detail madla v měřítku 1 : 2 .....	96
Příloha č. 4: Fotografie výkresu ocelového okna v měřítku 1 : 20 .....	97
Příloha č. 5: Legenda k situačnímu plánu podzemních prostor stavby I.....	97
Příloha č. 6: Texturovaný 3D model .....	98
Příloha č. 7: Pohled dovnitř texturovaného 3D modelu (1) .....	99
Příloha č. 8: Pohled dovnitř texturovaného 3D modelu (2) .....	100
Příloha č. 9: Pohled dovnitř texturovaného 3D modelu (3) .....	101
Příloha č. 10: Vizualizace oříznutého mračna bodů pozemního laserového skenování – výchozí pohled.....	102
Příloha č. 11: Pohled dovnitř oříznutého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování (1) .....	103
Příloha č. 12: Pohled dovnitř oříznutého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování (2) .....	104
Příloha č. 13: Vizualizace fotogrammetrického mračna bodů – výchozí pohled.....	105
Příloha č. 14: Pohled dovnitř fotogrammetrického mračna bodů .....	106
Příloha č. 15: Pohled na celé fotogrammetrické mračno bodů .....	107
Příloha č. 16: Náhled na webové stránky s názvem „ <i>Domažlické podzemí</i> “ ve webovém prostředí .....	108
Příloha č. 17: Náhled na webové stránky s názvem „ <i>Domažlické podzemí</i> “ v mobilním prostředí .....	109
Příloha č. 18: Struktura USB flash disku .....	110

# Přílohy

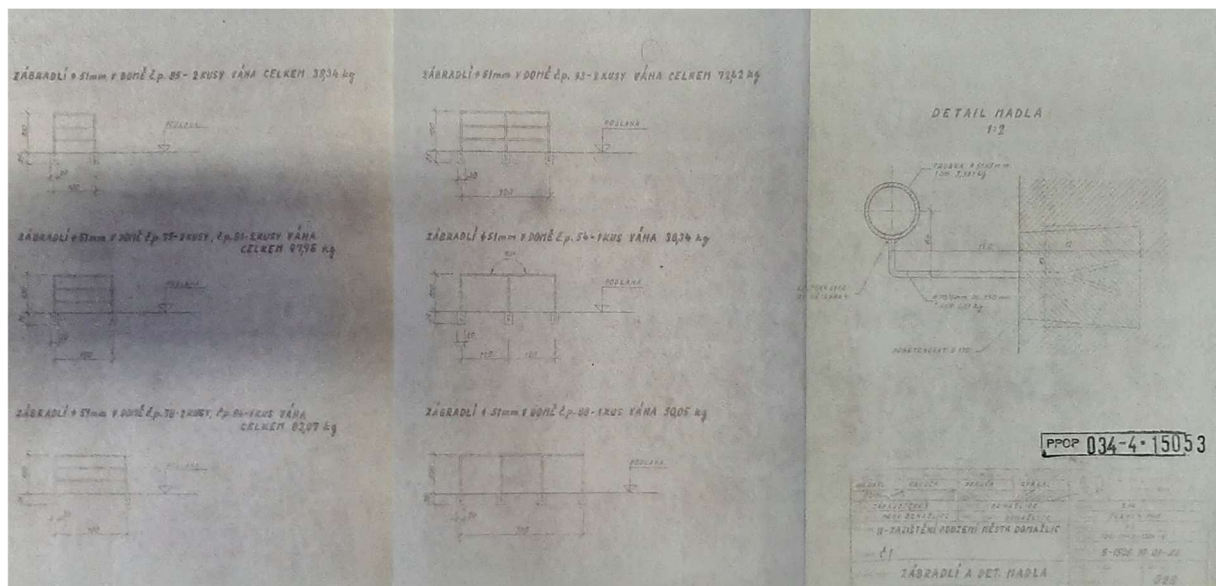
Příloha č. 1: Fotografie výkresu ocelových mřížových dveří bez zárub v měřítku 1 : 10 a 1 : 25



Příloha č. 2: Fotografie půdorysu a řezy 2. patra podzemních chodeb domu č. p. 35 v měřítku 1 : 50

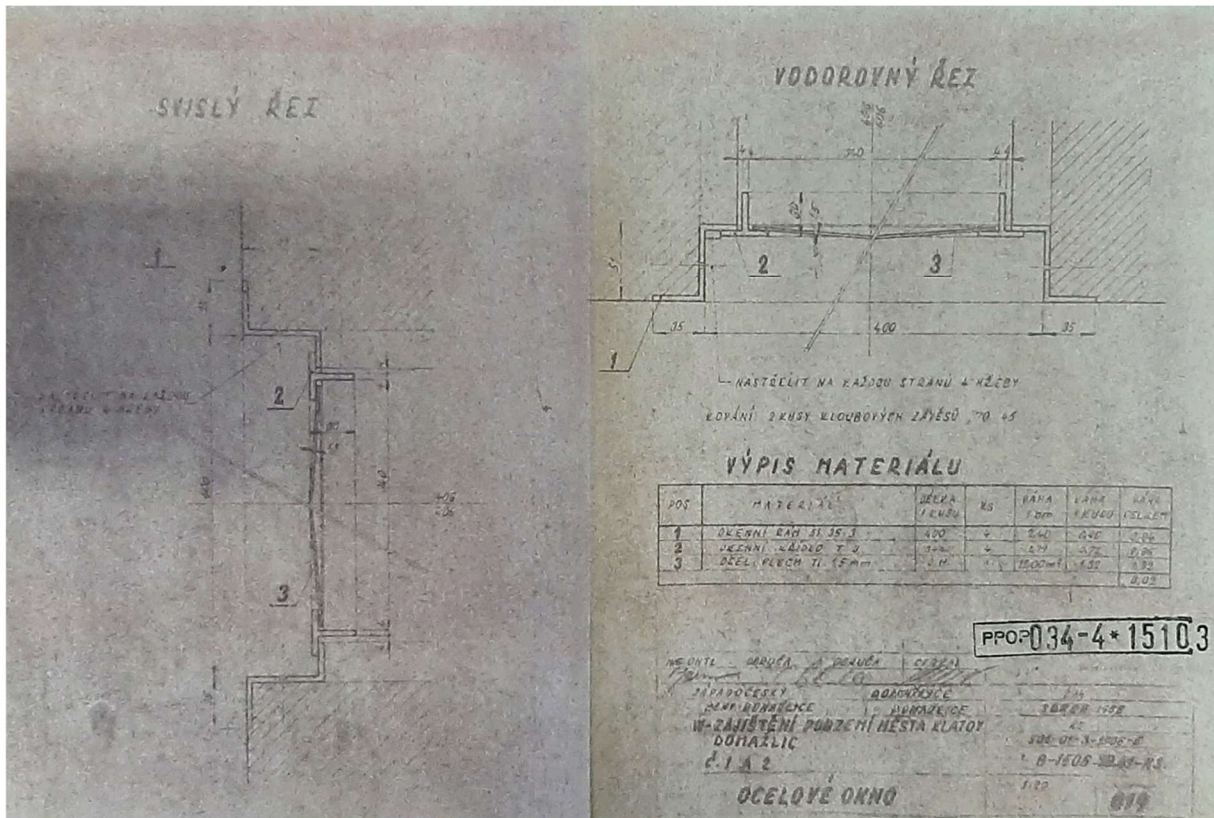


Příloha č. 3: Fotografie výkresu zábradlí a detail madla v měřítku 1 : 2

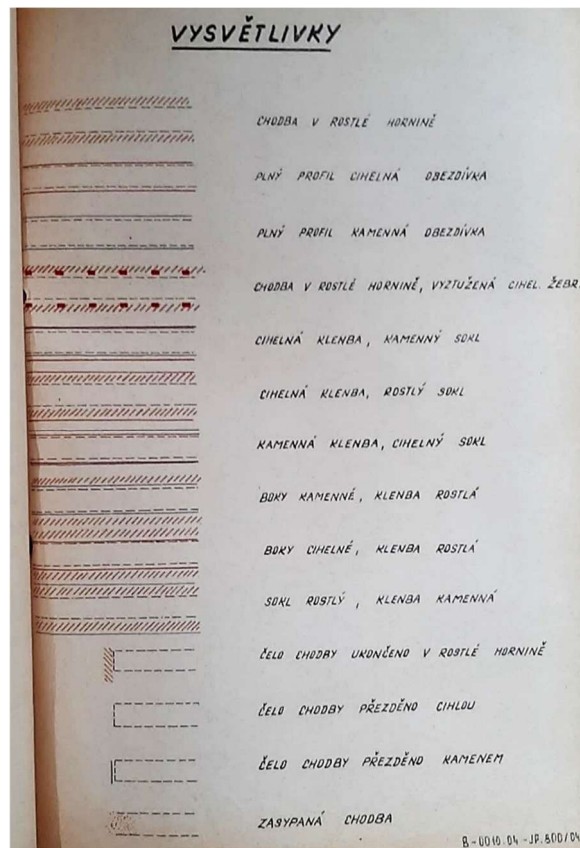




Příloha č. 4: Fotografie výkresu ocelového okna v měřítku 1 : 20



Příloha č. 5: Legenda k situačnímu plánu podzemních prostor stavby I



Příloha č. 6: Texturovaný 3D model



Příloha č. 7: Pohled dovnitř texturovaného 3D modelu (1)



Příloha č. 8: Pohled dovnitř texturovaného 3D modelu (2)



Příloha č. 9: Pohled dovnitř texturovaného 3D modelu (3)



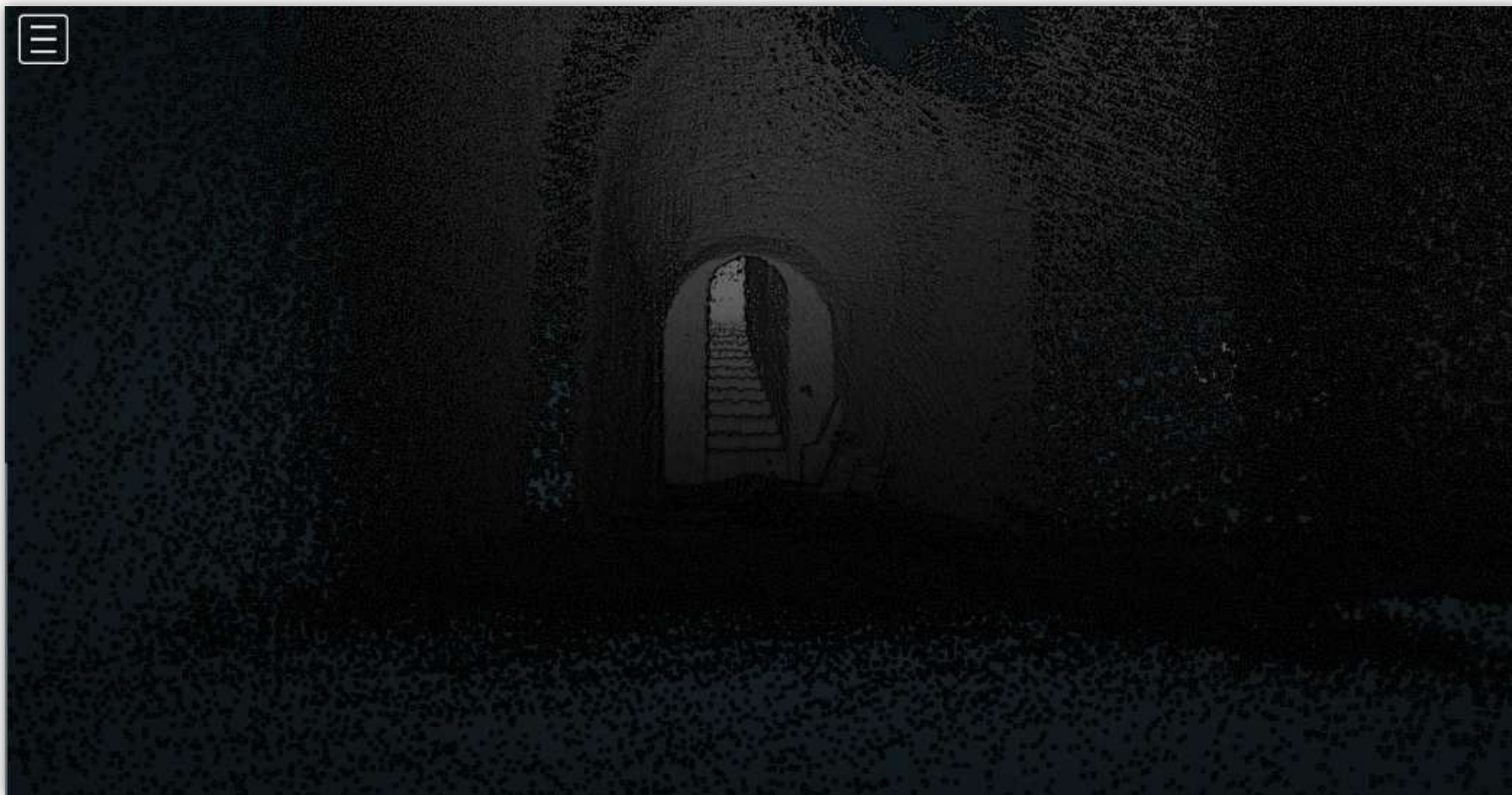
Příloha č. 10: Vizualizace oříznutého mračna bodů pozemního laserového skenování – výchozí pohled



Příloha č. 11: Pohled dovnitř oříznutého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování (1)



Příloha č. 12: Pohled dovnitř oříznutého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování (2)





Příloha č. 13: Vizualizace fotogrammetrického mračna bodů – výchozí pohled



Příloha č. 14: Pohled dovnitř fotogrammetrického mračna bodů



Příloha č. 15: Pohled na celé fotogrammetrické mračno bodů



Příloha č. 16: Náhled na webové stránky s názvem „Domažlické podzemí“ ve webovém prostředí



**Domažlické podzemí**

Úvod Historie Vizualizace systému podzemních chodeb Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb Fotogalerie Kontakt

## Vítejte na webové stránce Domažlické podzemí

Tato webová stránka vznikla v rámci diplomové práce **Využití moderních metod sběru prostorových dat k dokumentaci podzemních chodeb v Domažlicích** na Západočeské univerzitě v Plzni, fakultě aplikovaných věd, katedře geomatiky. Cílem diplomové práce bylo moderními metodami získat prostorová data v podzemních prostorech pod historickým jádrem Domažlic – konkrétně v systému podzemních chodeb pod východní částí nám. Míru a propojit je se získanými informacemi o vzniku, vývoji a současné podobě podzemních prostor.

Dvěma různými metodami – metodou mobilního laserového skenování a metodou blízké fotogrammetrie – byla v systému podzemních chodeb a na části nám. Míru získána prostorová data. Data mobilního laserového skenování byla vizualizována v podobě 3D mračna bodů, které zachycuje celý systém podzemních chodeb včetně části nám. Míru. Avšak vzhledem k *Obecnému nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR)* byl na této webové stránce vizualizován pouze ořezaný systém podzemních chodeb (Vizualizace systému podzemních chodeb). Data blízké fotogrammetrie byla zpracována do podoby barevného 3D mračna bodů, které zachycuje reálnou podobu části systému podzemních chodeb (Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb).

Aby mohly být obě vizualizace i další získané informace zpřístupněny široké veřejnosti, byla vytvořena právě tato webová stránka. V záložce Historie naleznete informace o podzemních prostorech od jejich vzniku, přes historický vývoj a způsob využití (např. během II. světové války), až po jejich současnou polohu a podobu. Tu ve značné míře ovlivnila sanace podzemních prostor ze 70. let minulého století. Dále se zde dozvíte zajímavosti o událostech, které s podzemními prostory souvisejí. Celý text je doprovázen obrazovými materiály. Jsou z něho však vyňaty informace, které by mohly být v nesouladu s *Obecným nařízením o ochraně osobních údajů (GDPR)*. Záložka Vizualizace systému podzemních chodeb odkáže na již zmíněnou vizualizaci systému podzemních chodeb, záložka Reálná vizualizace části systému podzemních chodeb pak na reálnou vizualizaci části systému podzemních chodeb. Dobové a současné fotografie systému podzemních chodeb naleznete v záložce Fotogalerie.

Doufám, že se Vám tato webová stránka bude líbit a poskytne Vám mnoho zajímavých informací o těchto podzemních prostorech.

S pozdravem,  
**Kristýna Císlarová**

---

© Kristýna Císlarová 2023, Západočeská univerzita v Plzni poděkování



## Příloha č. 18: Struktura USB flash disku

Na přiloženém USB flash disku jsou adresáře pojmenované podle kapitol diplomové práce.

- adresář *2\_reseře\_dostupnych\_pramenu* obsahuje adresář s odbornou literaturou ve formátu PDF a adresář s písemnými prameny ve formátu JPG z Národního památkového ústavu, územního odborného pracoviště v Plzni, oddělení dokumentačních fondů a knihovny
- adresář *4\_analyza\_a\_zpracovani\_podkladu\_k\_sanaci\_podzemnich\_prostor* obsahuje adresáře s tabulkami ve formátu PDF týkající se rozdělení a popisu podzemních prostor a finančního rozpočtu sanace podzemních prostor
- adresář *7\_zpracovani\_a\_porovnaní\_ziskanych\_dat* obsahuje adresáře s originálními a výslednými daty a se soubory z průběhu zpracování dat získaných přímými metodami, metodou pozemního mobilního laserového skenování, metodou blízké fotogrammetrie a metodou obrazové korelace
- adresář *8\_porovnaní\_vysledku\_zpracovani* obsahuje soubory z průběhu porovnání laserskenového a fotogrammetrického mračna bodů
- adresář *9\_moznosti\_prezentace* obsahuje adresář s vizualizací celého mračna bodů pozemního mobilního laserového skenování v prohlížeči Potree a adresář se soubory webových stránek
- adresář *obrazky* obsahuje obrázky ve formátu TIFF uvedené v diplomové práci
- adresář *tabulky* obsahuje tabulky ve formátu PDF uvedené v diplomové práci
- adresář *přilohy* obsahuje přílohy ve formátu TIFF uvedené v diplomové práci
- *Cislerova\_DP\_2023.pdf* – text diplomové práce ve formátu PDF