



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební  
Katedra speciální geodézie**

**Nové důlní bodové pole Štoly č. 1 v Jáchymově**

**New Mining Point Field in Gallery no. 1 in Jachymov**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program: Geodézie a kartografie  
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

Vedoucí práce: Ing. Bc. Tomáš Jiřikovský, Ph.D.

**Jan Seidl**

---

**Praha 2017**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Seidl Jméno: Jan Osobní číslo: 396016  
Zadávající katedra: Katedra speciální geodézie  
Studijní program: Geodézie a kartografie  
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Nové důlní bodové pole Štoly č.1 v Jáchymově  
Název bakalářské práce anglicky: New Mining Point Field in Gallery no.1 in Jáchymov  
Pokyny pro vypracování:  
Rekognoskace a vyhledání dostupných podkladů  
Návrh a realizace stabilizací nových bodů  
Zaměření důlního bodového pole  
Připojení do závazných systémů S-JTSK a Bpv  
Výpočty a vyrovnání  
Stanovení výsledných souřadnic bodů a vytvoření geodetických údajů  
  
Seznam doporučené literatury:  
Vyhláška Českého báňského úřadu č. 435/1992 Sb.  
Dostupné archivní zdroje  
  
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.  
Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*  
  
[Redacted Signature] Podpis vedoucího práce [Redacted Signature] Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

[Redacted Signature] Datum převzetí zadání [Redacted Signature] Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Nové důlní bodové pole Štoly č. 1 v Jáchymově“ vytvořil samostatně a veškeré zdroje dat a informací jsem uvedl v použitých zdrojích na konci práce v souladu s Metodickým pokynem č. 1/2009 O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Jan Seidl

.....

.....

## **Poděkování**

Tímto způsobem bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Jiříkovskému, Ph.D. za odborné rady a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Seidlovi, Ph.D. za pomoc se zpracováním GNSS měření a kolegům studentům, hlavně Markétě Kubelové a Michalu Janovskému, za pomoc a trpělivost při měření.



## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá základním důlním bodovým polem Štoly č. 1. Cílem práce je vytvoření, zaměření a připojení bodového pole do závazných systémů SJTSK a Bpv. V rámci práce bylo provedeno zaměření polygonového pořadu, připojení metodou GNSS, zpracování naměřených dat, výpočetní práce s následným vyrovnáním a grafické reprezentování výsledků pomocí geodetických údajů.

## **Klíčová slova**

Polygonový pořad, Štola č. 1, důlní měřictví, geodézie v podzemí, GNSS, prostorová síť, vyrovnání, připojovací měření, velmi přesná nivelace

## **Abstract**

This bachelor's thesis is engaged in fundamental mining point field in Gallery no. 1. The goal of this project is creation, measurement and connection of point field into binding coordinate system S-JTSK and Bpv. Part of this was done using measurement by traverse, connection with the GNSS, data processing, calculation work followed by adjustment and graphical demonstration of results with geodetic data.

## **Key words**

Traverse, No. 1 Gallery, mine surveying, underground survey, GNSS, spatial network, adjustment, connection measurement, high-precision leveling

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>1 ŠTOLA Č. 1</b> .....	<b>8</b>
1.1 HISTORIE HORNICKÉHO MĚSTA JÁCHYMOV .....	8
1.2 ŠTOLA Č. 1 .....	9
<b>2 REKOGNOSKACE A PŘÍPRAVNÉ PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
2.1 REKOGNOSKACE TERÉNU .....	10
2.2 ARCHIVÁLIE .....	11
<b>3 STABILIZACE BODOVÉHO POLE</b> .....	<b>13</b>
<b>4 MĚŘENÍ</b> .....	<b>16</b>
4.1 POLYGONOVÝ POŘAD .....	17
4.2 NIVELACE .....	19
4.3 PŘIPOJOVACÍ MĚŘENÍ GNSS .....	21
<b>5 ZPRACOVÁNÍ A VÝPOČTY</b> .....	<b>22</b>
5.1 ZPRACOVÁNÍ A PŘESNOST NIVELAČNÍCH DAT .....	22
5.2 ZPRACOVÁNÍ DAT GNSS .....	27
5.3 ROZBOR PŘESNOSTI .....	30
5.4 ANALÝZA MĚŘENÝCH DAT PŘED VYROVNÁNÍM .....	32
5.5 REDUKCE DÉLEK .....	38
5.6 TRIGONOMETRICKÉ URČENÍ VÝŠKOVÝCH ROZDÍLŮ .....	39
5.7 VYROVNÁNÍ POLYGONOVÉHO POŘADU .....	41
5.7.1 <i>EasyNet</i> .....	41
5.7.2 <i>GNU Gama-local</i> .....	45
5.8 TESTOVÁNÍ PODLE VYHLÁŠKY Č. 435/1992 Sb. ....	48
<b>6 VÝSLEDKY</b> .....	<b>50</b>
6.1 POROVNÁNÍ SOUŘADNIC PODROBNÝCH BODŮ .....	51
6.2 POROVNÁNÍ SOUŘADNIC Z VYROVNÁNÍ, GNSS A VÝŠEK Z ČSNS .....	51
<b>7 ZÁVĚR</b> .....	<b>52</b>
<b>POUŽITÉ ZDROJE</b> .....	<b>53</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>54</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>55</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>58</b>

# Úvod

Tato bakalářská práce má za cíl vybudování a zaměření nového základního důlního bodového pole Štoly č. 1 ve městě Jáchymov a jeho připojení do závazných systému S-JTSK a Bpv. Hlavní polygonový pořad byl zaměřen pomocí totální stanice Trimble S8HP. Připojovací body byly určeny pomocí statické metody měření GNSS. Připojení a zaměření výškového bodového pole bylo provedeno digitálním nivelačním přístrojem DiNi 12T.

V první kapitole této práce se pojednává o základních informacích o Štole č. 1. Především se jedná o historii hornického města Jáchymov, o počátcích ražby a těžby v Jáchymově, následně o jejím útlumu a dnešním využití štoly.

Ve druhé kapitole je popsána rekognoskace terénu a dohledání dostupných podkladů v archivech. Uvedeny zde jsou dohledané měřické podklady z období zaměřování v rámci ražby štoly, doplněné kopiemi dat, a návrh stabilizace.

Třetí kapitola popisuje stabilizaci a realizaci bodů bodového pole Štoly č. 1. Je zde uveden podrobný seznam všech základních i pomocných bodů, na které bylo měřeno, i se způsobem jejich stabilizace. Seznam je doplněn fotografiemi pro ukázkou způsobu stabilizace.

Čtvrtá kapitola se zabývá všemi činnostmi, které souvisely s měřením a tvoří základ pro další zpracování. Jsou zde uvedeny všechny měřické práce a metody, použité přístroje a popis naměřených dat. Konkrétně se jedná o měření polygonového pořadu, nivelace uvnitř štoly, výškové připojovací měření a polohové připojovací měření statickou metodou GNSS v okolí portálu Štoly č. 1.

V páté kapitole je uveden postup zpracování naměřených dat a jejich následná analýza. Hlavně se jedná o zpracování surových dat do formátu požadovaného programu, jež byly použity pro vyrovnání (EasyNet, Gama – Local), analýzu naměřených veličin a jejich testování. Dále je zde popsán postup zpracování GNSS dat, redukce délek, výpočet převýšení trigonometrickou metodou a porovnání s převýšením z nivelace. V závěru kapitoly je pak popsáno samotné vyrovnání, jedná se hlavně o použité programy a vyrovnání polygonového pořadu.

V závěrečné šesté kapitole jsou uvedeny konečné výsledky. Jedná se o souřadnice základního důlního bodového pole Štoly č. 1 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Na závěr je zde uvedeno porovnání souřadnic podrobných bodů se souřadnicemi určenými v roce 1952.

# 1 Štola č. 1

## 1.1 Historie hornického města Jáchymov

První zmínky, jež se vyskytují o oblasti kolem Jáchymova, pochází z roku 1168, kdy na saské straně Krušných hor dochází k objevu stříbrných rud. V průběhu následujících let, díky zhuštění obchodních cest do Saska, vznikaly na mnoha křižovatkách menší osady, jež se díky objevu stříbra na svazích hor rychle rozrůstaly. Zprvu se místo nazývalo jednoduše Thall („Údolí“), samotné jméno mu bylo přiděleno až později, kdy již probíhalo intenzivní dolování, a to jméno Sankt Joachimsthal („Údolí sv. Jáchyma“). Jeho původ zřejmě spočívá v doplnění zde již existujících saských sídel, která byla pojmenovávána podle svaté rodiny – Annaberg, Maria-berg a Josefstadt.

Roku 1516 se hrabě Štěpán Šlik z Holíče ujímá některých aktivit v oblasti a dochází k nalezení stříbrných žil ve svazích, a jelikož je zde dobrá poloha pro ražbu – blízká přítomnost vody a rozsáhlé lesy, začíná zde s ražbou první žíly jménem Fundgrubner. Je zde vybudována menší osada a celé údolí hrabě pojmenovává Jáchymov, a také zde vzniká nejstarší dochovaná stavba dnešního Jáchymova – špitální kostel Všech svatých.

Od té doby se město rozrůstalo a rod Šliků velice rychle bohatl. Toto období končí roku 1600, kdy se uzavírá hlavní období těžby stříbrných rud a začíná doba těžby barevných kovů. Do tohoto roku zde bylo vytěženo přibližně 307 tun stříbra a v následujícím období dochází k celkovému úpadku města i těžby. Díky situaci po Bílé hoře byl Jáchymov roku 1636 rekatolizován a nepřizpůsobiví obyvatelé byli vystěhováni, přičemž většina odešla do sousedního Saska. Po této době se těžba ustálila, stále se zde těžilo stříbro a další drahé kovy, včetně uranu, jež objevil roku 1789 německý chemik Klaproth v hlušině s obsahem smolince z jáchymovských dolů.

Podobný ohlas se opět objevil v roce 1898, kdy byl z Jáchymova odeslán manželům Curieovým náklad 10 tun louhovaných odpadů po výrobě uranových barev, z kterých vyrobili 120 miligramů nového prvku radia a o Jáchymovské doly se rozrostl velký zájem. V období první republiky je zde založen radiologický ústav a dochází k prvním léčením pomocí radioaktivních lázní, pokračuje těžba radia a uranu, ale z finančního pohledu se stává těžba víc a víc nevýhodná. Během protektorátu a následně v období Československé republiky byla těžba orientována hlavně na uran, jenž sloužil k jaderným testům jak Třetí říše, tak později Sovětského svazu. V oblasti Jáchymova bylo zřízeno několik pracovních táborů, kam byli posíláni hlavně političtí vězni,

a ti zde pracovali v dolech. V rámci zvýšení těžby docházelo k ražení nových šachet a štol, ke kterým patřila roku 1952 i Štola č. 1, jejíž ražba skončila koncem roku 1953.

Během posledních 30 let docházelo k útlumu těžby kromě nejstaršího uranového dolu na světě Svornost, který byl opraven, a v dnešní době se zde těží radioaktivní voda pro lázeňství [10].

## 1.2 Štola č. 1

Štola č. 1 je nepřilíh rozlehlé podzemní dílo v Karlovarském kraji, necelých 20 km severně od Karlových varů ve městě Jáchymov. Samotná štola je umístěna ve vrchní části města, přibližně 100 m od těžní věže dolu Svornost. Zeměpisné souřadnice portálu jsou podle [1]  $50^{\circ} 22' 15''$  N,  $12^{\circ} 54' 37''$  E.

Štola je tvořena hlavním tunelem, dlouhým přibližně 300 m, jenž se po necelých 200 metrech rozděluje. Doleva jdou dvě odbočky, jež propojovaly Štolu č. 1 se štolou Vysoká jedle, oba tyto tunely jsou v dnešní době zabetonovány a jsou nepřístupné. Doprava pak odbočuje tunel, jenž asi po 60 m míjí komín do štoly Vysoká jedle, jenž je v dnešní době zasypaný, tunel pak pokračuje i dále, ale daná oblast je nepřístupná a u komína se nachází bariéry zabráňující vstupu.

Roku 2005 skončil pronájem štoly Spolkem Barbora ústí Štoly č. 1 a po dohodě s vedením města přešlo užívání areálu na krajské Muzeum Sokolov, jež štolu zrekonstruovalo, a od té doby je přístupná veřejnosti společně s budovou Hornického muzea Jáchymov, umístěného u parkovišti pod portálem Štoly č. 1.



Obr. 1 - Umístění Štoly č. 1 [1]

## 2 Rekognoskace a přípravné práce

### 2.1 Rekognoskace terénu

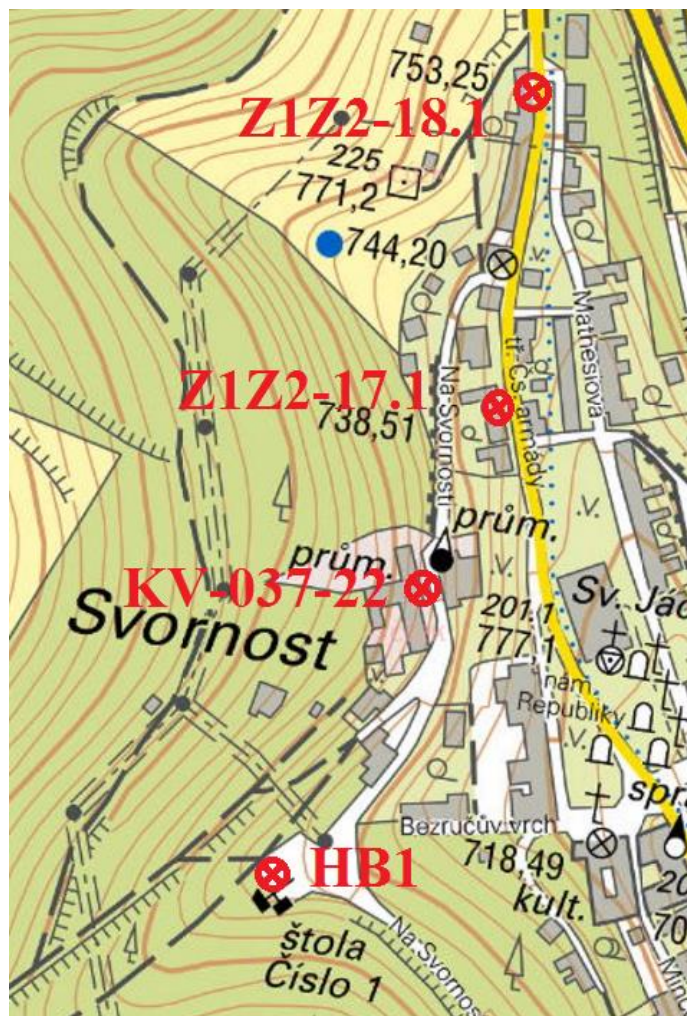
Před samotným měřením bylo nutno provést rekognoskaci terénu, jež proběhla dne 12.12.2016. Hlavním úkolem bylo prozkoumání vnitřních částí Štoly č. 1 a nalezení vhodných lokalizací pro bodové pole. Důraz se zde bral hlavně na hledání míst pro stropní stabilizace, a to z důvodu, že se po celé délce vstupního tunelu táhnou koleje, a proto by nebylo použití zemních stabilizací nejvhodnější, jak už z důvodu špatné dostupnosti přes pražce kolejí, tak z důvodu podloží nevhodného pro zemní stabilizaci. Zároveň se zde předpokládalo i umístění několika nivelačních značek pro dlouhodobě stabilní výškové bodové pole. Pro tato umístění byl brán zřetel hlavně na možnost umístění nivelační latě nad bod, tudíž místa, která vyčnívají a mají nad sebou dostatek místa, ale současně je na nich malá šance poničení značky nevhodným přístupem návštěvníků štoly, a na vhodné umístění pro případné navazující práce ve štole.

Kromě umístění bodového pole v samotné štole byla rekognoskace zaměřena i na prozkoumání okolí a na možnosti polohového a výškového připojení. Před rekognoskací byly na Geoportálu ČÚZK<sup>1</sup> nalezeny geodetické údaje o nejbližších bodech ČSNS a polohového bodového pole. Během rekognoskace pak byly nalezené body prozkoumány a bylo rozhodnuto, zda se využijí v rámci našeho měření, či nikoliv. Zároveň zde bylo nalezeno několik bodů, které jsou vedeny v rámci databáze ČÚZK, ale v období rekognoskace byly dané body zničeny.

V rámci přípravy bylo rozhodnuto o umístění čtyř stropních stabilizací, jedné trnové a dvou nivelačních značek pro bodové pole uvnitř štoly. Zároveň bylo rozhodnuto o připojení do ČSNS pomocí velmi přesné nivelace na bod KV-037-22, jenž je umístěn na nedaleké budově dolu Svornost, a bude ověřen ze 2 okolních bodů (Z1Z2-18, Z1Z2-17.1). Pro polohové připojení nám poslouží 2 body určené pomocí statické metody GNSS a orientace na zhušťovací bod č. 201.1, který je umístěn ve středu makovice nedalekého kostela sv. Jáchyma na náměstí Republiky.

---

<sup>1</sup> Český úřad zeměměřický a katastrální



Obr. 2 - Rozložení bodů ČSNS a hlavního výškového bodu HVB1 [1]

Stabilizace základního důlního bodového pole uvnitř Štoly č. 1 a bodů vnějšího připojovacího pole je samostatně zpracována v kapitole 3 Stabilizace bodového pole.

## 2.2 Archiválie

Kromě rekognoskace v terénu bylo před samotným měřením uskutečněno bádání za účelem nalezení a prozkoumání starých měřických knih, případně mapových podkladů, jež by posloužily k dohledání dříve stabilizovaných měřických bodů nebo jako obrazový podklad pro volbu umístění bodů bodového pole. Toto bádání bylo provedeno nejprve v Archivu DIAMO (adresa Areál šachty 15, Příbram – Brod), jenž se zabývá archivací dokumentace důlních děl, ale bohužel se zde nedokázaly dohledat patřičné podklady, neboť žádný ze zde uchovávaných nebyl vztažen přímo k oblasti Štoly č. 1.

V průběhu stabilizace bodového pole se však podařilo od závodního dolu Svornost



Ing. Pihery vypůjčit u nich nalezené podklady. Jednalo se o teodolitický zápisník z roku 1952, ve kterém byl nalezen záznam měření ze Štoly č. 1 a ze štoly Vysoká Jedle, a výpočetní kniha souřadnic polygonových pořadů, uvnitř které byl nalezen záznam o výpočtu polygonu nalezeného v teodolitickém zápisníku.

*knihovna vypočet. polygonů*

Výpočet souřadnic bodů polygonových pořadů 11

Číslo řádku	Bod	Úhly a úhelné významy		Jednoty σ	Střední σ	sin α cos α	Souřadnice stranové a ucelkové		Σ Σ	Σ Σ
		1	2				3	4		
1	1	100	0	0	0	1	0	0	0	0
2	2	100	0	0	0	1	0	0	0	0
3	3	100	0	0	0	1	0	0	0	0
4	4	100	0	0	0	1	0	0	0	0
5	5	100	0	0	0	1	0	0	0	0
6	6	100	0	0	0	1	0	0	0	0
7	7	100	0	0	0	1	0	0	0	0
8	8	100	0	0	0	1	0	0	0	0
9	9	100	0	0	0	1	0	0	0	0
10	10	100	0	0	0	1	0	0	0	0
11	11	100	0	0	0	1	0	0	0	0
12	12	100	0	0	0	1	0	0	0	0
13	13	100	0	0	0	1	0	0	0	0
14	14	100	0	0	0	1	0	0	0	0
15	15	100	0	0	0	1	0	0	0	0
16	16	100	0	0	0	1	0	0	0	0
17	17	100	0	0	0	1	0	0	0	0
18	18	100	0	0	0	1	0	0	0	0
19	19	100	0	0	0	1	0	0	0	0
20	20	100	0	0	0	1	0	0	0	0
21	21	100	0	0	0	1	0	0	0	0
22	22	100	0	0	0	1	0	0	0	0
23	23	100	0	0	0	1	0	0	0	0
24	24	100	0	0	0	1	0	0	0	0
25	25	100	0	0	0	1	0	0	0	0
26	26	100	0	0	0	1	0	0	0	0
27	27	100	0	0	0	1	0	0	0	0
28	28	100	0	0	0	1	0	0	0	0
29	29	100	0	0	0	1	0	0	0	0
30	30	100	0	0	0	1	0	0	0	0
31	31	100	0	0	0	1	0	0	0	0
32	32	100	0	0	0	1	0	0	0	0
33	33	100	0	0	0	1	0	0	0	0
34	34	100	0	0	0	1	0	0	0	0
35	35	100	0	0	0	1	0	0	0	0
36	36	100	0	0	0	1	0	0	0	0
37	37	100	0	0	0	1	0	0	0	0
38	38	100	0	0	0	1	0	0	0	0
39	39	100	0	0	0	1	0	0	0	0
40	40	100	0	0	0	1	0	0	0	0
41	41	100	0	0	0	1	0	0	0	0
42	42	100	0	0	0	1	0	0	0	0
43	43	100	0	0	0	1	0	0	0	0
44	44	100	0	0	0	1	0	0	0	0
45	45	100	0	0	0	1	0	0	0	0
46	46	100	0	0	0	1	0	0	0	0
47	47	100	0	0	0	1	0	0	0	0
48	48	100	0	0	0	1	0	0	0	0
49	49	100	0	0	0	1	0	0	0	0
50	50	100	0	0	0	1	0	0	0	0
51	51	100	0	0	0	1	0	0	0	0
52	52	100	0	0	0	1	0	0	0	0
53	53	100	0	0	0	1	0	0	0	0
54	54	100	0	0	0	1	0	0	0	0
55	55	100	0	0	0	1	0	0	0	0
56	56	100	0	0	0	1	0	0	0	0
57	57	100	0	0	0	1	0	0	0	0
58	58	100	0	0	0	1	0	0	0	0
59	59	100	0	0	0	1	0	0	0	0
60	60	100	0	0	0	1	0	0	0	0
61	61	100	0	0	0	1	0	0	0	0
62	62	100	0	0	0	1	0	0	0	0
63	63	100	0	0	0	1	0	0	0	0
64	64	100	0	0	0	1	0	0	0	0
65	65	100	0	0	0	1	0	0	0	0
66	66	100	0	0	0	1	0	0	0	0
67	67	100	0	0	0	1	0	0	0	0
68	68	100	0	0	0	1	0	0	0	0
69	69	100	0	0	0	1	0	0	0	0
70	70	100	0	0	0	1	0	0	0	0
71	71	100	0	0	0	1	0	0	0	0
72	72	100	0	0	0	1	0	0	0	0
73	73	100	0	0	0	1	0	0	0	0
74	74	100	0	0	0	1	0	0	0	0
75	75	100	0	0	0	1	0	0	0	0
76	76	100	0	0	0	1	0	0	0	0
77	77	100	0	0	0	1	0	0	0	0
78	78	100	0	0	0	1	0	0	0	0
79	79	100	0	0	0	1	0	0	0	0
80	80	100	0	0	0	1	0	0	0	0
81	81	100	0	0	0	1	0	0	0	0
82	82	100	0	0	0	1	0	0	0	0
83	83	100	0	0	0	1	0	0	0	0
84	84	100	0	0	0	1	0	0	0	0
85	85	100	0	0	0	1	0	0	0	0
86	86	100	0	0	0	1	0	0	0	0
87	87	100	0	0	0	1	0	0	0	0
88	88	100	0	0	0	1	0	0	0	0
89	89	100	0	0	0	1	0	0	0	0
90	90	100	0	0	0	1	0	0	0	0
91	91	100	0	0	0	1	0	0	0	0
92	92	100	0	0	0	1	0	0	0	0
93	93	100	0	0	0	1	0	0	0	0
94	94	100	0	0	0	1	0	0	0	0
95	95	100	0	0	0	1	0	0	0	0
96	96	100	0	0	0	1	0	0	0	0
97	97	100	0	0	0	1	0	0	0	0
98	98	100	0	0	0	1	0	0	0	0
99	99	100	0	0	0	1	0	0	0	0
100	100	100	0	0	0	1	0	0	0	0

Obr. 3 - Výpočet polygonového pořadu [2]

Stavová Výška stopy	Začítání bod délky	Položka datokohle				Příměr	Vrcholový úhel
		I	II	III	IV		
1	1	100	0	0	0	1	0
2	2	100	0	0	0	1	0
3	3	100	0	0	0	1	0
4	4	100	0	0	0	1	0
5	5	100	0	0	0	1	0
6	6	100	0	0	0	1	0
7	7	100	0	0	0	1	0
8	8	100	0	0	0	1	0
9	9	100	0	0	0	1	0
10	10	100	0	0	0	1	0
11	11	100	0	0	0	1	0
12	12	100	0	0	0	1	0
13	13	100	0	0	0	1	0
14	14	100	0	0	0	1	0
15	15	100	0	0	0	1	0
16	16	100	0	0	0	1	0
17	17	100	0	0	0	1	0
18	18	100	0	0	0	1	0
19	19	100	0	0	0	1	0
20	20	100	0	0	0	1	0
21	21	100	0	0	0	1	0
22	22	100	0	0	0	1	0
23	23	100	0	0	0	1	0
24	24	100	0	0	0	1	0
25	25	100	0	0	0	1	0
26	26	100	0	0	0	1	0
27	27	100	0	0	0	1	0
28	28	100	0	0	0	1	0
29	29	100	0	0	0	1	0
30	30	100	0	0	0	1	0
31	31	100	0	0	0	1	0
32	32	100	0	0	0	1	0
33	33	100	0	0	0	1	0
34	34	100	0	0	0	1	0
35	35	100	0	0	0	1	0
36	36	100	0	0	0	1	0
37	37	100	0	0	0	1	0
38	38	100	0	0	0	1	0
39	39	100	0	0	0	1	0
40	40	100	0	0	0	1	0
41	41	100	0	0	0	1	0
42	42	100	0	0	0	1	0
43	43	100	0	0	0		



### 3 Stabilizace bodového pole

Základní polohové bodové pole ve Štoli č. 1 bylo realizováno pomocí mosazných hřebových značek, jež mají kulovitý odšroubovatelný vrchlík, v němž je vyvrtaná dírka, která slouží jak pro přesnou centraci, tak pro protažení šňůrky olovnice nebo závěsného hranolu. Tyto body jsou umístěny v ose ražené štoly na stropě, kam byly vyvrtány vrty do skály a stabilizovány pomocí chemické kotvy Soudal (SOUDAFIX P-300 SF). Problém zde nastal s bodem 503, jenž po zatuhnutí lepidla měl stále lehce vůli, a byl proto zajištěn ještě pomocí malých klínků, aby nedošlo k jeho porušení. Zároveň byl ve štoli stabilizován další polohový bod č. 7001 pomocí mosazené trnové značky umístěné na konci hlavní razicí štoly. Bod je umístěn ve stěně tunelu, přibližně ve výšce 2 metrů a slouží pro nasazení odrazeného hranolu nebo tunelového terčíku.

Číslování bodů je voleno od portálu štoly dovnitř. Počáteční bod č. 500 je umístěn asi 10 m před portálem Štoly č. 1 a je stabilizován pomocí vyvrtané dírky do hlavy svěrkového šroubu kolejnice. Tento bod je zajištěn pomocí 3 bodů, které jsou umístěny v okolí. Bod 4001 se nachází na krajnici silnice a je stabilizován měřickým hřebem. Bod 4002 je stabilizován pomocí dírky v železném prutu, umístěném u potůčku před portálem, a bod 4003 pomocí odrazného štítku na rámu okna nedaleké budovy Muzea Sokolov. Schéma umístění jednotlivých bodů je znázorněno na obrázku (Obr. 5). Druhý bod pořadu č. 501 je umístěn přibližně 100 m od bodu č. 500 uvnitř štoly, stabilizace vnitřních bodů byla popsána výše, body č. 502 a 503 jsou umístěny na větveních štoly a poslední bod č. 504 je umístěn pod komínem do vrchních pater. Tyto body jsou zároveň označeny pro orientaci na šroubovacím vršku hřebu čísly 1, 2, 3 a 4. Přesné umístění a zakreslení polohy bodů je v příložených geodetických údajích k jednotlivým bodům.



Obr. 5 - Schéma zajišťovacích bodů kolem bodu 500 [4]

Společně se stabilizací polohového bodového pole bylo stabilizováno i pole výškové. V rámci stabilizace byly vytvořeny 2 nové body, jedná se o nový bod HVB1, který je umístěn přímo u portálu Štoly č. 1, po levé straně přibližně 50 cm nad zemí. Osazen je litinovou čepovou značkou a slouží jako výchozí bod pro výškové měření uvnitř štoly. Druhý výškový bod VB2 je umístěn na větvení poblíž bodu č. 503, jedná se o malou čepovou nivelační značku z nerezové oceli ve výšce 30 cm nad zemí a slouží k připojení výškových prací ve vzdálenějších částech štoly. Oba dva body byly stabilizovány stejnými metodami jako body polohového pole uvnitř štoly.



Obr. 6 - Stabilizace bodu č. 500



Obr. 8 - Stabilizace bodu VB2



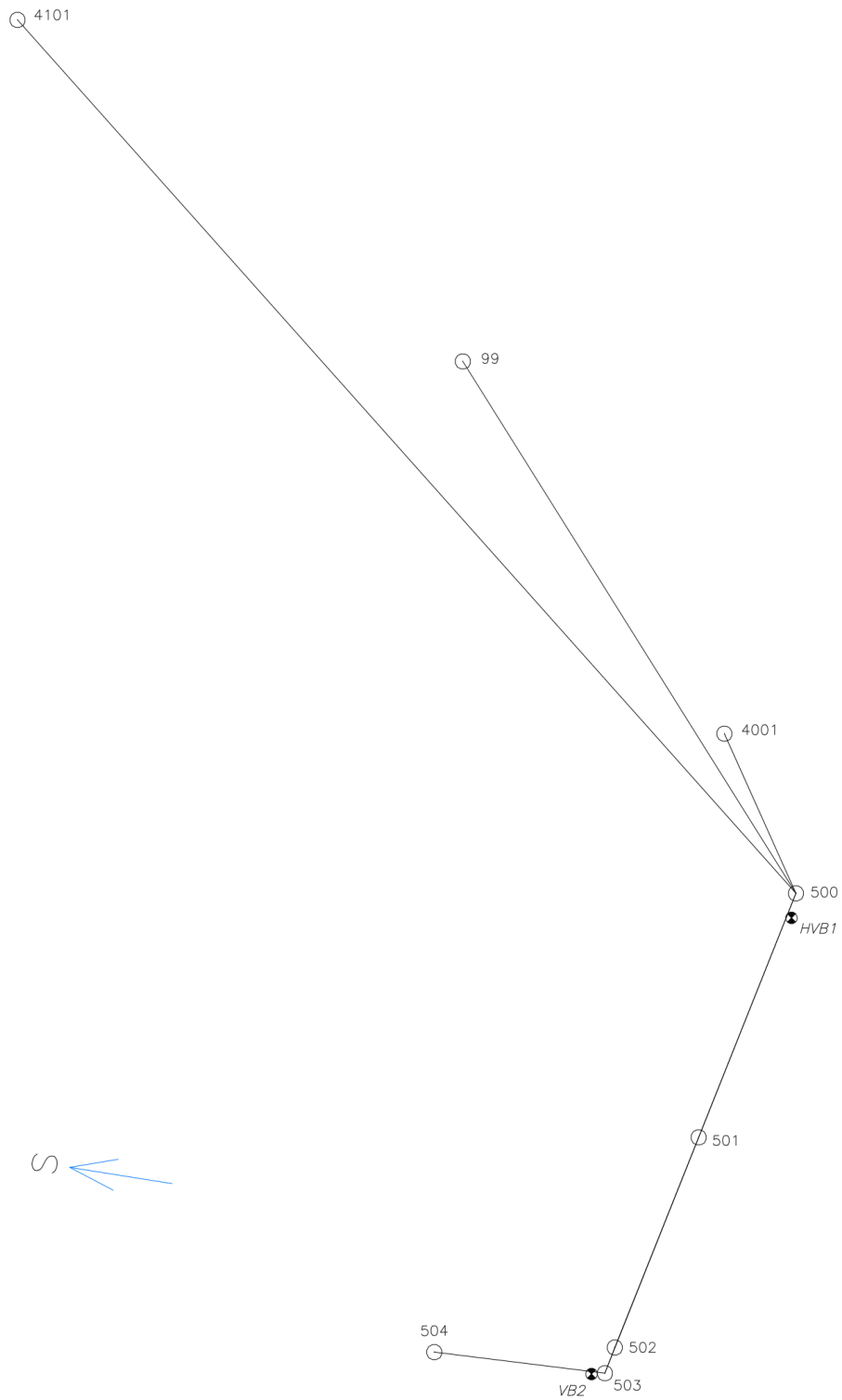
Obr. 7 - Stropní stabilizace bodu č. 503



Obr. 9 - Stabilizace bodu HVB1

Body	Způsob stabilizace
501, 502, 503, 504	Stropní hřbová značka
500, 4002	Důlek v kolejnici / ocelovém prutu
7001	Trn ve stěně
HVB1, VB2	Čepová nivelační značka
4003	Odrazný štítek
4002	Měřický hřeb

Tab. 1 - Způsob stabilizace měřených bodů



Obr. 10 - Schéma hlavních bodů polygonu, připojovacích a výškových bodů v prostorách štoly a na povrchu

## 4 Měření

V následujících podkapitolách jsou uvedeny všechny použité postupy a metody týkající se polohového a výškového měření ve Štole č. 1 a jejím okolí. Jedná se hlavně o práce spojené s měřením polygonového pořadu a s jeho připojením do závazných systémů S-JTSK<sup>2</sup> a Bpv<sup>3</sup>. V Tab. 2 jsou uvedeny základní informace o měření a použitých pomůckách, včetně parametrů přístrojů a jejich výrobních čísel.

<b>Měření polygonového pořadu a připojovací měření</b>	
Datum měření	6., 7. a 8. 4. 2017
Přístroj	Totální stanice Trimble S8 HP (v.č. 98111877) Přesnost udávaná výrobcem: $\sigma_{\varphi} = 0,3$ mgon a $\sigma_d = 0,8$ mm + 1 ppm
Pomůcky	6x stativ, 3x hranol Trimble VX, 3x minihranol Leica GMP-101, 2x minihranol Leica GMP-111, závěsný všesměrový minihranol Trimble, barometr, teploměr
Počasí	Uvnitř štoly konstantní teplota 7-8 °C, tlak 929-932 hPa Mimo štolu teplota 10 °C, bezvětří, tlak 935 hPa
<b>Nivelace</b>	
Datum měření	7. a 8. 4. 2017
Přístroj	Trimble DiNi 12T (v.č. 701 882)
Pomůcky	Pár invarových latí 2 m a 3 m, nivelační stativ, 2x těžká nivelační podložka, příložná krabicová libela, odměřovací kolečko, pásmo
Počasí	Uvnitř štoly teplota 7-8 °C Mimo štolu 9-11 °C
<b>GNSS observace na bodech 4101, 500, 4001</b>	
Datum měření	8. 4. 2017
Přístroj	2x Přijímač GNSS Trimble GeoXR (v.č. 5143409826, v.č. 51434092829) + 2x anténa Zephyr – Model 2 (v.č. 4811118235, v.č. 5411118267)
Pomůcky	2x stativ, barometr, teploměr
Počasí	Teplota 10 °C, lehce zataženo, tlak 935 hPa

Tab. 2 - Technické údaje o měření

<sup>2</sup> Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální

<sup>3</sup> Výškový systém baltský po vyrovnání

## 4.1 Polygonový pořad

Zaměřovaný polygonový pořad se skládá celkem z 5 základních stabilizovaných bodů. V rámci jeho měření došlo i k zaměření 4 bodů zajišťovacích a k zaměření 15 podrobných bodů, jedná se především o původní body stabilizované v období ražby a o body dočasně stabilizované pro 3D skenování, jež proběhlo společně s měřením polygonu, ale není v této práci zpracováváno. Jelikož je Štola č. 1 poměrně malé důlní dílo, bylo rozhodnuto o měření polygonu ve třech skupinách s uzávěrem a o zaměření podrobných bodů v jedné skupině. Jako stanoviska posloužily body základního bodového pole (500-504), z kterých byla měřena osnova na všechny viditelné body.

Jelikož bylo záměrem určovat převýšení mezi body nejenom pomocí geometrické nivelace, ale i trigonometrické, byl brán velký zřetel na určování výšek stanoviska a cíle. Na bodě 500 bylo využito speciální pomůcky pro určování výšek přístroje od firmy Leica, jež umožňuje přesné určení výšky. Zároveň zde ale bylo potřeba brát v potaz, že se jedná o stabilizaci ve svěrkovém šroubu jednokolejky, a tudíž výška přístroje určená tímto způsobem a pomocí nivelace bude vztažena k okraji šroubu, a ne k samotnému důlku jako v případě cílení na minihranol na výtyčce. Po konzultaci s Ing. Tomášem Jiřikovským, Ph.D. byla stanovena hodnota 2 mm na opravu tohoto rozdílu, stejný postup pak byl aplikován i u bodů 4001 a 4002. Bohužel měřítka od firmy Leica není možné využít pro určování záporných výšek, které byly z důvodu stropní stabilizace bodů základního bodového pole u všech jeho bodů. K určení těchto výšek byla využita podložka o konstantní výšce, jež se umístila do trojnožky a z ní pak byla měřena výška nezávisle dvěma způsoby (měření metrem a pomocí laserového dálkoměru – Disto). Výsledná výška pak byla stanovena jako průměr z jednotlivých hodnot a opravena o výšku použité destičky a výšky totální stanice, či odrazeného hranolu. Rozdíly byly zároveň použity pro určení směrodatné odchylky výšky přístroje a cíle, která byla potřebná k určení mezních výškových uzávěrů v měřených trojúhelnících.

Počáteční bod pořadu je bod 500, který je umístěn před portálem štoly. K orientaci zde posloužil zhušťovací bod 201.1 umístěný ve středu makovice nedalekého kostela sv. Jáchyma, připojení pak proběhlo na body 4101 a 4001, jelikož však byl i bod 500 zaměřený statickou metodou GNSS a pro vyrovnání byl považován za pevný, vyloučila se observace na bodě 4001 z výpočtu z důvodu měření pouze jedné observace. Posledním bodem pořadu je pak bod 504, který

je umístěn u paty komína do vyšších pater a není orientovaný, tudíž se při výpočtech bere polygonový pořad jako volný.

Veškeré měření ve štole proběhlo pomocí přístroje Trimble S8 HP (Obr. 11), který je ve vlastnictví Katedry speciální geodzie. Přístroj je vybaven funkcí AUTOLOCK a FINELOCK, které vyhledávají a sledují nejsilnější návratový signál dálkoměru, a díky tomu jsou schopny lokalizovat přesnou polohu odraženého hranolu i v horších viditelných podmínkách a na velké vzdálenosti. Funkce FINELOCK je pro hledání cíle lepší, ale nefunguje na kratší záměry, pro které pak bylo třeba použít funkci AUTOLOCK. Obě tyto funkce byly využity při všech měřeních, kromě měření na bod 4001 a 201.1, jelikož se jedná o odrazný štítek a střed makovice, a proto bylo nutné na ně docílit ručně. Z tohoto důvodu pak bylo u nich nutno počítat i s odlišným vlivem chyby v cílení, která byla aplikována zhoršením přesnosti pro vyrovnání jednotlivých měřených veličin na tyto body. Tento vliv byl uvažován při vytváření matice vah pro vstup do vyrovnání.



*Obr. 11 - Totální stanice Trimble S8 HP*



## 4.2 Nivelace

Vzhledem k požadavku na určení nadmořských výšek bodů základního důlního bodového pole bylo kromě určení převýšení pomocí trigonometrické nivelace použito i měření pomocí geometrické nivelace ze středu. Pro měření bylo rozhodnuto o využití metody velmi přesné nivelace, jež svojí přesností splňuje požadavky na přesnost pro měření pořadů II. řádu. Pro měření uvnitř štoly byla zvolena metoda měření záměr ZZPP (Z – zpět, P – vpřed), jelikož každý z bodů polygonového pořadu bylo třeba zaměřovat inverzně, tudíž byla lať držena vzhůru nohama, a nebylo by možné zajistit pevnou pozici latě při měření klasickou metodou ZPPZ, která byla využita při měřeních mimo štoly. Zároveň zde byl brán ohled na metodický postup velmi přesné nivelace definovaný v publikaci *Metodický návod pro práce v základním výškovém bodovém poli* vydávané ZÚ<sup>4</sup> [8].

V rámci hlavního polygonového pořadu byla proměřena převýšení mezi jednotlivými posobě jdoucími body, jedná se o oddíly 500-HVB1, HVB1-501, 501-502, 502-503, 503-VB2 a VB2-504. Mezi body 500-501 a 503-504 nebylo převýšení určeno přímo, neboť pořad vedl kolem bodu základního výškového pole, byl proto na něj sveden a na další bod se pokračovalo z něj. Zároveň mezi body 500, 4002 a HVB1 byla proměřena síť pro lepší stabilizaci a kontrolu převýšení v síti. Tato mikrosíť byla zaměřena pomocí obou párů latí, jak dvoumetrových, které byly využity pro všechna měření v podzemí, tak pomocí třímetrových, které byly využity pro přípojovací měření na povrchu.

Jelikož se portál Štoly č. 1 nachází přibližně 7 m nad úrovní přilehlé silnice, byl pod svahem použit pomocí ocelového šroubu u kolejnice dočasně stabilizovaný bod VB3, který byl výškově navázán měřením na bod HVB1. Z bodu VB3 pak byl přes další stabilizovaný bod 4001 veden pořad k nedalekému nivelačnímu bodu na dole Svornost, jenž měl posloužit k hlavnímu výškovému připojení Štoly č. 1.

Během samotného měření bylo z důvodu používání 2 latí dbáno na záměnu počáteční latě při měření tam a zpět a zároveň byly hned v terénu kontrolovány mezní rozdíly mezi měřeními tam a zpět, které jsou pro nivelaci II. řádu stanoveny hodnotou ze vzorce [8]

$$\Delta_{mez\ II.\text{řad}} = 2,25 \cdot \sqrt{R} \quad (4.1)$$

kde  $R$  ... je délka oddílu v kilometrech

---

<sup>4</sup> Zeměměřický úřad

Ověření stability nivelačního bodu KV-037-22 (dále jen nivelační bod Svornost) bylo provedeno z bodů Z1Z2-18 a Z1Z2-17.1. V rámci ověření se ale vyskytly komplikace při porovnávání mezi měřeným převýšením a převýšením z údajů na portálu ČÚZK, z tohoto důvodu byl kontrolně zaměřen i oddíl mezi body 17.1 a 18, který ale taktéž nevyšel. Celkový součet převýšení v tomto trojúhelníku ale nabývá nulových hodnot, z čehož lze vyvodit správnost nivelace a nekorrektnost uvedených nadmořských výšek v systému Bpv na portále ČÚZK. Pro řešení tohoto problému bylo využito měření GNSS na bodech 500, 4001 a 4101. Zpracování a způsob řešení je popsán v kapitole 5.2 Zpracování dat GNSS.

Pro druhý způsob určení převýšení byla zvolena trigonometrická nivelace a bylo k ní použito měření z polygonového pořadu přístrojem Trimble S8 HP. Tímto způsobem se určilo převýšení mezi body polygonového pořadu a postup měření je rozebrán v předešlé kapitole 4.1 Polygonový pořad.



*Obr. 12 - Nivelační přístroj Trimble DiNi 12T*



### 4.3 Připojovací měření GNSS

Pro připojení polygonového pořadu do závazného souřadnicového systému S-JTSK byla zvolena metoda GNSS<sup>5</sup> měření. Observace byla provedena na 3 bodech. První bod 4101 se nacházel na protilehlé stráni od vstupního portálu Štoly č. 1. Na tomto bodě byla provedena dvakrát jednohodinová observace a v období mezi observacemi byl bod zaměřen v rámci měření polygonového pořadu z bodu 500. Druhým bodem pro observaci byl zvolen bod 4001, který se nacházel na krajnici silnice pod portálem štoly. Na něm byla provedena pouze jedna hodinová observace a bude sloužit pouze jako opěrný bod pro vyrovnání. Třetím bodem pak je počáteční bod polygonového pořadu, bod 500, jenž byl umístěn před portálem. Byla zde měřena třikrát hodinová observace a oba tyto body byly oproti bodu 4101 pevně stabilizovány. Pro GNSS připojení bylo použito dvou přijímačů Trimble GeoXR a k nim byly použity dvě antény Trimble Zephyr – Model 2.



Obr. 13 - Observace na bodě 4001

---

<sup>5</sup> Global Navigation Satellite System

## 5 Zpracování a výpočty

### 5.1 Zpracování a přesnost nivelačních dat

Před samotným zpracováním nivelačních dat bylo potřeba určit skutečnou délku laťového metru a zavést opravu z vlivu teplotní roztažnosti. Použité nivelační latě jsou na bázi invarového pásku, tudíž podléhají teplotní roztažnosti minimálně, ale z důvodu použití velmi přesné nivelace ji nelze opomenout.

Oprava z vlivu teplotní roztažnosti se určuje pomocí koeficientu teplotní roztažnosti invaru a rozdílu teplot mezi kalibrací, při níž se určuje skutečná délka laťového metru, a teplotou v době měření. Kalibrace nivelačních latí nebyla v rámci této bakalářské práce prováděna a data z ní byla převzata z diplomové práce – *Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly Josef* [5] Ing. Davida Hanouska, který provedl kalibraci v roce 2016 pro všechny použité latě, kromě třímetrové latě č. 15915, jejíž hodnoty z kalibrace byly převzaty z dřívějších let. Jelikož byly během měření dodržovány postupy a metodiky pro velmi přesnou nivelaci a docházelo při něm k záměně počáteční latě pořadů tam a zpět, není potřeba opravovat každé jednotlivé měření, ale lze opravit celkové převýšení s využitím zprůměrované délky laťového metru pro pár latí zjištěný během kalibrace. Výsledné hodnoty délky laťového metru pro jednotlivé latě i zprůměrované nalezneme v Tab. 3.

	v. č. latě	Laťový metr měřeny	Laťový metr pro jednu lať	Laťový metr pro pár latí ( $\alpha$ )
2 m	10322	0,999998	0,999995	<b>0,999995</b>
		0,999991		
	10333	0,999997	0,999995	
		0,999992		
3 m	15912	1,000021	1,000020	<b>1,000016</b>
		1,000019		
	15915	---	1,000012	
		---		

Tab. 3 - Hodnoty délky laťového metru určené z kalibrace [5]

Kalibrace latí proběhla v laboratorních podmínkách na Fakultě stavební ČVUT v Praze, a to při teplotě 25 °C. Celkovou opravu z laťového metru a z teplotní roztažnosti aplikujeme na jednu pomocí vztahu [8]

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha + \beta \cdot (t - t_0)) \quad (5.1)$$

kde	$l$	...	opravené čtení na lati
	$l_0$	...	měřené čtení na lati
	$\alpha$	...	oprava z délky laťového metru zjištěná kalibrací
	$\beta$	...	koeficient teplotní roztažnosti invaru ( $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )
	$t$	...	teplota při měření
	$t_0$	...	teplota při kalibraci (25 °C)

Převýšení získaná po korekci z teplotní roztažnosti a délky laťového metru jsou považovány za výsledné a nebyly u nich aplikovány žádné další korekce.

Lať	Oddíl	Převýšení		Průměr [m]	Délka [m]	Rozdíl [mm]	
		Tam [m]	Zpět [m]			tam/zpět	mezní
2 m	VB2-504	3,12905	-3,12872	3,12889	63,295	0,33	0,57
	VB2-502	2,08331	-2,08334	2,08333	12,575	-0,03	0,25
	VB2-503	2,25367	-2,25376	2,25372	3,155	-0,09	0,13
	VB2-501	1,84777	-1,84756	1,84767	99,925	0,21	0,71
	501-HVB1	-2,36237	2,36295	-2,36266	100,035	0,58	0,71
	HVB1-500	-0,76058	0,76059	-0,76059	14,025	0,01	0,27
	HVB1-4002	0,23658	-0,23649	0,23654	23,960	0,09	0,35
	4002-500	-0,99686	0,99705	-0,99696	14,050	0,19	0,27
3 m	4002-500	-0,99709	0,99722	-0,99716	14,009	0,13	0,27
	HVB1-500	0,76066	0,76044	-0,76055	14,040	-0,22	0,27
	HVB1-4002	0,23673	-0,23663	0,23668	24,060	0,10	0,35
	VB3-KV22	-0,59732	0,59831	-0,59782	216,975	0,99	1,05
	KV22-4001	-0,46323	0,46310	-0,46317	162,650	-0,13	0,91
	VB3-HVB1	7,31319	-7,31269	7,31294	61,395	0,50	0,56
	KV22-17.1	-14,20855	14,20913	-14,20884	214,125	0,58	1,04
	18.1-KV22	-0,51235	0,51310	-0,51273	301,115	0,75	1,23
18.1-17.1	-14,72162	14,72162	-14,72162	181,640	0,00	0,98	

Tab. 4 - Převýšení jednotlivých nivelovaných oddílů

Latě	Oddíl	Průměr [m]	Teplota [°C]		Koefficient opravy	Opravená převýšení [m]
			tam	zpět		
2 m	VB2-504	3,12889	7	7	0,999968	3,12878
	VB2-502	2,08333	7	7	0,999968	2,08326
	VB2-503	2,25372	7	7	0,999968	2,25364
	VB2-501	1,84767	7	7	0,999968	1,84760
	501-HVB1	-2,36266	8	8	0,999969	-2,36259
	HVB1-500	-0,76059	8	8	0,999969	-0,76056
	HVB1-4002	0,23654	8	8	0,999969	0,23653
	4002-500	-0,99696	8	8	0,999969	-0,99692
3 m	4002-500	-0,99716	10	10	0,999994	-0,99715
	HVB1-500	-0,76055	9	10	0,999992	-0,76054
	HVB1-4002	0,23668	10	10	0,999994	0,23668
	VB3-KV22	-0,59782	9	9	0,999992	-0,59781
	KV22-4001	-0,46317	9	9	0,999992	-0,46316
	VB3-HVB1	7,31294	9	10	0,999992	7,31289
	KV22-17.1	-14,20884	10	10	0,999994	-14,20875
	18.1-KV22	-0,51273	10	11	0,999994	-0,51272
	18.1-17.1	-14,72162	11	11	0,999995	-14,72155

Tab. 5 - Aplikace oprav z roztažnosti a z délky laťového metru

Výsledná převýšení určená nivelací byla použita pro vyrovnání v programu GNU Gama a posloužila jako další měření mezi body. Pro stanovení směrodatných odchylek k výpočtu bylo potřeba provést analýzu měřených dat. Nominální kilometrová odchylka  $\sigma_k$  použitého nivelačního přístroje Trimble DiNi 12T je 0,3 mm/km, ale pro výpočet přesnosti byla vypočtena střední kilometrová chyba jednotková obousměrné nivelace, jež lépe charakterizuje samotné měření, vzorcem [8]

$$s_0 = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum \frac{\Delta^2}{R}} \quad (5.2)$$

kde  $n$  ... celkový počet nivelačních oddílů  
 $\Delta$  ... rozdíl v převýšení oddílu tam a zpět  
 $R$  ... délka nivelačního oddílu

Střední kilometrová chyba jednotková byla následně porovnána s mezní hodnotou pro II. řád ze vzorce [8]

$$\bar{m} = 0,45 + \frac{0,8}{\sqrt{n_R}} \quad (5.3)$$

kde  $n_R$  ... počet oddílů

Střední kilometrová chyba $s_0$	Mezní hodnota $\bar{m}$	
0,6425 mm/km	0,6440 mm/km	Vyhovuje

Tab. 6 - Porovnání vypočtené a mezní hodnoty střední kilometrové chyby

Jak je z Tab. 6 patrné, vypočtená střední kilometrová chyba nepřekročila mezní hodnotu, zároveň nabývá vyšších hodnot než hodnota nominální a bude použita pro stanovení přesnosti jednotlivých nivelovaných převýšení. Směrodatná odchylka nivelovaného převýšení  $\sigma_h$  se potom získá pomocí vzorce [8]

$$\sigma_h = \bar{m} \cdot \sqrt{R} \quad (5.4)$$

kde  $R$  ... délka nivelačního oddílu v kilometrech

Výsledná převýšení mezi body a jejich směrodatné odchylky pak nalezneme v Tab. 7

Latě	Oddíl	Převýšení [m]	Směrodatná odchylka [mm]
2 m	VB2-504	3,12878	0,16
	VB2-502	2,08326	0,07
	VB2-503	2,25364	0,04
	VB2-501	1,84760	0,20
	501-HVB1	-2,36259	0,20
	HVB1-500	-0,76056	0,08
	HVB1-4002	0,23653	0,10
	4002-500	-0,99692	0,08
3 m	4002-500	-0,99715	0,08
	HVB1-500	-0,76054	0,08
	HVB1-4002	0,23668	0,10
	VB3-KV22	-0,59781	0,30
	KV22-4001	-0,46316	0,26
	VB3-HVB1	7,31289	0,16
	KV22-17.1	-14,20875	0,30
	18.1-KV22	-0,51272	0,35
	18.1-17.1	-14,72155	0,27

Tab. 7 - Výsledná převýšení po všech opravách se směrodatnými odchylkami

V rámci měření došlo k rozporu při ověřování stability bodů ČSNS. Ověření nivelačního bodu KV-037-22 proběhlo ze 2 bodů, a jelikož nebyla ověřena stabilita ani z jednoho bodu, bylo rozhodnuto i o ověření mezi ověřovacími body, které ale také nespĺnilo kritéria. Celý polygonový pořad byl měřen s přesností odpovídající II. řádu, ale jelikož ověřovací body jsou body III. řádu ČSNS, byla zde volena mezní odchylka mezi nivelovaným převýšením a vypočteným ze souřadnic pro III. řád. K výpočtu so použil vztah [8]

$$\Delta_{mez\ III.\text{řád}} = 2,0 + 3,0 \cdot \sqrt{R} \quad (5.5)$$

kde  $R$  ... je délka oddílu v kilometrech

Převýšení	Měřené [m]	Vypočtené [m]	Rozdíl [mm]	Délka pořadu [km]	Mezní rozdíl [mm]	Ověření
<b>KV-037-22</b> <b>Z1Z2-18.1</b>	+0,51272	+0,616	103,28	0,301	3,65	NE
<b>KV-037-22</b> <b>Z1Z2-17.1</b>	-14,20875	-14,122	86,75	0,214	3,39	NE
<b>Z1Z2-17.1</b> <b>Z1Z2-18.1</b>	+14,72155	+14,738	16,45	0,181	3,28	NE

Tab. 8 – Porovnání nivelovaného a vypočteného převýšení

V Tab. 8 nalezneme porovnání nivelovaných a vypočtených převýšení a mezní rozdíl pro jednotlivé oddíly. Jak je z Tab. 8 patrné, ani jeden pořad kritické hodnoty pro III. řád nespĺnil a nedošlo tedy k ověření stability bodů ČSNS. Pro řešení výškového připojení bylo proto použito měření GNSS a je popsáno v kapitole 5.2 Zpracování dat GNSS.

## 5.2 Zpracování dat GNSS

Zpracování dat proběhlo v programu Trimble Business Center za pomoci Ing. Michala Seidla, Ph.D. Měřená data z observací byla stažena do programu a pro výpočet byla použita metoda zpracování výpočtu zvlášť pro každou observaci. Tato metoda byla použita, neboť v rámci vypůjčení přístroje na 3D skenování bylo firmou Trimble Geotronics (Pikovická 206/11, Praha 4) zpracováno i GNSS měření, a to za využití právě této metody. Firma Trimble použila k výpočtu stejný software, ale použila virtuální referenční stanici Trimble VRS, kdežto u vlastního zpracování byla použita referenční stanice CZEPOS v Karlových Varech.

Po načtení nezbytných dat do softwaru byly nastaveny parametry výpočtu, a to použitá frekvence L1, L2 a využití přesných efemerid družic. Poté byl zahájen výpočet základnic a vyrovnání sítě, kde byl bod v Karlových Varech považován za fixní a ostatní body za určované. Ukázky z protokolů jsou uvedeny níže. Z důvodu nemožnosti výškového připojení pomocí nivelace byl brán velký zřetel pro určení výšek jednotlivých bodů. Bohužel jednohodinová observace nedosahuje až takových přesností ve výšce, ale jelikož nebylo možné využít jiné podklady, byly výsledné výšky z GNSS považovány za korektní a bylo s nimi počítáno při vyrovnání.

V505 - 4101 (12:47:47-14:05:10) (S4)	
Měření základnice	V505 --- 4101 (B4)
Zpracováno:	10.05.2017 10:55:14
Tup řešení:	Fixováno
Použité frekvence:	Dvoufrekvenční (L1, L2)
Horizontální přesnost:	0,002 m
Výšková přesnost:	0,003 m
RMS:	0,005 m
Maximální PDOP:	2,423
Použité efemeridy:	Přesné
Model antény:	NGS Absolute
Počáteční čas zpracování:	08.04.2017 12:47:47 (Místní: UTC+2h)
Koncový čas zpracování:	08.04.2017 14:05:07 (Místní: UTC+2h)
Doba zpracování:	01:17:20
Interval zpracování:	5 vteřin

Obr. 14 - Část protokolu z programu Trimble Business Center

Program Trimble Business Center umožňuje zároveň i automatické stažení souborů RINEX a přesných efemerid družic. Pro zpracování však nebyla tato možnost využita a potřebná data byla stažena ručně a poskytnuta Ing. Tomášem Jiříkovským, Ph.D.

Bod	Vlastní zpracování			Zpracování firmou Trimble Geotronics		
	Y [m]	X [m]	Z [m]	Y [m]	X [m]	Z [m]
<b>4001</b>	844 769,284	996 030,712	752,319	844 769,289	996 030,708	752,293
<b>4101</b>	844 493,054	995 756,674	791,074	844 496,061	995 756,671	791,015
<b>500</b>	844 831,485	996 056,366	759,952	844 831,491	996 056,365	759,901

Tab. 9 - Výsledné souřadnice z vlastního zpracování a firmou Trimble Geotronics

	$\Delta Y$ [mm]	$\Delta X$ [mm]	$\Delta Z$ [mm]
<b>500</b>	5,0	4,0	26,0
<b>4001</b>	7,5	2,5	59,5
<b>4101</b>	6,3	0,7	51,3

Tab. 10 - Tabulka s rozdíly mezi výslednými souřadnicemi ze zpracování

Jak je patrné z tabulky s rozdíly mezi souřadnicemi, polohové připojení dosahuje maximálního rozdílu v souřadnicích 7,5 mm, a jelikož pro obě zpracování byla využita jiná referenční stanice, je zde určitý rozpor očekávaný. Pro další zpracování budou tyto souřadnice vyhovovat a výsledné hodnoty určíme aritmetickým průměrem. Patrná je zde ale komplikace s výškami. K řešení tohoto problému byla využita znalost převýšení mezi body 500 – 4001, které bylo určeno pomocí velmi přesné a trigonometrické nivelace, a body 500 – 4101 určené pouze trigonometrickou metodou. Pro oba způsoby zpracování byla vypočtena převýšení mezi body a z nich se určilo převýšení na těžiště. Tato převýšení se následně porovnála s těžištěm převýšení určeným z nivelace a pomocí rozdílů od jeho hodnoty se stanovily váhy pro vážený průměr (5.6). Tento způsob byl zvolen, neboť převýšení určené pomocí nivelace má mnohem větší přesnost než z metody GNSS, proto bylo považováno za korektní a výšky k němu byly váhově přizpůsobeny.

$$P_i = \frac{1}{\frac{|\Delta_i|}{\sum_1^n |\Delta_i|}} \quad (5.6)$$

kde  $P_i$  ... vyjadřuje výslednou váhu způsobu výpočtu výšky na bodě  $i$

$\Delta_i$  ... je rozdíl mezi převýšením z GNSS a nivelace pro jednotlivé druhy výpočtu



Výslednou výšku bodu určíme pomocí váženého průměru z obou výpočtů observací, kde násobíme měřené výšky jejich vahami a dělíme sumou vah

$$Z_i = \frac{\sum P_i \cdot z_i}{\sum P_i} \quad (5.7)$$

kde  $Z_i$  ... vyjadřuje výslednou výšku bodu  $i$

$z_i$  ... je výška určená na bodě  $i$  určitým výpočtem

$P_i$  ... je váhový koeficient výšky  $z_i$

Způsob určení	Převýšení 4001 – 500 [m]	Převýšení 500 - 4101 [m]	Převýšení těžiště [m]	Rozdíl od těžiště z nivelace [mm]	Váha výšek z observace
Způsob 1	7,6333	31,1217	19,3775	6,33	4,64
Způsob 2	7,6080	31,1135	19,3608	23,09	1,27
Způsob 3	7,6132	31,1545	<b>19,3838</b>		

Tab. 11 - Porovnání převýšení mezi body a výsledné váhy observací

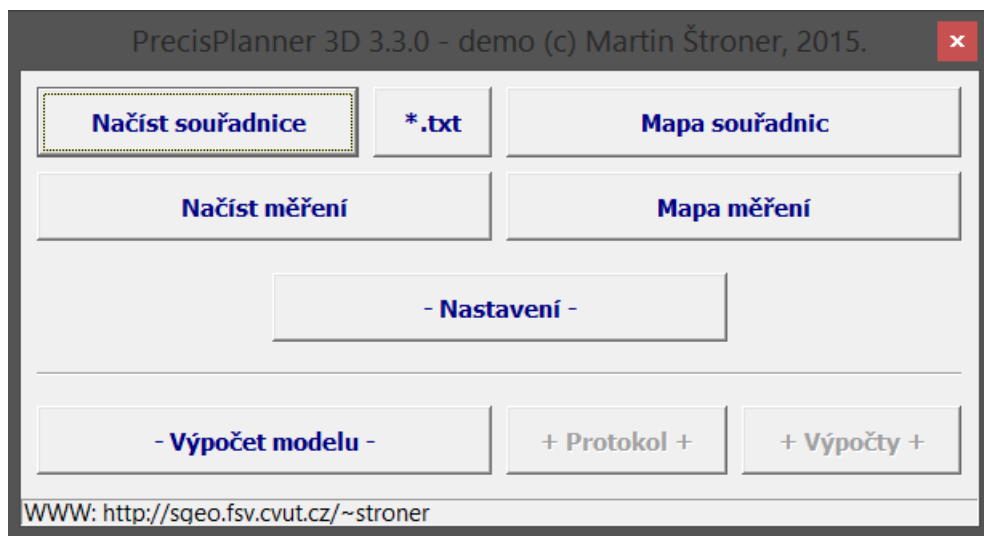
V Tab. 11 nalezneme porovnání převýšení mezi body sítě, kde způsob 1 vyjadřuje vlastní zpracování GNSS, způsob 2 je zpracování firmou Trimble Geotronics a způsob 3 je převýšení měřené metodami nivelace. V následující tabulce (Tab. 12) pak nalezneme výsledné souřadnice bodů 500, 4001 a 4101, které byly získané ze zpracování GNSS dat.

Bod	Y [m]	X [m]	Z [m]
<b>500</b>	844 831,488	996 056,366	759,941
<b>4001</b>	844 769,287	996 030,710	752,314
<b>4101</b>	844 493,057	995 756,672	791,061

Tab. 12 - Výsledné souřadnice ze zpracování GNSS dat

## 5.3 Rozbor přesnosti

Z důvodu neznámých požadavků na přesnost bylo potřeba nejdříve určit přesnost očekávanou, kterou lze pak uvažovat za přesnost před měřením. K zjištění této přesnosti nám pomohl program *PrecisPlanner 3D (PPlanner)* prof. Ing. Martina Štronera, Ph.D., vyvíjený katedrou speciální geodézie na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze. Program umožňuje na základě přibližných souřadnic definujících konfiguraci měření, počtu měření a jejich přesnosti vymodelovat situaci a určit přesnosti výsledných souřadnic. Pro rozbor byla využita verze *PrecisPlanner 3D 3.3.0 (c)* z roku 2015. [11]



Obr. 15 - Vstupní okno programu PPlanner

Do programu lze nahrát či zadat pouze body s přibližnými souřadnicemi společně se směrodatnou odchylkou centrace a výšky přístroje. Zároveň se zde uvádí, zda je daný bod fixní, nebo určovaný. Pro vstupní souřadnice byly využity přibližné souřadnice vypočtené pomocí programu Microsoft Office Excel, kde se za počátek zvolil bod 500 se souřadnicemi určenými ze zpracování GNSS dat a zbylé body pořadu se vypočetly pomocí jednotlivých souřadnicových rozdílů mezi body s počáteční orientací na bod 201.1. Pro všechny body byla použita často používaná hodnota směrodatné odchylky centrace 0,7 mm, a jelikož celý polygon bude vyrovnáván prostorově, za směrodatnou odchylku výšky přístroje byla dosazena vypočtená hodnota z průměrování měření výšek přístrojů a cílů 0,86 mm.

Za nahraná měření byla použita pouze měření mezi samotnými body polygonu, jednalo se o vodorovné úhly, zenitové úhly a měřené šikmé vzdálenosti (Obr. 16). Za přesnost těchto měření byly použity nominální hodnoty přístroje  $\sigma_{nom}$ , které byly upraveny na odpovídající počet

měřených skupin vzorcem (5.8), ve kterém  $n$  vyjadřuje počet měřených skupin a  $\sigma$  vyjadřuje výslednou přesnost měřené veličiny.

$$\sigma = \frac{\sigma_{nom}}{\sqrt{n}} \quad (5.8)$$

	Y [m]	X [m]	Z [m]
<b>500</b>	844831,49	996056,37	759,91
<b>501</b>	844925,60	996018,84	763,04
<b>502</b>	845006,60	995986,43	763,27
<b>503</b>	845016,51	995982,61	763,44
<b>504</b>	845008,34	995916,78	764,32

Tab. 13 - Přibližné souřadnice vstupující do programu PPlanner

Výpočet byl proveden dvakrát s odlišnými úlohami bodu 500, jenž byl poprvé brán jako fixní a podruhé ne.

	Fixní bod 500			Bez fixního bodu		
	Sx [mm]	Sy [mm]	Sz [mm]	Sx [mm]	Sy [mm]	Sz [mm]
<b>500</b>	pevný			0,3	0,2	0,3
<b>501</b>	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4
<b>502</b>	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
<b>503</b>	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3
<b>504</b>	0,5	0,7	0,8	0,4	0,5	0,5

Tab. 14 - Přesnosti bodů polygonového pořadu z programu PPlanner

Výsledné hodnoty z Tab. 14 jsou pouze orientační a umožňují porovnání s výslednými přesnostmi z vyrovnání. Jelikož byl před portálem určen pouze bod 500, výpočet bez fixního bodu je nevyhovující, neboť tento způsob pouze přenesl některé chyby na bod 500, a tudíž přesnost souřadnic polygonového pořadu se zvýší, a tento postup je zde uveden pouze pro srovnání.

```

zu 503 500 0.00017
di 503 500 0.00017
sd 503 500 0.00046
zu 503 504 0.00017
di 503 504 0.00017
  
```

Obr. 16 - Ukázka vstupních dat měření pro PPlanner

## 5.4 Analýza měřených dat před vyrovnáním

Před vyrovnáním a testováním naměřených dat bylo potřeba tato data nejprve editovat a analyzovat. Pro větší přehlednost byla data zpracována a zeditována pomocí programu Microsoft Office Excel 2016 a následně v něm bylo provedeno testování některých analýz. Naměřená data byla rozdělena na samostatné soubory obsahující vodorovné úhly, zenitové úhly a šikmé délky. V těchto souborech pak došlo k rozdělení dat podle stanovisek a jednotlivých záměr, zároveň došlo k označení měření, která nebyla cílena automaticky, ale ručně, a byla řešena samostatně.

Stanovisko	Výška stanoviska [m]	Cíl	Výška cíle [m]	Skupina	Hz [gon]	Průměr poloh [gon]	Průměr skupin [gon]	v [mgon]	S <sub>d0</sub>	S <sub>d</sub>	Výsledná HZ [gon]
503	-1,3580	500	0,9745	I	0,00000	399,998710	399,999385	0,68	0,59	0,34	0,000000
					199,99742	399,998710		0,68			
					0,00000	399,999815		-0,43			
				199,99963	399,999815	-0,43					
				0,00000	399,999630	-0,25					
				199,99926	399,999630	-0,25					
		7001	0,0000	I	199,90650	199,906875	199,908043	1,17	1,03	0,60	
					399,90725	199,906875		1,17			
					199,90837	199,908825		-0,78			
				399,90928	199,908825	-0,78					
				199,90794	199,908430	-0,39					
				399,90892	199,908430	-0,39					
		504	-0,7817	I	283,69690	283,697355	283,698580	1,22	1,07	0,62	
					83,69781	283,697355		1,22			
					283,69891	283,699330		-0,75			
				83,69975	283,699330	-0,75					
				283,69860	283,699055	-0,47					
				83,69951	283,699055	-0,47					
		502	-0,8777	I	399,28889	399,292595	399,293767	1,17	1,02	0,59	
					199,29630	399,292595		1,17			
					399,29072	399,294470		-0,70			
				199,29822	399,294470	-0,70					
				399,29044	399,294235	-0,47					
				199,29803	399,294235	-0,47					
501	-1,0067	I	399,98638	399,986335	399,987625	1,29	1,12	0,65			
			199,98629	399,986335		1,29					
			399,98810	399,988375		-0,75					
		199,98865	399,988375	-0,75							
		399,98794	399,988165	-0,54							
		199,98839	399,988165	-0,54							
500A	0,9745	I	399,99816	399,997670	399,999028	1,36	1,19	0,69			
			199,99718	399,997670		1,36					
			0,00033	399,999890		-0,86					
		199,99945	399,999890	-0,86							
		399,99981	399,999525	-0,50							
		199,99924	399,999525	-0,50							

Obr. 17 - Ukázka ze zpracování vodorovných směrů v programu MS Office Excel 2016

Struktura editování vodorovných směrů je vidět na Obr. 17 a ostatní měřené veličiny byly editovány stejným způsobem. Z tabulky můžeme vyčíst, že u měřených směrů došlo nejdříve k průměru poloh pro jednotlivé skupiny a z nich se pak pomocí aritmetického průměru určil průměr skupin a k němu opravy průměrů poloh. Tyto opravy pak byly použity k výpočtu výběrových směrodatných odchylek, které byly podrobeny testování. V ukázce zpracování nalezneme ve sloupci  $S_{d0}$  výběrovou směrodatnou odchylku pro jednu skupinu (5.9), která byla vypočtena pro jednotlivé cíle, a z nich pomocí kvadratického průměru (5.11) byla vypočtena výběrová směrodatná odchylka pro celé stanovisko. Ve sloupci  $S_d$  je pak vypočítána výběrová směrodatná odchylka pro průměr  $n$  skupin (5.10). V posledním sloupci pak došlo k přepočtu vodorovných

směrů s počátkem osnovy na 0,0000 gon (měření ukončená písmenem A (500A) jsou zaměřené uzávěry).

$$S_{d0} = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (5.9)$$

Ve vzorci pro výpočet směrodatné odchylky pro jednu skupinu je v čitateli suma čtverců oprav od průměru skupin a ve jmenovateli je  $n$  počet měření. Hodnota ve jmenovateli je označována počtem nadbytečných měření a bývá označována zkráceně  $n'$ . Pro výpočet výběrové směrodatné odchylky zvoleného počtu skupin pak použijeme upravený vzorec

$$S_d = \sqrt{\frac{[vv]}{n \cdot (n-1)}} = \frac{S_{d0}}{\sqrt{n}} \quad (5.10)$$

Takto získané výběrové směrodatné odchylky pro jednu skupinu pak pomocí kvadratického průměru převedeme na výběrovou směrodatnou odchylku celého stanoviště

$$S_{d0} = \sqrt{\frac{\sum S_{d0}^2}{n}} \quad (5.11)$$

Jelikož bylo měřeno automaticky i ručně, musely být výsledné odchylky vypočteny odděleně a bylo nutno provést testování o shodnosti dvou výběrových směrodatných odchylek, zda náleží stejnému souboru. Dochází k testování dvou rozptylů a k tomu byl využit Fischerův test, kde testovacím kritériem je veličina

$$F = \frac{S_{d01}^2}{S_{d02}^2} \quad (5.12)$$

Tato veličina má F-rozdělení s  $n_1' = n_1 - 1$ ;  $n_2' = n_2 - 1$  stupni volnosti a vždy volíme, že

$$S_{d01}^2 > S_{d02}^2 \quad (5.13)$$

Pro všechna testování byla použita hladina významnosti  $\alpha = 5\%$ . Díky podmínce 5.13 bylo zajištěno, že se vždy jedná o oboustranný test, a kritická hladina se hledá pro hladinu významnosti  $\alpha/2$ . Díky tomu pak nulová hypotéza  $H_0: S_{d01} = S_{d02}$  je zamítnuta, jestliže  $F > F_\alpha$  [6]. Kritická hodnota byla zjištěna pomocí funkce Finv v programu MS Office Excel.

	<b>Ruční S<sub>d0</sub></b>	<b>Automatická S<sub>d0</sub></b>	<b>F</b>	<b>F<sub>α/2</sub></b>	<b>Vyhovuje?</b>
<b>Vodorovné směry</b>	0,46	0,29	2,49	8,813	ANO
<b>Zenitové úhly</b>	0,44	0,18	5,86	8,813	ANO
<b>Délky</b>	0,15	0,14	1,13	8,073	ANO

Tab. 15 - Testování výběrových směrodatných odchylek

Z Tab. 15 je patrné, že nedochází k zamítnutí nulové hypotézy a směrodatné odchylky z ručního a automatického měření pochází ze stejného souboru. Díky tomu z nich mohla být určena výsledná výběrová směrodatná odchylka pro celé měření. Tato odchylka pak musela být porovnána s nominální hodnotou směrodatné odchylky, značené písmenem  $\sigma$ , která je uváděna výrobcem. Nulová hypotéza byla stanovena na  $H_0: S_{d0} = \sigma$  a testovacím kritériem zde je veličina  $\chi^2$ , jejíž hodnota se určí ze vzorce

$$\chi^2 = \frac{n-1}{\sigma^2} \cdot S_{d01}^2 \quad (5.14)$$

Tato veličina má  $\chi^2$ -rozdělení s  $n-1$  stupni volnosti. V případě této veličiny se jedná také o oboustranný test, ale z důvodu neplatnosti podmínky 5.13, bylo nutno vyhledat kritické hodnoty pro  $\chi^2_{1-\alpha/2}$  a  $\chi^2_{\alpha/2}$ . Nulová hypotéza je zamítnuta, pokud  $\chi^2 < \chi^2_{1-\alpha/2}$  nebo  $\chi^2 > \chi^2_{\alpha/2}$ . Kritické hodnoty byly vypočteny v programu MS Office Excel pomocí funkce Chiinv.

	<b><math>\sigma_{nom}</math></b>	<b>Výběrová <math>\sigma</math></b>	<b>n'</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><math>\chi^2_{1-\alpha/2}</math></b>	<b>H<sub>0</sub></b>	<b><math>\chi^2_{\alpha/2}</math></b>	<b>H<sub>0</sub></b>
<b>Vodorovné směry</b>	0,3 mgon	0,58	8	30,34	2,18	Nezamítnuta	17,54	Zamítnuta
<b>Zenitové úhly</b>	0,3 mgon	0,46	8	18,69	2,18	Nezamítnuta	17,54	Zamítnuta
<b>Délky</b>	0,8 mm	0,36	9	1,79	2,7	Zamítnuta	19,02	Nezamítnuta

Tab. 16 - Testování nominální a výběrové směrodatné odchylky

U délek je vyšší počet stupňů volnosti, neboť byla jednou ze stanoviska 503 měřena osnova pouze v jedné skupině, a nebylo z nich možné určit výběrové směrodatné odchylky pro vodorovné a zenitové úhly.

Z Tab. 16 je patrné, že dochází u všech testovaných veličin k zamítnutí nulové hypotézy, a tudíž nelze prokázat, zda výběrové směrodatné odchylky náleží základnímu souboru a nelze použít nominálních hodnot směrodatných odchylek. Dále je zde patrné, že délky jsou měřeny s mnohem větší přesností, než udává výrobce. Toto je ale způsobeno tím, že testovaná výběrová směrodatná odchylka charakterizuje pouze vnitřní přesnost dosaženou na stanovisku. Pro posouzení vnější přesnosti délek je potřeba vypočítat výběrovou směrodatnou odchylku z porovnání protisměrně měřených délek. Ale aby bylo možné testovat protisměrně měřené délky, bylo nejprve potřeba otestovat chyby měření od průměru skupin. K tomu nám poslouží McKay-Nairův test oprav [6]. Opravy se zde porovnávají s mezní hodnotou vypočtenou ze vzorce (5.15), do kterého byla dosazena výběrová směrodatná odchylka měřených veličin a kritická hodnota pro příslušnou hladinu významnosti

$$v_{max} = U_{\alpha,n} \cdot \sigma_0 \quad (5.15)$$

kde kritické hodnoty  $U_{\alpha,n}$  pro hladinu významnosti  $\alpha = 5\%$  byly převzaty z tabulky

$\alpha/n$	3	4	5	6	7
<b>0,05</b>	1,15	1,48	1,76	1,97	2,14
<b>0,01</b>	1,15	1,50	1,72	1,89	2,02

Tab. 17 - Kritické hodnoty pro dvě hladiny významnosti

Tento test byl proveden pro všechny měřené veličiny, tedy vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé délky. Měření, která nespĺnila danou mezní hodnotu, nebyla vyloučena, pouze byla označena za podezřelá a při vyrovnání jim byla přisouzena menší váha.

Po tomto testu bylo již možné určit vnější přesnost pomocí protisměrně měřených veličin, v tomto případě se jednalo o zenitové úhly a šikmé délky. Rozdíl těchto veličin byl porovnáván s mezním rozdílem vypočteným ze vzorce [6]

$$\Delta_M = u_p \cdot \sigma_\Delta \quad (5.16)$$

kde hodnota  $u_p$  na hladině významnosti  $\alpha = 5\%$  je rovna 2. Veličina  $\sigma_\Delta$  symbolizuje směrodatnou odchylku rozdílu dvou měření, vypočtenou ze vzorce [6]

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (5.17)$$

Délka	Tam [m]	Zpět [m]	Rozdíl [mm]	Mezní rozdíl [mm]	Vyhovuje?
500-501	101,343	101,344	1,037	1,960	ANO
500-502	188,605	188,606	0,317	1,960	ANO
500-503	199,223	199,224	0,617	1,960	ANO
501-502	87,264	87,264	0,100	2,263	ANO
502-503	10,626	10,626	0,233	2,263	ANO
503-504	66,361	66,360	1,108	1,600	ANO

Tab. 18 - Tabulka porovnání protisměrně měřených délek

Pro zajímavost je v Tab. 18 ukázka zpracovaných dat, kde je vidět, že všechna měření vyhovují mezní odchylce. Z rozdílů protisměrných délek pak byla vypočtena výběrová směrodatná odchylka délek měřených protisměrně vzorcem

$$S_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum \Delta_{i,j}^2}{p}} \quad (5.18)$$

kde  $\Delta_{i,j}^2$  ... vyjadřuje sumu čtverců rozdílů protisměrně měřených délek  
 $p$  ... představuje počet těchto rozdílů

Výběrovou směrodatnou odchylku oboustranně měřených délek pak vypočteme vzorcem

$$S_{\bar{a}} = \frac{S_{\Delta}}{2} \quad (5.19)$$

V Tab. 19 nalezneme výslednou vnější přesnost pro měřené délky, jak je z čísel patrné, výběrová směrodatná odchylka je menší než nominální, a i když by ji bylo tedy možné pro vyrovnaní použít, bylo rozhodnuto o využití nominální hodnoty měřené délky 0,8 mm.

$S_{\Delta}$ [mm]	0,689
$S_{\bar{a}}$ [mm]	0,345

Tab. 19 - Vnější přesnost měřených délek

Kromě testování s mezním rozdílem musí být protisměrně měřené délky podrobeny testování dle vyhlášky č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem [7]. Kromě tohoto testu bylo potřeba otestovat i odchylku koncového bodu pořadu, tento test je více rozebrán v kapitole 5.8 Testování podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. Vyhláška rozlišuje 4 druhy přesnosti, konkrétně velmi přesná, přesná, technická a speciální. Pro oba testy byly uvažovány parametry velmi přesného měření.



Vyhláška říká, že při použití dálkoměru nesmí střední relativní chyba měřené délky překročit hodnotu 1:18 000, což lze vyjádřit poměrem 1 mm na 18 m. Pro zajímavost pro přesné měření je hodnota 1:14 000 a pro technické 1:10 000.

Délka	Tam [m]	Zpět [m]	Rozdíl [mm]	Mezní rozdíl [mm]	Vyhovuje?
<b>500-501</b>	101,343	101,344	1,037	5,630	ANO
<b>500-502</b>	188,605	188,606	0,317	10,478	ANO
<b>500-503</b>	199,223	199,224	0,617	11,068	ANO
<b>501-502</b>	87,264	87,264	0,100	4,848	ANO
<b>502-503</b>	10,626	10,626	0,233	0,590	ANO
<b>503-504</b>	66,361	66,360	1,108	3,687	ANO

*Tab. 20 - Testování protisměrně měřených délek dle vyhlášky č. 435/1992 Sb.*

Z Tab. 20 je patrné, že všechny veličiny splnily testování protisměrně měřených vzdáleností dle vyhlášky č. 435/1992 Sb. s velkou rezervou a lze tedy říci, že délky byly měřeny v souladu s vyhláškou č. 435/1992 Sb. [7].

## 5.5 Redukce délek

Posledním krokem úprav před vyrovnáním je redukce délek. Tento krok se skládá z redukce délky do nulového horizontu a z redukce do zobrazovací roviny S-JTSK. Jelikož síť byla vyrovnána prostorově a do vyrovnání vstupovaly šikmé délky, celá redukce sloužila k výpočtu měřítkového koeficientu do zobrazovací roviny, kterým byly šikmé délky přenásobeny, a z vyrovnání vyšly souřadnice přímo v S-JTSK.

Z měřené šikmé délky se vypočetla délka vodorovná  $d$  a z ní následně délka  $S_0$  v nulovém horizontu pomocí vzorce

$$S_0 = d \cdot \frac{R}{R+H} \quad (5.20)$$

kde veličina  $R$  vyjadřuje poloměr Země (6380 km) a veličina  $H$  vyjadřuje střední nadmořskou výšku v oblasti. Z délek v nulovém horizontu  $S_0$  pak bylo možné vypočítat délku v zobrazovací rovině S-JTSK vztahem

$$S_{\text{JTSK}} = S_0 \cdot m \quad (5.21)$$

Měřítkový koeficient  $m$  byl vypočten vyčíslením řady

$$m = 0,9999 + 1,22822 \cdot 10^{-14} \cdot \Delta R^2 - 3,154 \cdot 10^{-21} \cdot \Delta R^3 + 1,848 \cdot 10^{-27} \cdot \Delta R^4 - 1,15 \cdot 10^{-33} \cdot \Delta R^5 \quad (5.22)$$

kde 
$$\Delta R = R - R_0 = R - 1\,298\,039 \text{ [m]} \quad (5.23)$$

$$R = \sqrt{y^2 + x^2} \quad (5.24)$$

Pro první výpočet měřítka byly k výpočtu použity přibližné souřadnice z observace na bodě 500 a jeho výška byla použita jako střední nadmořská výška. Z takto redukováných délek byl pomocí programu MS Office Excel 2016 vypočten celý polygon bez vyrovnání a výsledné souřadnice byly využity k výpočtu těžiště sítě. Z něj pak byl spočten výsledný měřítkový koeficient do zobrazovací roviny S-JTSK vztahem (5.22). Štola č. 1 je malé důlní dílo a bylo rozhodnuto o použití jednoho měřítkového koeficientu pro celou oblast.

	<b>Těžiště sítě</b>	<b>Výsledný měřítkový koeficient</b>
<b>Y [m]</b>	844 957,71	0,999908
<b>X [m]</b>	995 992,21	
<b>Z [m]</b>	762,83	

Tab. 21 - Souřadnice těžiště a měřítkový koeficient do zobrazovací roviny

## 5.6 Trigonometrické určení výškových rozdílů

V této kapitole je uveden výpočet výškových rozdílů mezi body hlavního polygonového pořadu, jednoho nivelačního bodu a dvou zajišťovacích bodů před portálem Štoly č. 1. Jelikož bylo s tímto výpočtem plánováno od začátku, byly velmi přesně určovány výšky přístroje na stanovisku  $v_p$  a výšky cíle  $v_c$ . Převýšení mezi body se určilo pomocí vzorce

$$h_{i,j} = d_{i,j} \cdot \frac{\cos(z_{i,j} - \varphi/2)}{\cos(\varphi/2)} \quad (5.25)$$

kde	$h_{i,j}$	...	převýšení mezi body
	$d_{i,j}$	...	šikmá délka mezi body
	$z_{i,j}$	...	zenitový úhel mezi body
	$\varphi/2$	...	poloviční úhel sbíhavosti tížnic, určený ze vzorce 5.26

$$\frac{\varphi}{2} = 0,00998 \cdot d_{i,j} [km] \cdot \sin(z_{i,j}) \quad (5.26)$$

Jelikož takto získaná převýšení se vztahují na spojnici totální stanice a cíle, je zde nutno uvažovat výšku přístroje a výšku cíle. Aby nedošlo k zanesení chyb, byly všechny měřené veličiny převedeny na spojnici stabilizačních znaků. K tomuto převodu posloužily následující vzorce [9]. Nejdříve se z měřené šikmé délky  $d_{i,j}'$  a zenitového úhlu  $z_{i,j}$  vypočetl pomocí vzorce 5.26 úhel sbíhavosti tížnic  $\varphi$ . Následně byl vypočten úhel  $\alpha$  (5.27), který je roven měřenému zenitovému úhlu  $z_{i,j}'$  redukovanému o úhel sbíhavosti tížnic  $\varphi$  a výška  $\Delta V$ , která vyjadřuje rozdíl mezi výškou cíle a výškou přístroje (5.27).

$$\alpha = z_{i,j}' - \varphi \quad (5.27)$$

$$\Delta V = v_{cj} - v_{pi} \quad (5.28)$$

Z těchto veličin se vypočetla délka  $d_{i,j}$  redukovaná na spojnici stabilizačních značek vzorcem

$$d_{i,j} = \sqrt{d_{i,j}'^2 + \Delta V^2 - 2 \cdot d_{i,j}' \cdot \Delta V \cdot \cos \alpha} \quad (5.29)$$

Z výsledné šikmé délky na spojnici stabilizačních značek pak byl vypočten opravený zenitový úhel  $z_{i,j}$  (5.31) pomocí aplikace opravy úhlu  $o_{i,j}$  (5.30).

$$o_{i,j} = \sin^{-1} \left( \frac{\Delta V \cdot \sin \alpha}{d_{i,j}} \right) \quad (5.30)$$

$$z_{i,j} = z_{i,j}' + o_{i,j} \quad (5.31)$$

Výsledná převýšení byla vypočtena ze vzorce 5.25, kam byly dosazeny upravené zenitové úhly a šikmé délky na spojnici stabilizačních znaků. Hodnoty převýšení jsou uvedeny v následující tabulce, kde je zároveň porovnávána s převýšením určeným velmi přesnou nivelací a stanovena přibližná výška určená z bodu 500, jehož výška je považována za fixní.

Převýšení	TUVR [m]	VPN [m]	Rozdíl [mm]	Bod	Přibližná výška [m]
<b>500-501</b>	3,1215	3,1231	1,6	<b>500</b>	759,941
<b>501-502</b>	0,2384	0,2357	2,7	<b>501</b>	763,063
<b>502-503</b>	0,1692	0,1704	1,2	<b>502</b>	763,300
<b>503-504</b>	0,8753	0,8751	0,2	<b>503</b>	763,470
<b>503-VB2</b>	-2,2529	-2,2536	0,7	<b>504</b>	764,345
<b>500-4001</b>	-7,6131	-7,6133	0,2	<b>4001</b>	752,328
<b>500-4002</b>	0,9967	0,9969	0,2	<b>4002</b>	760,938
				<b>VB2</b>	761,217

Tab. 22 - Porovnání převýšení mezi trigonometrickou nivelací a velmi přesnou nivelací a přibližné výšky bodů

## 5.7 Vyrovnání polygonového pořadu

Pro vyrovnání polygonového pořadu a podrobných bodů byly využity 2 programy, a to program GNU Gama-local verze 1.18 [13], jehož autorem je prof. Ing. Aleš Čepek, CSc. z katedry geomatiky, a program EasyNet verze 3.4.3 [12] vyvíjený Ing. Pavlem Třasákem při jeho práci na Katedře speciální geodézie.

### 5.7.1 EasyNet

EasyNet je aplikací sloužící pro snadné zpracování velmi přesných měření v inženýrské geodézii a vstupní data z opakovaného měření uspořádaná do měřických skupin vyhodnocuje robustním vyrovnáním volné prostorové sítě.

**Základní vlastnosti aplikace lze stručně charakterizovat v následujících bodech:**

- a) Automatické rozpoznání měřických skupin, jejich snadná editace a případné dopočtení II. polohy pomocí metody zrcadlení
- b) Detekce hrubých chyb a omylů v měřených hodnotách, testování hodnot v I. a II. poloze dalekohledu, testování opakovaně měřených veličin ve více skupinách a hodnocení s mezními rozdíly stanovenými uživatelem
- c) Zpracování doplňkových dat, kde kromě základně měřených vodorovných a zenitových úhlů a šikmých délek, umožňuje aplikace i vložení doplňkových měření jako převýšení, svislá provažování a další
- d) Redukce měřených geodetických veličin na přímou spojnici stabilizačních značek
- e) Robustní výpočet přibližných souřadnic bodů geodetické sítě
- f) Kontrola hrubých chyb pomocí detekování rozdílů mezi měřenými šikmými délkami a vypočtenými z přibližných souřadnic a porovnání s mezními stanovenými uživatelem
- g) Apriorní analýza geodetické sítě určující výslednou vnitřní a vnější přesnost měřených veličin
- h) Detekování odlehlých měření metodou posouzení velikosti oprav získanými z výsledků iteračního robustního vyrovnání geodetických měření
- i) Vyrovnání prostorové geodetické sítě MNČ<sup>6</sup>
- j) Transformace vyrovnané geodetické sítě pomocí prostorové transformace

---

<sup>6</sup> Metoda nejmenších čtverců

Při nahrání dat do programu EasyNet proběhne automatická kontrola měření v I. a II. poloze dalekohledu a kontrola rozdílu ve skupinách. Nalezené chyby označí dle druhu chyby a bez kontroly a napravení těchto chyb nelze pokračovat ve výpočtu. Důležité zde je, že výšky stanoviška a cíle nesmí být záporné, tudíž byly všechny tyto hodnoty zvýšeny o 2 m. Bohužel aplikace EasyNet neumožňuje zpracování měření s uzávěry, bylo proto rozhodnuto o zprůměrování naměřených hodnot počátku a uzávěru. Takto určeným hodnotám byla přiřazena menší směrodatná odchylka při vyrovnání geodetické sítě. Měřené veličiny lze v aplikaci jednoduše upravovat, mazat a v případě potřeby i vkládat nové.

Hlavní Měření Výběr Identifikace Kontrola Doplněk Vyrovnání O programu							
Stanoviško			Cíl		Měřené veličiny		
Pořadí	Číslo	Výška [m]	Číslo	Výška [m]	Vodorovný směr [gon]	Zenitový úhel [gon]	Šikmá délka [m]
1	503	0.6420	I 500	2.9725	399.99908	100.38345	199.2238
			I 504	1.2183	283.69690	98.60732	66.3606
			I 502	1.1223	399.28889	98.13340	10.6261
			I 501	0.9933	399.98638	100.03510	97.8840
			II 501	0.9933	199.98629	299.96576	97.8846
			II 502	1.1223	199.29630	301.86414	10.6258
			II 504	1.2183	83.69781	301.39339	66.3610
			II 500	2.9725	199.99730	299.61840	199.2236
			I 500	2.9725	0.00016	100.38345	199.2236
			I 504	1.2183	283.69891	98.60720	66.3605
			I 502	1.1223	399.29072	98.13368	10.6259
			I 501	0.9933	399.98810	100.03517	97.8847
			II 501	0.9933	199.98865	299.96595	97.8843
			II 502	1.1223	199.29822	301.86404	10.6264
			II 504	1.2183	83.69975	301.39336	66.3617
			II 500	2.9725	199.99954	299.61826	199.2239
			I 500	2.9725	399.99990	100.38384	199.2236
			I 504	1.2183	283.69860	98.60727	66.3609
			I 502	1.1223	399.29044	98.13382	10.6265
			I 501	0.9933	399.98794	100.03495	97.8842
II 501	0.9933	199.98839	299.96661	97.8841			
II 502	1.1223	199.29803	301.86433	10.6262			
II 504	1.2183	83.69951	301.39354	66.3610			
II 500	2.9725	199.99925	299.61846	199.2236			
2	502	1.1223	I 500	2.9725	399.99998	100.50834	188.6054
			I 501	0.9933	0.03636	100.26590	87.2640
0 / 120		0	0	0	0	0	0

Obr. 18 - Ukázka programu EasyNet

Před samotným vyrovnáním lze zkontrolovat vnitřní a vnější přesnost měření. Výslednou směrodatnou odchylku v jedné skupině lze porovnat s hodnotami vypočtenými v programu Microsoft Office Excel 2016.

	EasyNet	MO Excel
$s_{\omega}$	0,62 mgon	0,58 mgon
$s_z$	0,32 mgon	0,39 mgon
$s_d$	0,18 mm	0,30 mm

Tab. 23 - Porovnání směrodatné odchylky v jedné skupině určené programem EasyNet a vypočtené v Excelu

V Tab. 23 je vidět, že si směrodatné odchylky jsou podobné, a tudíž můžeme výpočet v programech považovat za správný. Nesrovnalosti jsou způsobeny rozdílnými metodami výpočtu.

EasyNet počítá vyrovnání v obecně orientované souřadnicové soustavě, a proto je na závěr potřeba výsledné vyrovnané souřadnice transformovat do požadovaného systému. Za identické body byly voleny body 500 a 4101, které byly určeny ze zpracování GNSS dat. Použita zde byla metoda transformace s vyrovnáním. Vyrovnané souřadnice byly transformovány do souřadnicového systému S-JTSK a do výškového systému Bpv. Výsledné souřadnice jsou uvedeny v Tab. 24.

<b>Bod</b>	<b>Y [m]</b>	<b>X [m]</b>	<b>Z [m]</b>
<b>500</b>	844 831,491	996 056,369	759,941
<b>501</b>	844 925,592	996 018,824	763,064
<b>502</b>	845 006,592	995 986,412	763,301
<b>503</b>	845 016,498	995 982,587	763,470
<b>504</b>	845 008,330	995 916,762	764,345
<b>4001</b>	844 769,287	996 030,715	752,328
<b>4002</b>	844 838,772	996 068,399	760,938
<b>4003</b>	844 801,019	996 034,985	755,057
<b>4101</b>	844 493,054	995 756,672	791,078
<b>VB2</b>	845 016,985	995 979,446	761,217
<b>7001</b>	845 069,442	995 961,559	763,242
<b>602</b>	844 916,118	996 022,420	762,889
<b>603</b>	844 957,842	996 005,769	763,258
<b>604</b>	845 006,571	995 986,881	763,269
<b>606</b>	845 016,969	995 976,732	764,023
<b>610</b>	845 005,630	995 909,142	764,133
<b>1009</b>	845 012,920	995 962,018	762,266
<b>1011</b>	844 993,309	995 992,173	762,038
<b>1013</b>	845 011,758	995 949,009	762,336
<b>1014</b>	845 011,141	995 940,264	762,291
<b>1015</b>	845 010,830	995 929,707	762,877
<b>1016</b>	845 010,944	995 933,891	763,909
<b>1018</b>	845 002,317	995 903,035	762,480
<b>1020</b>	844 978,255	995 997,355	761,975
<b>1021</b>	844 966,765	996 002,346	761,941

Tab. 24 - Výsledné souřadnice v S-JTSK a Bpv z programu EasyNet

Pro vyrovnání byly zadány výchozí přesnosti odpovídající vnější přesnosti jednotlivých měření vypočtené programem EasyNet, apriorní jednotková směrodatná odchylka byla stanovena

na hodnotu 1 a aposteriorní směrodatná odchylka po vyrovnání je 0,883. Přesnosti byly upraveny u měření na počátek, které se průměrovalo s uzávěrem, a u měření, které program EasyNet označil za odlehlá, neboť tato měření vylučuje z vyrovnání. Za vstupní souřadnice zde byly vzaty opěrné body 500 a 4101, zároveň byla vložena i doplňková měření v podobě nivelovaných převýšení.

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

\*\*\*\*\*

Kontakt: Ing. Pavel Třasák, Ph.D. ([pavel.trasak@gmail.com](mailto:pavel.trasak@gmail.com))

Protokol C - Vyrovnání sítě

\*\*\*\*\*

Vytvořeno: 25.5.2017 15:44:36

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

=====

Vyloučení odlehlých hodnot

-----

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0.05
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	0/325 [0.000]
Vodorovný směr:	0/104 [0.000]
Zenitový úhel:	0/104 [0.000]
Šikmá délka:	0/104 [0.000]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	0/13 [0.000]
Svislé provažování:	-

Vyrovnání sítě

-----

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.883
Počet fixních bodů:	0
Počet vyrovnaných bodů:	25
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	10
Počet vyrovnaných měření:	325
Vodorovný směr:	104
Zenitový úhel:	104
Šikmá délka:	104
Šikmá délka (doplňek):	0

*Obr. 19 - Ukázka protokolu o vyrovnání z programu EasyNet*



## 5.7.2 GNU Gama-local

Pro druhý výpočet vyrovnání polygonového pořadu a podrobných bodů důlního bodového pole byl použit program GNU Gama-local. Z kapitoly 5.4 Analýza měřených dat před vyrovnáním lze vysledovat, že nominální přesnost vodorovného a zenitového úhlu neodpovídá výběrovým směrodatným odchylkám vypočtených z měřených hodnot. Zároveň lze z testování polohového uzávěru a výpočtu vnější přesnosti pomocí Ferrerova vzorce určit, že výběrová směrodatná odchylka vypočtená z měření dosahuje menších hodnot, a proto byla pro vyrovnání použita směrodatná odchylka pro jednu skupinu určená z Ferrerova vzorce. Za směrodatnou odchylku zenitových úhlů byla určena střední hodnota mezi výběrovou směrodatnou odchylkou z indexových chyb a výběrovou směrodatnou odchylkou z protisměrně měřených úhlů. Tento postup byl zvolen z důvodu nízké hodnoty odchylky z indexových chyb a vysokých hodnot z protisměrně měřených zenitových úhlů. Směrodatná odchylka oboustranně měřených délek nabývá menší velikosti, než je nominální přesnost přístroje, a pro vyrovnání byla použita nominální přesnost dálkoměru. Vstupní směrodatné odchylky měřených veličin v jedné skupině nalezneme v Tab. 25.

<b>Veličina</b>	<b>Nominální</b>	<b>Z Ferrerova vzorce</b>		<b>Směrodatná odchylka pro vyrovnání</b>
<b>HZ</b>	0,3 mgon	1,06 mgon		1,06 mgon
	<b>Nominální</b>	<b>Z rozdílu protisměrně měřených</b>	<b>Z indexových chyb</b>	<b>Směrodatná odchylka pro vyrovnání</b>
<b>Z</b>	0,3 mgon	4,4 mgon	0,4 mgon	2,05 mgon
	<b>Nominální</b>	<b>Z rozdílu protisměrně měřených</b>		<b>Směrodatná odchylka pro vyrovnání</b>
<b>Délky</b>	0,8 mm	0,4 mm		0,8 mm

Tab. 25 - Výchozí směrodatné odchylky měřených veličin vstupujících do vyrovnání

Výsledné směrodatné odchylky pro jednotlivě měřené veličiny byly zvětšeny o 50 %, pokud se měření během analýzy projevilo jako podezřelé. Zároveň byly zvětšeny o 20 %, pokud bylo měření provedeno na cíl držený v ruce, pokud nebylo k cílení využito metody AUTOLOCK nebo FINELOCK a nebo pokud bylo měření provedeno pouze v jedné skupině. Pro vyrovnání bylo rozhodnuto o zprůměrování měření na počátek a na závěr, a zároveň byly patřičným způsobem upraveny i směrodatné odchylky těchto měření.

Pro vyrovnání polygonového pořadu byla použita metoda s opěrným bodem 500 a opěrným bodem 4101, který byl ale opěrný pouze v souřadnicích Y a X. Tento postup byl zvolen z důvodu neměření nivelace na bod 4101 a na možnost zanesení chyb ve výšce při použití výšky

tohoto bodu. Kromě měřených observací z bodů polygonového pořadu byla do vyrovnání zaimplementována i měřená převýšení pomocí velmi přesné nivelace společně s odchylkami těchto měření (Tab. 7). Vyrovnání bylo provedeno pro celý polygonový pořad včetně všech podrobných bodů najednou a apriorní směrodatná odchylka byla nastavena na hodnotu 1. Aposteriorní směrodatná odchylka získaná z vyrovnání nabyla hodnoty 0,89 a v rámci vyrovnání nedošlo k vyloučení žádných odlehlých měření. Výsledné souřadnice z vyrovnání pomocí programu Gama-local nalezneme v Tab. 26.

<b>Bod</b>	<b>Y [m]</b>	<b>X [m]</b>	<b>Z [m]</b>
<b>500</b>	844 831,491	996 056,369	759,941
<b>501</b>	844 925,592	996 018,825	763,064
<b>502</b>	845 006,592	995 986,412	763,300
<b>503</b>	845 016,498	995 982,588	763,469
<b>504</b>	845 008,330	995 916,762	764,345
<b>4001</b>	844 769,288	996 030,714	752,328
<b>4002</b>	844 838,772	996 068,399	760,938
<b>4003</b>	844 801,019	996 034,985	755,058
<b>4101</b>	844 493,054	995 756,669	791,055
<b>VB2</b>	845 016,985	995 979,446	761,217
<b>HVB1</b>	---	---	760,702
<b>7001</b>	845 069,442	995 961,560	763,241
<b>602</b>	844 916,119	996 022,421	762,888
<b>603</b>	844 957,842	996 005,770	763,257
<b>604</b>	845 006,571	995 986,881	763,268
<b>606</b>	845 016,970	995 976,732	764,022
<b>610</b>	845 005,631	995 909,143	764,133
<b>1009</b>	845 012,920	995 962,018	762,265
<b>1011</b>	844 993,309	995 992,173	762,038
<b>1013</b>	845 011,759	995 949,009	762,336
<b>1014</b>	845 011,141	995 940,265	762,291
<b>1015</b>	845 010,830	995 929,707	762,877
<b>1016</b>	845 010,944	995 933,892	763,909
<b>1018</b>	845 002,318	995 903,036	762,480
<b>1020</b>	844 978,255	995 997,355	761,974
<b>1021</b>	844 966,765	996 002,345	761,940
<b>KV-037-22</b>	---	---	752,791

Tab. 26 - Výsledné souřadnice v S-JTSK a Bpv z programu Gama-local

Výsledné přesnosti bodů hlavního polygonového pořadu z vyrovnání pak byly porovnány s přesnostmi určenými programem PPlanner.

Číslo bodu		PPlanner [mm]	Gama-local [mm]
500	S <sub>X</sub>	0,3	0,3
	S <sub>Y</sub>	0,2	0,3
	S <sub>Z</sub>	0,3	0,0
501	S <sub>X</sub>	0,4	1,5
	S <sub>Y</sub>	0,4	0,8
	S <sub>Z</sub>	0,5	0,2
502	S <sub>X</sub>	0,4	2,7
	S <sub>Y</sub>	0,4	1,2
	S <sub>Z</sub>	0,5	0,4
503	S <sub>X</sub>	0,3	2,8
	S <sub>Y</sub>	0,3	1,2
	S <sub>Z</sub>	0,4	0,4
504	S <sub>X</sub>	0,5	2,7
	S <sub>Y</sub>	0,7	2,4
	S <sub>Z</sub>	0,8	0,3

Tab. 27 - Porovnání přesností bodů hlavního polygonového pořadu mezi programy PPlanner a Gama-local

Jak je z Tab. 27 patrné, polohová přesnost nabývá vyšších hodnot než přesnost předpokládaná z programu PPlanner. Toto je způsobeno především orientací na bod 4101, který je považován v rámci vyrovnání za opěrný a ovlivňuje přesnost bodů polygonu, kdežto pro výpočet přesnosti v programu PPlanner nebyl použit. Oproti tomu výšková přesnost dosahuje lepších výsledků, než bylo předpokládáno. Toto je způsobeno vyrovnáním polygonového pořadu včetně měřených převýšení pomocí velmi přesné nivelace, která je přesnější než trigonometrické určení převýšení využité v programu PPlanner. Směrodatná odchylka výšky bodu 500 je rovna nule, protože byla tato výška pro výpočet nastavena jako jediná opěrná, tudíž bylo výškové měření počítáno z ní.

## 5.8 Testování podle vyhlášky č. 435/1992 Sb.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.4, hlavním testovacím kritériem pro měření v podzemí dle vyhlášky č. 435/1992 Sb. je testování polohové odchylky mezi dvěma nezávislými výpočty koncového bodu pořadu. Pro testování byl jako koncový bod zvolen bod 504. Pro toto testování byl v programu Gama-local dvakrát nezávisle na celé síti vypočten pouze hlavní polygonový pořad s fixním bodem 500 a opěrným bodem 4001 pro první výpočet a bodem 4101 pro druhý výpočet. Za souřadnice byly vzaty souřadnice určené z měření GNSS dat. Poprvé byl pořad vypočten z první fáze měření, kdy byly měřeny osnovy ze všech bodů pořadu. Za druhý výpočet se pak vzalo pouze měření v druhé fázi, kdy byla měřena pouze osnova na bodě 500 a 503. V obou výpočtech bylo počítáno s veličinami redukovanými na spojnici stabilizačních značek. Veškeré použité vzorce nalezneme ve vyhlášce č. 435/1992 Sb. [7].

Povolená odchylka v poloze koncového bodu otevřeného polygonového pořadu  $D_{x,y}$ , vypočtená z rozdílu souřadnic koncového bodu při dvou nezávislých měřeních, je

$$D_{x,y} = \pm \sqrt{D_I^2 + D_{II}^2} \quad (5.32)$$

kde  $D_I$  ... je povolená odchylka prvního měření polygonového pořadu (5.32)

$D_{II}$  ... je povolená odchylka druhého měření polygonového pořadu (5.33)

$$D_I = \pm 10^{-3} \sqrt{k_1 \cdot \Sigma L_I + k_2 \cdot \Sigma R_I^2} \quad (5.33)$$

$$D_{II} = \pm 10^{-3} \sqrt{k_1 \cdot \Sigma L_{II} + k_2 \cdot \Sigma R_{II}^2} \quad (5.34)$$

kde  $L_I, L_{II}$  ... měřená délka strany polygonového pořadu

$R_I, R_{II}$  ... přímá vzdálenost od koncového bodu na jednotlivé body

$k_1, k_2$  ... koeficienty, stanovené v závislosti na přesnosti měření (Tab. 28)

Přesnost měření	$k_1$	$k_2$
<b>Velmi přesná měření</b>	1	0,003
<b>Přesná měření</b>	2	0,008
<b>Technická měření</b>	3	0,040

Tab. 28 - Koeficienty  $k_1, k_2$  v závislosti na přesnosti měření

$k_1$	$k_2$	$\Sigma L_I$ [m]	$\Sigma L_{II}$ [m]	$\Sigma R_I^2$ [m]	$\Sigma R_{II}^2$ [m]	$D_I$ [mm]	$D_{II}$ [mm]	$D_{x,y}$ [mm]
1	0,003	256,622	265,602	77218,973	55162,06	22,300	20,763	<b>30,469</b>

Tab. 29 - Mezní rozdíl pro testování polohy koncového bodu 504

V Tab. 29 lze vysledovat jednotlivé výpočty pro určení mezního rozdílu v poloze koncového bodu 504. Polohová odchylka koncového bodu mezi dvěma výpočty se určí vztahem

$$p_{x,y} = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} \quad (5.35)$$

kde  $p_x$  ... je rozdíl polohy bodů 504 v x-ové souřadnici

$p_y$  ... je rozdíl polohy bodů 504 v y-ové souřadnici

Výsledné hodnoty polohové odchylky a její testování s mezním rozdílem nalezneme v Tab. 30.

Metoda	Y [m]	X [m]	$P_y$ [mm]	$P_x$ [mm]	$P_{x,y}$ [mm]	$D_{x,y}$ [mm]	Test
<b>1</b>	845 008,331	995 916,764	2,0	3,0	3,606	30,469	<b>ANO</b>
<b>2</b>	845 008,329	995 916,761					

Tab. 30 - Testování polohové odchylky s mezním rozdílem

Jak lze z výsledků v Tab. 30 vyčíst, polohová směrodatná odchylka splňuje požadovanou přesnost z vyhlášky č. 435/1992 Sb. a vybudované základní důlní bodové pole splňuje všechny závazné požadavky na přesnost uvedené v této vyhlášce.

## 6 Výsledky

<b>Bod</b>	<b>Y [m]</b>	<b>X [m]</b>	<b>Z [m]</b>
<b>500</b>	844 831,491	996 056,369	759,941
<b>501</b>	844 925,592	996 018,825	763,064
<b>502</b>	845 006,592	995 986,412	763,300
<b>503</b>	845 016,498	995 982,588	763,469
<b>504</b>	845 008,330	995 916,762	764,345
<b>HVB1</b>	844 845	996 054	760,702
<b>VB2</b>	845 016,985	995 979,446	761,217

Tab. 31 - Výsledné souřadnice bodů základního důlního bodového pole v S-JTSK a Bpv

<b>4001</b>	844 769,288	996 030,714	752,328
<b>4002</b>	844 838,772	996 068,399	760,938
<b>4003</b>	844 801,019	996 034,985	755,058
<b>7001</b>	845 069,442	995 961,560	763,241
<b>602</b>	844 916,119	996 022,421	762,888
<b>603</b>	844 957,842	996 005,770	763,257
<b>604</b>	845 006,571	995 986,881	763,268
<b>606</b>	845 016,970	995 976,732	764,022
<b>610</b>	845 005,631	995 909,143	764,133
<b>1009</b>	845 012,920	995 962,018	762,265
<b>1011</b>	844 993,309	995 992,173	762,038
<b>1013</b>	845 011,759	995 949,009	762,336
<b>1014</b>	845 011,141	995 940,265	762,291
<b>1015</b>	845 010,830	995 929,707	762,877
<b>1016</b>	845 010,944	995 933,892	763,909
<b>1018</b>	845 002,318	995 903,036	762,480
<b>1020</b>	844 978,255	995 997,355	761,974
<b>1021</b>	844 966,765	996 002,345	761,940

Tab. 32 - Výsledné souřadnice podrobných a zajišťovacích bodů v S-JTSK a Bpv

Výsledné souřadnice bodů základního důlního bodového pole a zaměřených podrobných bodů jsou výsledkem prostorového vyrovnání volného polygonového pořadu s fixním bodem 500 a opěrným bodem 4101. Mezi vyrovnáním v programu EasyNet a Gama-local se z důvodu zaokrouhlení na 3 desetinná místa vyskytují lehké odlišnosti, za výsledné souřadnice pak byly zvoleny body z vyrovnání v programu Gama-local. Jak je z výsledků vyrovnání patrné, v rámci měření bylo opomenuto polohové zaměření hlavního výškového bodu (HVB1) před portálem štoly. Z tohoto důvodu byla jeho poloha určena pouze přibližně z bodu 500 ve směru pořadu dovnitř štoly.

## 6.1 Porovnání souřadnic podrobných bodů

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo lokalizování, zaměření a následné porovnání vyrovnaných souřadnic se souřadnicemi bodů vypočtených v době ražby štoly. Výsledné souřadnice z doby ražby byly získány z archiválií [2] a jsou porovnány v Tab. 33.

<b>Bod</b>		Zaměření 2017	Zaměření 1952	Rozdíl [m]
<b>602</b>	Y [m]	844 916,119	844 913,427	2,692
	X [m]	996 022,421	996 023,621	1,200
<b>603</b>	Y [m]	844 957,842	844 958,170	0,328
	X [m]	996 005,770	996 005,779	0,009
<b>604</b>	Y [m]	845 006,571	845 002,673	3,898
	X [m]	995 986,881	995 987,989	1,108
<b>606</b>	Y [m]	845 016,970	845 017,221	0,251
	X [m]	995 976,732	995 976,773	0,041
<b>610</b>	Y [m]	845 005,631	845 005,933	0,302
	X [m]	995 909,143	995 909,188	0,045

Tab. 33 - Porovnání souřadnic podrobných bodů mezi roky 1952 a 2017

Jak je z Tab. 33 patrné, body 603, 606 a 610 jsou posunuty o přibližně konstantní hodnotu mezi zaměřeními a můžeme předpokládat, že byly zaměřeny původní body. U bodů 602 a 604 však dochází oproti předešlým bodům k velkým souřadnicovým rozdílům. Tyto rozdíly jsou způsobeny pravděpodobně špatnou identifikací původního bodu, z důvodu přeměření bodu a nena-  
lezení aktualizovaných souřadnic nebo restabilizací původních bodů na odlišném místě.

## 6.2 Porovnání souřadnic z vyrovnání, GNSS a výšek z ČSNS

Jelikož došlo k vyrovnání prostorové sítě, lze v rámci vyrovnání určit odchylky mezi souřadnicemi ze zpracování GNSS dat a vyrovnáním a porovnat výšky na bodech ČSNS.

<b>Bod</b>		Vyrovnání	GNSS	Rozdíl [mm]
<b>500</b>	Y [m]	844 831,491	844 831,488	<b>3</b>
	X [m]	996 056,369	996 056,366	<b>3</b>
	Z [m]	759,941	759,941	<b>0</b>
<b>4001</b>	Y [m]	844 769,288	844 769,287	<b>1</b>
	X [m]	996 030,714	996 030,710	<b>4</b>
	Z [m]	752,328	752, 313	<b>15</b>
<b>4101</b>	Y [m]	844 493,054	844 493,057	<b>3</b>
	X [m]	995 756,669	995 756,672	<b>3</b>
	Z [m]	791,055	791,061	<b>6</b>
<b>Bod</b>		Vyrovnání	ČSNS	Rozdíl [mm]
<b>KV-037-22</b>	Z [m]	752,791	752,630	<b>161</b>

Tab. 34 - Porovnání výsledných vyrovnaných souřadnic a souřadnic z GNSS a ČSNS

## 7 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vybudování, zaměření a připojení základního důlního bodového pole do závazných systémů S-JTSK a Bpv. Při připojování bodového pole do výškového systému Bpv došlo k zjištění nestability v rámci proměřeného trojúhelníku bodů ČSNS. Z tohoto důvodu bylo pro polohové i výškové připojení použito měření GNSS, a přestože byly výškové rozdíly určovány pomocí velmi přesné nivelace a měření proběhlo s přesností a metodikou pro II. řád, nelze výsledné výšky prohlásit za výšky určené s touto přesností, neboť metoda měření GNSS nedosahuje dostatečné přesnosti.

Dalším úkolem bylo vyhledání, zaměření a porovnání souřadnic bodů polygonu z doby ražby v roce 1952. Z výsledků je patrné, že mezi původně zaměřenými body a body zaměřenými dnes vznikají rozdíly. Ty jsou pro většinu bodů konstantní, a lze je tedy přisoudit různým metodám připojení a přesností použitých pomůcek.

Během celého zpracování dat bylo provedeno mnoho testování a analýz, které potvrdily kvalitu měření a následných výsledků. Pro body základního důlního bodového pole a pro zajišťovací body před portálem Štoly č. 1 byly vytvořeny geodetické údaje doplněné místopisným náčrtem a fotografií daného bodu. Výsledné souřadnice bodového pole poslouží jako podklad pro další geodetické a jiné práce prováděné v tomto komplexu. Jedná se především o 3D model prostoru štoly, který byl naskenován v průběhu měření polygonu a jeho stanoviska byla zaměřena jako podrobné body číslované od hodnoty 1000.

Přestože bylo dosaženo výsledků s poměrně vysokou přesností, výškové připojení přes GNSS není pro přesnější práce nejvhodnější. Bylo by proto vhodné provést rozsáhlejší měřické práce pomocí nivelace a provést ověření stability bodů ČSNS v Jáchymově. Z nich poté určit opravenou výšku bodu KV-037-22 na blízké budově dolu Svornost, ze kterého by mohlo být uskutečněno ověření výškového připojení provedeného v této práci.



## Použité zdroje

- [1] *Databáze bodových polí* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://bodovapole.cuzk.cz/>
- [2] *Důl Svornost - patro Barbora: štolová patra, I. patro.*
- [3] *Teodolitický zápisník č.73: Svornost - štola s povrchu.* 1952
- [4] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [5] Hanousek, D.: *Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly Josef.* Praha, 2016. Diplomová práce. Fakulta stavební ČVUT v Praze.
- [6] Hampacher, M.; Štroner, M.: *Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii.* 2. vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05843-5.
- [7] *Úplné komentované znění vyhlášky Českého báňského úřadu č. 435/1992 Sb. o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem.* 1997. Praha.
- [8] *Metodický návod pro práce v základním výškovém bodovém poli* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://owncloud.cesnet.cz/index.php/s/F4qh0epJQXeRXgP#pdfviewer>
- [9] Bajer, M.; Procházka J.: *Inženýrská geodézie: Návod ke cvičením.* 2. vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-03923-6.
- [10] Suldovský, J.; Horák V.: *Kronika horního města Jáchymova a jeho hornictví v kontextu dějin zemí koruny české.* Ústí nad Labem: Studio 071 s.r.o, 2009. ISBN 978-80-254-4701-7.
- [11] *PrecisPlanner 3D* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/PPlanner/#li>
- [12] Ing. P. Třasák, Ph.D.: *EasyNet* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://adjustsolutions.cz/easynet/>
- [13] Prof. Ing. A. Čepěk, CSc.: *GNU - Gama* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/software/Gama/>

## Seznam obrázků

Obr. 1 - Umístění Štoly č. 1 .....	9
Obr. 2 - Rozložení bodů ČSNS a hlavního výškového bodu HVB1 .....	11
Obr. 3 - Výpočet polygonového pořadu .....	12
Obr. 4 - Teodolitický zápisník.....	12
Obr. 5 - Schéma zajišťovacích bodů kolem bodu 500.....	13
Obr. 6 - Stabilizace bodu č. 500 .....	14
Obr. 7 - Stropní stabilizace bodu č. 503.....	14
Obr. 8 - Stabilizace bodu VB2 .....	14
Obr. 9 - Stabilizace bodu HVB1 .....	14
Obr. 10 - Schéma hlavních bodů polygonu, připojovacích a výškových bodů v prostorách štoly .....	15
Obr. 11 - Totální stanice Trimble S8 HP.....	18
Obr. 12 - Nivelační přístroj Trimble DiNi 12T .....	20
Obr. 13 - Observace na bodě 4001.....	21
Obr. 14 - Část protokolu z programu Trimble Business Center.....	27
Obr. 15 - Vstupní okno programu PPlanner.....	30
Obr. 16 - Ukázka vstupních dat měření pro PPlanner.....	31
Obr. 17 - Ukázka ze zpracování vodorovných směrů v programu MS Office Excel 2016 .....	32
Obr. 18 - Ukázka programu EasyNet.....	42
Obr. 19 - Ukázka protokolu o vyrovnání z programu EasyNet.....	44

## Seznam tabulek

Tab. 1 - Způsob stabilizace měřených bodů .....	14
Tab. 2 - Technické údaje o měření.....	16
Tab. 3 - Hodnoty délky laťového metru určené z kalibrace [5].....	22
Tab. 4 - Převýšení jednotlivých nivelovaných oddílů.....	23
Tab. 5 - Aplikace oprav z roztažnosti a z délky laťového metru .....	24
Tab. 6 - Porovnání vypočtené a mezní hodnoty střední kilometrové chyby.....	25
Tab. 7 - Výsledná převýšení po všech opravách se směrodatnými odchylkami .....	25
Tab. 8 – Porovnání nivelovaného a vypočteného převýšení .....	26
Tab. 9 - Výsledné souřadnice z vlastního zpracování a firmou Trimble Geotronics .....	28
Tab. 10 - Tabulka s rozdíly mezi výslednými souřadnicemi ze zpracování .....	28
Tab. 11 - Porovnání převýšení mezi body a výsledné váhy observací.....	29
Tab. 12 - Výsledné souřadnice ze zpracování GNSS dat .....	29
Tab. 13 - Přibližné souřadnice vstupující do programu PPlanner .....	31
Tab. 14 - Přesnosti bodů polygonového pořadu z programu PPlanner.....	31
Tab. 15 - Testování výběrových směrodatných odchylek .....	34
Tab. 16 - Testování nominální a výběrové směrodatné odchylky.....	34
Tab. 17 - Kritické hodnoty pro dvě hladiny významnosti .....	35
Tab. 18 - Tabulka porovnání protisměrně měřených délek .....	36
Tab. 19 - Vnější přesnost měřených délek.....	36
Tab. 20 - Testování protisměrně měřených délek dle vyhlášky č. 435/1992 Sb. ....	37
Tab. 21 - Souřadnice těžiště a měřítkový koeficient do zobrazovací roviny .....	38
Tab. 22 - Porovnání převýšení mezi trigonometrickou nivelací a velmi přesnou nivelací a přibližné výšky bodů .....	40
Tab. 23 - Porovnání směrodatné odchylky v jedné skupině určené programem EasyNet a vypočtené v Excelu.....	42
Tab. 24 - Výsledné souřadnice v S-JTSK a Bpv z programu EasyNet.....	43
Tab. 25 - Výchozí směrodatné odchylky měřených veličin vstupujících do vyrovnání .....	45
Tab. 26 - Výsledné souřadnice v S-JTSK a Bpv z programu Gama-local .....	46
Tab. 27 - Porovnání přesností bodů hlavního polygonového pořadu mezi programy PPlanner a Gama-local .....	47

Tab. 28 - Koeficienty $k_1$ , $k_2$ v závislosti na přesnosti měření .....	48
Tab. 29 - Mezní rozdíl pro testování polohy koncového bodu 504.....	49
Tab. 30 - Testování polohové odchylky s mezním rozdílem.....	49
Tab. 31 - Výsledné souřadnice bodů základního důlního bodového pole v S-JTSK a Bpv .....	50
Tab. 32 - Výsledné souřadnice podrobných a zajišťovacích bodů v S-JTSK a Bpv.....	50
Tab. 33 - Porovnání souřadnic podrobných bodů mezi roky 1952 a 2017 .....	51
Tab. 34 - Porovnání výsledných vyrovnaných souřadnic a souřadnic z GNSS a ČSNS.....	51
Tab. 35 - Seznam všech souřadnic v S-JTSK a Bpv.....	59
Tab. 36 - Polohová a souřadnicová odchylka, velikost hlavních os a úhel stočení elipsy chyb pro všechny body .....	60

## Seznam zkratek

GNSS	[Global Navigation Satellite System] Globální družicový navigační systém
S-JTSK	System jednotné trigonometrické sítě katastrální
BPV	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČSNS	Česká státní nivelační síť
ZÚ	Zeměměřičský úřad
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
CZEPOS	[Czech Positioning System] Síť permanentních stanic GNSS České Republiky
RINEX	[Receiver Independent Exchange format]
MNČ	Metoda nejmenších čtverců

## Seznam příloh

Příloha č. 1 - Seznam všech souřadnic.....	59
Příloha č. 2 - Směrodatné odchylky a parametry elipsy chyb .....	60
Příloha č. 3.1 - Ukázka vstupního souboru programu EasyNet.....	61
Příloha č. 3.2 - Ukázka výstupního souboru programu EasyNet .....	62
Příloha č. 4.1 - Ukázka vstupního souboru programu Gama-local .....	64
Příloha č. 4.1 - Ukázka výstupního souboru programu Gama-local .....	66
Příloha č. 5 - Záznam o výpočtu polygonového pořadu z roku 1952 .....	69
Příloha č. 6 - Výkres elips chyb - polygonový pořad.....	70
Příloha č. 7 - Geodetické údaje.....	71

### Digitální příloha na CD:

1_Merena_data	- surová měřená data z totální stanice a poznámky z měření
2_GNSS	- výstupy z GNSS aparatur a programu Trimble Business Center
3_Nivelace	- surová měřená data z nivelačního přístroje
4_Analyza	- výpočty v programu Microsoft Excel
5_PPlanner	- vstupní a výstupní data z programu PPlanner
6_Gama_local	- vstupní a výstupní soubory pro vyrovnání v programu Gama-local
7_EasyNet	- vstupní a výstupní soubory pro vyrovnání v programu EasyNet
8_Bakalarska_prace	- bakalářská práce a přílohy ve formátu *.pdf

## Příloha č. 1 - Seznam všech souřadnic

<b>Bod</b>	<b>Y [m]</b>	<b>X [m]</b>	<b>Z [m]</b>
<b>500</b>	844 831,491	996 056,369	759,941
<b>501</b>	844 925,592	996 018,825	763,064
<b>502</b>	845 006,592	995 986,412	763,300
<b>503</b>	845 016,498	995 982,588	763,469
<b>504</b>	845 008,330	995 916,762	764,345
<b>HVB1</b>	844 845	996 054	760,702
<b>VB2</b>	845 016,985	995 979,446	761,217
<b>4001</b>	844 769,288	996 030,714	752,328
<b>4002</b>	844 838,772	996 068,399	760,938
<b>4003</b>	844 801,019	996 034,985	755,058
<b>7001</b>	845 069,442	995 961,560	763,241
<b>602</b>	844 916,119	996 022,421	762,888
<b>603</b>	844 957,842	996 005,770	763,257
<b>604</b>	845 006,571	995 986,881	763,268
<b>606</b>	845 016,970	995 976,732	764,022
<b>610</b>	845 005,631	995 909,143	764,133
<b>1009</b>	845 012,920	995 962,018	762,265
<b>1011</b>	844 993,309	995 992,173	762,038
<b>1013</b>	845 011,759	995 949,009	762,336
<b>1014</b>	845 011,141	995 940,265	762,291
<b>1015</b>	845 010,830	995 929,707	762,877
<b>1016</b>	845 010,944	995 933,892	763,909
<b>1018</b>	845 002,318	995 903,036	762,480
<b>1020</b>	844 978,255	995 997,355	761,974
<b>1021</b>	844 966,765	996 002,345	761,940

Tab. 35 - Seznam všech souřadnic v S-JTSK a Bpv

## Příloha č. 2 - Směrodatné odchytky a parametry elipsy chyb

<b>Bod</b>	<b><math>m_p</math> [mm]</b>	<b><math>m_{XY}</math> [mm]</b>	<b>a [mm]</b>	<b>b [mm]</b>	<b><math>\alpha</math> [gon]</b>
<b>500</b>	0,5	0,3	0,5	0,0	53,9
<b>501</b>	1,7	1,2	1,7	0,4	26,2
<b>502</b>	2,9	2,1	2,9	0,4	24,9
<b>503</b>	3,1	2,2	3,1	0,3	24,8
<b>504</b>	3,6	2,6	3,5	0,9	44,7
<b>4001</b>	1,2	0,9	1,0	0,6	181,6
<b>4002</b>	1,0	0,7	0,9	0,4	40,7
<b>4003</b>	1,0	0,7	0,7	0,7	46,8
<b>4101</b>	0,5	0,3	0,5	0,0	53,9
<b>7001</b>	4,0	2,8	4,0	0,5	24,5
<b>602</b>	2,9	2,1	2,8	0,9	24,6
<b>603</b>	2,7	1,9	2,5	0,9	25,2
<b>604</b>	3,0	2,1	2,9	0,9	24,6
<b>606</b>	3,2	2,3	3,2	0,5	24,7
<b>610</b>	3,8	2,7	3,6	1,0	46,1
<b>1009</b>	3,3	2,3	3,2	0,6	30,2
<b>1011</b>	2,9	2,0	2,7	0,9	24,8
<b>1013</b>	3,4	2,4	3,3	0,7	34,3
<b>1014</b>	3,5	2,5	3,4	0,8	36,5
<b>1015</b>	3,6	2,5	3,5	0,8	39,4
<b>1016</b>	3,5	2,5	3,4	0,8	38,2
<b>1018</b>	3,8	2,7	3,7	1,1	48,7
<b>1020</b>	2,7	1,9	2,6	0,9	25,2
<b>1021</b>	2,7	1,9	2,5	0,9	25,2

Tab. 36 - Polohová a souřadnicová odchytky, velikost hlavních os a úhel stočení elipsy chyb pro všechny body



### Příloha č. 3.1 - Ukázka vstupního souboru programu EasyNet

```
1 503 0.6420 *STN
-1
500 199.2238 2.9725 399.99908 100.38345
7001 56.9907 2.0000 199.90650 98.73917
...
1 500 3.5430 *STN
-1
4101 453.1333 2.0000 129.70306 95.82796
4003 37.7849 2.0000 136.88808 110.88157
99 0.0000 2.0000 140.19696 95.96229
503 199.2232 1.0015 0.00031 99.68355
4001 67.9072 2.0980 150.94003 108.51774
4001 67.9073 2.0980 350.94088 291.48205
503 199.2232 1.0015 200.00083 300.31779
...
503 199.2231 1.0015 0.00001 99.68286
4001 67.9072 2.0980 150.94059 108.51773
4001 67.9074 2.0980 350.94033 291.48221
503 199.2238 1.0015 200.00057 300.31789
99 0.0000 2.0000 340.19767 304.04355
4003 37.7839 2.0000 336.88854 289.12070
4101 453.1338 2.0000 329.70255 304.1736
/
-2
```

## Příloha č. 4.2 - Ukázka výstupního souboru programu EasyNet

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

\*\*\*\*\*

Kontakt: Ing. Pavel Třasák, Ph.D. (pavel.trasak@gmail.com)

Protokol D - Transformace s vyrovnáním

\*\*\*\*\*

Vytvořeno: 25.5.2017 15:44:51

D-01-1 Identické body - Vstupní souřadnicový systém

---

---

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo

B: Číslo bodu

C: Souřadnice X [m]

D: Souřadnice Y [m]

E: Souřadnice Z [m]

Data:

~~~~~

A	B	C[m]	D[m]	E[m]
1	500	996056.3654	844831.4877	759.9498
2	4101	995756.6693	844493.0498	791.0865

...

D-02 Základní informace o transformaci s vyrovnáním - Identické body

---

---

Základní informace

---

Počet identických bodů: 2

Vyloučení odlehlých hodnot

---

Metoda robustního odhadu: Huber

Hladina významnosti: 0.05

Počet vyloučených odlehlých hodnot: 0/6 [0.000]

...

D-03 Základní informace o transformaci s vyrovnáním - Transformační klíč

---

---

Základní informace

---

Počet transformovaných bodů: 25

Počet fixních bodů: 0

Počet vyrovnaných bodů: 25

...

D-06 Transformované souřadnice (Aposteriorní přesnost)

Legendá:

~~~~~

A: Pořadové číslo

B: Číslo bodu

C: Souřadnice X [m]

D: Souřadnice Y [m]

E: Souřadnice Z [m]

F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]

G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]

H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C[m]	D[m]	E[m]	F[mm]	G[mm]	H[mm]
1	500	996056.3687	844831.4911	759.9410	0.58	0.26	0.30
2	501	996018.8243	844925.5921	763.0642	0.37	0.21	0.29
...							
22	4002	996068.3985	844838.7724	760.9380	0.61	0.34	0.30
23	4003	996034.9854	844801.0193	755.0571	0.63	0.33	0.51
24	4101	995756.6716	844493.0539	791.0777	0.85	1.48	4.87
25	7001	995961.5591	845069.4417	763.2415	0.48	0.24	0.60

## Příloha č. 5.1 - Ukázka vstupního souboru programu Gama-local

```
<?xml version="1.0" ?>

<Gama-local version="2.0">
<network axes-xy="sw" angles="left-handed">

<description>
Jachymov Stola c.1
Datum mereni: 6.-8.4.2017
Meril: Jan Seidl
</description>

<parameters
sigma-apr="1"
sigma-act="apriori"
conf-pr="0.95"
tol-abs="100"
update-constrained-coordinates="yes" />

<points-observations>
<point id="500" y="844831.4880" x="996056.3660" z="759.9410" adj="XYZ" />
<point id="4101" y="844493.0570" x="995756.6720" z="791.0610" adj="XYZ" />
<point id="501" adj="xyz"/>
<point id="502" adj="xyz"/>
...
<point id="9101" adj="z"/>
<point id="9171" adj="z"/>
<point id="9181" adj="z"/>

<obs from="503">
<direction to="500" val="399.9992" stdev="9.7" />
<z-angle to="500" val="101.1272" stdev="14.5" />
<s-distance to="500" val="199.2076" stdev="0.6" />

<direction to="7001" val="199.9080" stdev="13.7" />
<z-angle to="7001" val="100.2559" stdev="20.4" />
<s-distance to="7001" val="56.9677" stdev="0.8" />

<direction to="504" val="283.6986" stdev="13.7" />
<z-angle to="504" val="99.1597" stdev="25.4" />
<s-distance to="504" val="66.3363" stdev="0.8" />

<direction to="502" val="399.2938" stdev="18.7" />
<z-angle to="502" val="101.0125" stdev="25.4" />
<s-distance to="502" val="10.6206" stdev="0.8" />

<direction to="501" val="399.9876" stdev="13.7" />
```

```
<z-angle to="501" val="100.2629" stdev="20.4" />
<s-distance to="501" val="97.8637" stdev="0.8" />

</obs>
<obs from="502">
  <direction to="500" val="399.9995" stdev="9.2" />
  <z-angle to="500" val="101.1323" stdev="14.5" />
  <s-distance to="500" val="188.5881" stdev="0.6" />

  <direction to="501" val="0.0364" stdev="9.1" />
  <z-angle to="501" val="100.1713" stdev="20.4" />
  <s-distance to="501" val="87.2444" stdev="0.8" />

  <direction to="503" val="199.2590" stdev="14.1" />
  <z-angle to="503" val="98.9847" stdev="20.4" />
  <s-distance to="503" val="10.6204" stdev="0.8" />

  <direction to="7001" val="199.7759" stdev="14.1" />
  <z-angle to="7001" val="100.0566" stdev="25.4" />
  <s-distance to="7001" val="67.5852" stdev="0.8" />
</obs>
...

<height-differences>
  <dh from="9002" to="504" val="3.1288" stdev="0.16" />
  <dh from="9002" to="502" val="2.0833" stdev="0.27" />
  <dh from="9002" to="503" val="2.2536" stdev="0.64" />
  <dh from="9002" to="501" val="1.8476" stdev="0.20" />
  <dh from="501" to="9001" val="-2.3626" stdev="0.20" />
  <dh from="9001" to="500" val="-0.7606" stdev="0.08" />
  <dh from="9001" to="4002" val="0.2365" stdev="0.11" />
  <dh from="4002" to="500" val="-0.9969" stdev="0.10" />
  <dh from="4002" to="500" val="-0.9971" stdev="0.10" />
  <dh from="9001" to="500" val="-0.7605" stdev="0.08" />
  <dh from="9001" to="4002" val="0.2367" stdev="0.10" />
...

</height-differences>
</points-observations>
</network>
</Gama-local>
```

## Příloha č. 6.1 - Ukázka výstupního souboru programu Gama-local

Vyrovnání místní geodetické sítě verze: 1.18 32bit-envelope / MSVC 1900

\*\*\*\*\*

<http://www.gnu.org/software/Gama/>

Přibližné souřadnice

\*\*\*\*\*

souřadnice	xyz	xy	z	
dané	:	2	0	0
vypočtené	:	23	0	5
-----				
celkem	:	25	0	5
měření	:	149		

Popis sítě

\*\*\*\*\*

Jachymov Stola c.1

Datum mereni: 6.-8.4.2017

Meril: Jan Seidl

Souradnicovy system: S-JTSK, Bpv

Základní parametry vyrovnání

\*\*\*\*\*

Souřadnice	xyz	xy	z
------------	-----	----	---

Vyrovnané	:	25	0	5
-----------	---	----	---	---

Opěrné *	:	1	1	0
----------	---	---	---	---

Pevné	:	0	0	0
-------	---	---	---	---

-----				
Celkem	:	25	0	5

Počet směrů	:	44	Počet osnov	:	8
-------------	---	----	-------------	---	---

Nivelační převýšení	:	17
---------------------	---	----

Zenitové úhly	:	44
---------------	---	----

Šikmé délky	:	44
-------------	---	----

Celkem pozorování	:	149
-------------------	---	-----

Počet rovnic oprav	:	149	Počet neznámých:	88
--------------------	---	-----	------------------	----

Počet nadbyt. pozorování:	65	Defekt sítě	:	4
---------------------------	----	-------------	---	---

m0 apriorní : 1.00

m0' aposteriorní: 0.89 [pvv] : 5.15922e+01

Při statistické analýze se pracuje

- s apriorní jednotkovou střední chybou 1.00
- s konfidenční pravděpodobností 95 %

Poměr  $m_0'$  aposteriorní /  $m_0$  apriorní: 0.891  
 95 % interval (0.828, 1.171) obsahuje hodnotu  $m_0'/m_0$

Maximální normovaná oprava 1.95 nepřesahuje kritickou hodnotu 1.96  
 na hladině významnosti 5 % pro pozorování #67  
 <direction from="503" to="501" val="399.9880" stdev="9.2" />

#### Vyrovnané souřadnice

\*\*\*\*\*

i	bod	přibližná	korekce	vyrovnaná	stř.ch.	konf.i.
		hodnota		[m]	hodnota [mm]	
500						
4	X *	996056.36600	0.00269	996056.36869	0.3	0.6
5	Y *	844831.48800	0.00304	844831.49104	0.3	0.7
7	Z *	759.94100	0.00000	759.94100	0.0	0.0
501						
17	x	996018.82165	0.00297	996018.82461	1.5	3.0
18	y	844925.58890	0.00331	844925.59221	0.8	1.5
19	z	763.06385	0.00022	763.06407	0.2	0.4
...						
9002						
71	x	995979.44583	0.00059	995979.44642	2.9	5.6
72	y	845016.98238	0.00263	845016.98501	1.3	2.5
73	z	761.21559	0.00089	761.21648	0.3	0.6
...						
9181						
88	z	753.30360	0.00003	753.30363	0.4	0.8

#### Vyrovnané orientační posuny

\*\*\*\*\*

i	stanovisko	přibližná	korekce	vyrovnaná	stř.ch.	konf.i.
		hodn. [g]		[g]	hodn. [g] [cc]	
1	503	324.159956	0.000000	324.159956	11.8	23.1
...						
80	500	124.157026	-0.000000	124.157026	6.5	12.7

## Střední chyby a parametry elips chyb

\*\*\*\*\*

bod	mp [mm]	mxy [mm]	střed. el. chyb			konfid. el. chyb g		
			a [mm]	b	alfa[g]	a' [mm]	b'	
500	0.5	0.3	0.5	0.0	53.9	1.1	0.0	0.0
...								
9002	3.1	2.2	3.1	0.4	25.1	7.6	1.0	0.0

Maximální střední polohová chyba je 4.0 mm na bodě 7001

Průměrná polohová chyba je 2.7 mm

## Vyrovnaná pozorování

\*\*\*\*\*

i	stanovisko	cíl	měřená hodnota	vyrovnaná [m g]	stř.ch. [mm cc]	konf.i.
1	503	500 směr	399.999200	399.998020	6.6	12.9
2		500 zenit	101.127200	101.127587	1.2	2.4
3		500 šikmá	199.20760	199.20772	0.3	0.5
4		7001 směr	199.908000	199.908636	8.6	16.8
5		7001 zenit	100.255900	100.255615	12.8	25.1
6		7001 šikmá	56.96770	56.96728	0.4	0.8
7		504 směr	283.698600	283.699207	9.1	17.8
8		504 zenit	99.159700	99.159231	2.9	5.6
9		504 šikmá	66.33630	66.33596	0.4	0.8
...						
148	9181	9101 přev.	-0.51270	-0.51274	0.3	0.5
149		9171 přev.	-14.72150	-14.72147	0.2	0.5

## Opravy a analýza pozorování

\*\*\*\*\*

i	stanovisko	cíl	f[%]	v	v'	e-mer. [mm cc]	e-vyr. [mm cc]
1	503	500 směr	32.3	-11.796	1.7	-21.8	-10.0
2		500 zenit	91.7	3.875	0.3	3.9	0.0
...							
149		9171 přev.	13.7	0.026	0.2	0.1	0.1

## Ověření normálního rozdělení homogenizovaných oprav

Test Kolmogorov-Smirnov : 0.0 %





## Příloha č. 7 - Záznam o výpočtu polygonového pořadu z roku 1952

*Vlastní výpočet, připojení*

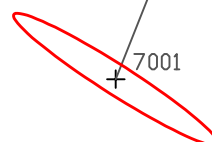
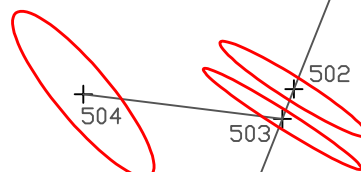
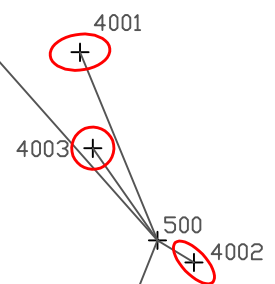
Výpočet souřadnic bodů polygonových pořadů

Číslo	Bod	Úhly a úhlové vyrovnání			Jižníky $\sigma$			Strany s	sin $\sigma$ cos $\sigma$	Souřadnicové vyrovnání a souřadnice		Součinitele	
										y	x	z	z
1	2	3			4			5	6	7	8	9	
	B-e	10°	39'	57"						844. 777.100	996. 025.220		B
	B	67°	30'	33"					0. 92. 822	+ 3.3.141	+ 13.272		
	A	126°	38'	23"	68°	10'	30"	35.700	0. 37. 177 0.25.569	- 810.241 + 4.932	- 048.492 + 17.681		A
	B	282°	31'	45"	14°	48'	53"	18.389	0. 96. 676 0.88.826	- 815.173 + 2.8.544	- 066.173 - 14.760		B
	1	193°	78'	00"	130°	32'	15"	32.125	0.45.922 0.92.890 2.29.923	- 843.717 + 69.710	- 051.412 - 27.792		1
	2	204	44	44	124°	15'	15"	75.045	0.37.033 0.92.887 2.39.927	- 913.427 + 44.743	- 023.621 - 17.842		2
	3	244	44	50	124	15	59	48.169	0.37.040 0.92.884 2.29.922	- 958.170 + 44.603	- 005.779 - 17.790		3
	4	199	15	75	124	16	09	48.020	0.37.048 0.93.367 2.29.922	845. 002. 673 + 12.972	995. 987. 989 - 4.976		4
	5	260	93	13	123	31	84	13.894	0.35.815 0.24.489 2.21.444	- 015.645 + 1.576	- 983.013 - 6.240		5
	6	232	41	08	184	24	97	64.336	0.96.955 0.96.595 2.22.467	- 017.221 - 4.605	- 976.773 - 17.195		6
	8	187	51	00	216	65	97	17.799	0.25.872 0.06.545 2.06.331	- 012.616 - 1.926	- 959.580 - 29.364		8
	9	209	99	50	204	16	97	29.427	0.99.787 0.22.067 2.19.601	- 010.690 - 4.757	- 930.216 - 21.028		9
	10	223	21	75	244	16	47	21.559	0.97.535 0.54.089 2.38.198	- 025.923 - 11.117	- 909.188 - 17.288		10
	11	169	03	75	236	38	2.2	20.554	0.84.109 0.08.503 2.08.141	844. 994. 816 - 1.475	- 891. 900 - 17.288		11
	12	200	18	74	205	41	97	17.351	0.99.638 0.08.796 2.08.409	- 993.341 - 1.526	- 874. 612 - 17.284		12
	13				205	60	71	17.351	0.99.613	- 991.815	- 857.228		13

T. č. 578 254 H

# Příloha č. 6 - Výkres elips chyb - polygonový pořad

4101



Výkres 1 : 2 500

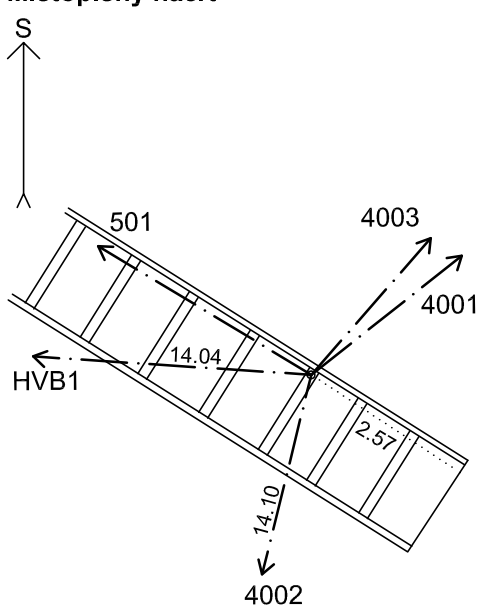

Elipsy chyb 4 : 1



# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	844 831.491	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>500</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	996 056.369	<b>Místopisný náčrt</b> 	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován v hlavě svérkového šroubu kolejnice před portálem Štoly č. 1		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	759.941		
<b>Poznámka:</b> Poloha bodu je vztažena k důlku vyvrtaném v hlavě šroubu. Výška bodu je vztažena k okraji bodu. S-JTSK Způsob určení: vyrovnání MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl		<b>Nárys nebo detail</b>			
					
<b>Platnost od:</b>					
		1.6.2017			

## Fotografie bodu



# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	844 925.592	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>501</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	996 018.825	<b>Místopisný náčrt</b> 	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován mosaznou hřebovou značkou navrtnanou do skály na stropě.		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	763.064		
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Způsob určení: vyrovnaní MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl  Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na stěně		<b>Nárys nebo detail</b>			
<b>Platnost od:</b>					
		1.6.2017			

## Fotografie bodu





# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	845 006.592	<b>SM-5</b>	Jáchymov 8-7
<b>502</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	995 986.412	<b>Místopisný náčrt</b> 	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován mosaznou hřebovou značkou navrtnou do skály na stropě.		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	763.300		
		<b>Nárys nebo detail</b> 			
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Způsob určení: vyrovnaní MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl  Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na stěně					
<b>Platnost od:</b> 1.6.2017					

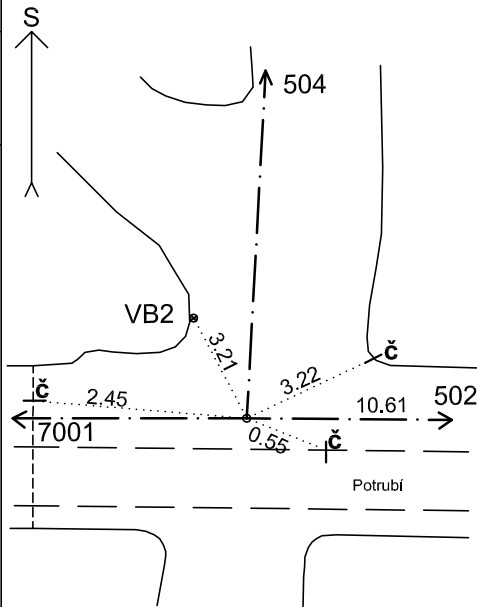

## Fotografie bodu



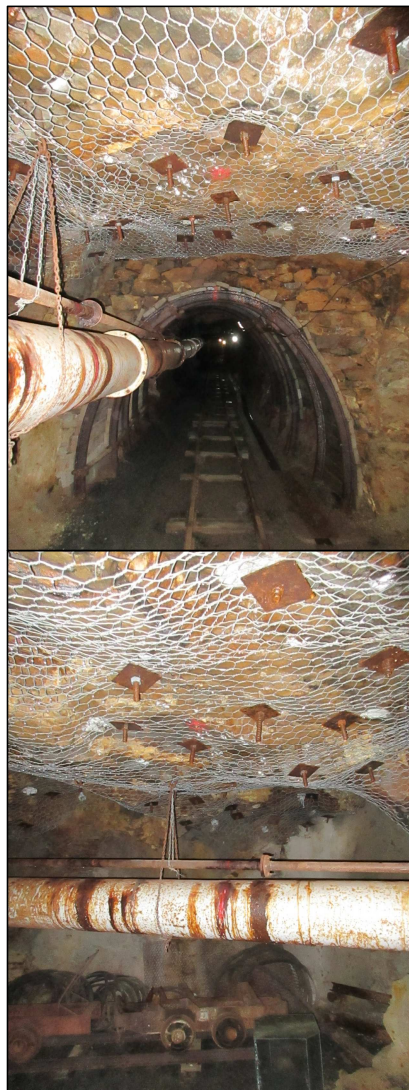
# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	845 016.498	<b>SM-5</b>	Jáchymov 8-7
<b>503</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	995 982.588	<b>Místopisný náčrt</b> 	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován mosaznou hřebovou značkou navrtnanou do skály na stropě.		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	763.469		
		<b>Nárys nebo detail</b> 			
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Způsob určení: vyrovnání MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl  Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na stěně					
<b>Platnost od:</b> 1.6.2017					

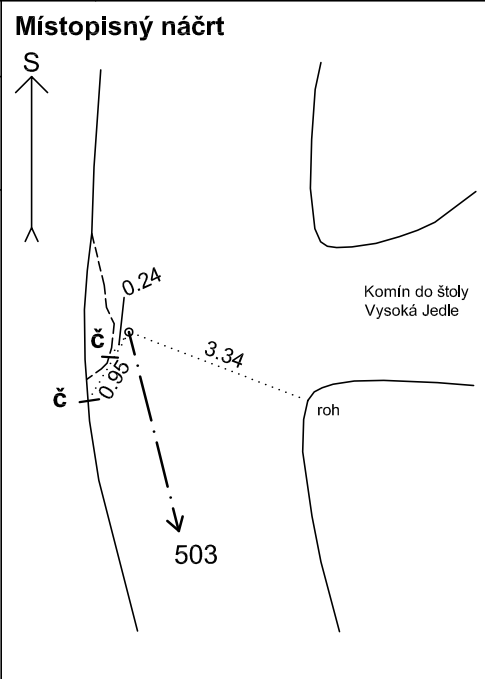

## Fotografie bodu



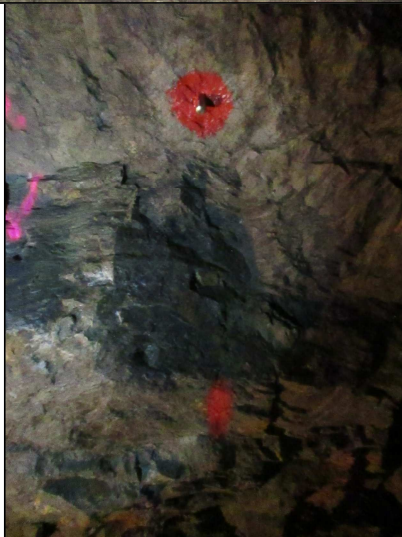
# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	845 008.330	<b>SM-5</b>	Jáchymov 8-7
<b>504</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	995 916.762	<b>Místopisný náčrt</b> 	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován mosaznou hřebovou značkou navrtnanou do skály na stropě.		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	764.345		
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Určen metodou MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl  Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na stěně		<b>Nárys nebo detail</b>			
					
<b>Platnost od:</b>					
		1.6.2017			

## Fotografie bodu





# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b> <b>4001</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b> FSv ČVUT v Praze 2017	<b>Y</b>	844 769.288	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován měřickým hřebem na krajnici silnice u parkoviště pod portálem Štoly č. 1		<b>X</b>	996 030.714	<b>Místopisný náčrt</b> 	
		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	752.328		
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Způsob určení: vyrovnání MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl  Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na sloupu VN		<b>Nárys nebo detail</b>			
<b>Platnost od:</b>		1.6.2017			

## Fotografie bodu

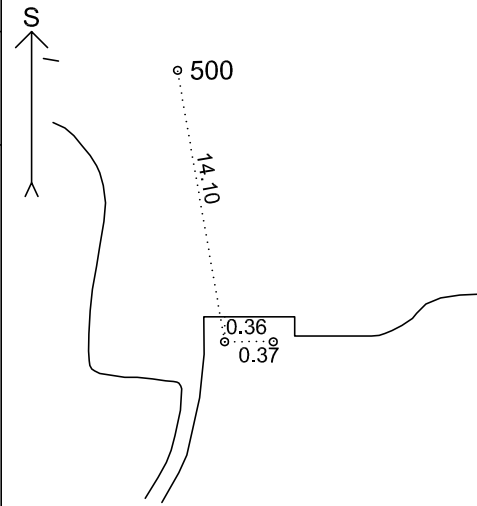





# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b> <b>4002</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b> FSv ČVUT v Praze 2017	<b>Y</b>	844 838.772	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován v hlavě šroubu umístěného před portálem		<b>X</b>	996 068.399	<b>Místopisný náčrt</b> 	
		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	760.938		
<b>Poznámka:</b> Poloha bodu je vztažena k důlku vyvrtaném v hlavě šroubu. Výška bodu je vztažena k okraji bodu. S-JTSK Způsob určení: vyrovnání MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl		<b>Nárys nebo detail</b>			
					
<b>Platnost od:</b>		1.6.2017			

## Fotografie bodu



# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod</b> <b>4003</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b> FSv ČVUT v Praze 2017	<b>Y</b>	844 801.019	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován pomocí odrazného štítku umístěném na budově muzea Štoly č. 1		<b>X</b>	996 034.985	<b>Místopisný náčrt</b> 	
		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	755.058		
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Způsob určení: vyrovnání MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl		<b>Nárys nebo detail</b>			
		<b>Platnost od:</b> 1.6.2017			

## Fotografie bodu





# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

**Katastrální území:** Jáchymov

**Obec:** Jáchymov

<b>Bod 7001</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b> FSv ČVUT v Praze 2017	<b>Y</b>	845 069.442	<b>SM-5</b>	Jáchymov 8-7
		<b>X</b>	995 961.560	<b>Místopisný náčrt</b>	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován mosaznou trnovou značkou ve stěně tunelu ve výšce 2m.		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	763.241		
		<b>Nárys nebo detail</b>			
<b>Poznámka:</b> S-JTSK Způsob určení: vyrovnání MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl  Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na stěně					

## Fotografie bodu



# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO VÝŠKOVÉHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

Katastrální území: Jáchymov

Obec: Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	844 845	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>HVB1</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	996 054	<b>Místopisný náčrt</b>	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován lithinovou čepovou značkou před portálem Štoly č. 1. Značka je umístěna 0,47m nad zemí		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	760.702		
<b>Poznámka:</b> Poloha bodu je určena pouze přibližně. S-JTSK, Bpv  Způsob určení výšek: vyrovnání metodou MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl		<b>Nárys nebo detail</b>			
<b>Platnost od:</b> 1.6.2017					

## Fotografie bodu





# GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU ZÁKLADNÍHO VÝŠKOVÉHO DŮLNÍHO BODOVÉHO POLE

Katastrální území: Jáchymov

Obec: Jáchymov

<b>Bod</b>	<b>Bod zřídil (jméno, rok):</b>	<b>Y</b>	845 017.0	<b>SM-5</b>	Jáchymov 7-8
<b>VB2</b>	FSv ČVUT v Praze 2017	<b>X</b>	995 979.5	<b>Místopisný náčrt</b>	
<b>Popis bodu:</b> Bod je stabilizován ocelovou čepovou nivelační značkou v místě větvení štoly u bodu č. 503. Značka je umístěna 0,29m nad zemí		<b>Nadm. výška (Bpv)</b>	761.217		
<b>Poznámka:</b> Poloha bodu je určena pouze přibližně. S-JTSK, Bpv Způsob určení výšek: vyrovnání metodou MNČ GÚ vyhotovil: Jan Seidl Č v náčrtu znázorňuje červenou čáru na stěně		<b>Nárys nebo detail</b>			
<b>Platnost od:</b> 1.6.2017					

## Fotografie bodu

