



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra speciální geodézie**

**Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly
Josef**

**Height measurement and connection of mining field in section of
Josef gallery**

Diplomová práce

Studijní program:
Studijní obor:

Geodézie a kartografie
Geodézie a kartografie

Vedoucí práce:

Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.

Bc. David Hanousek

Praha 2016



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hanousek Jméno: David Osobní číslo: 381464

Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly Josef

Název diplomové práce anglicky: Heigh measurement and connection of mining field in section of Josef gallery

Pokyny pro vypracování:

Rekognoskace terénu za účelem volby nových bodů základního důlního bodového pole.

Stabilizace a signalizace nových bodů v oblasti Čelina východ.

Zaměření základního výškového bodového pole metodou velmi přesné nivelace.

Propojení nivelačních pořadů pomocí hloubkového připojení důlním pásmem.

Zpracování měření, vyrovnání a výpočet výšek bodů.

Vyhotovení geodetických údajů k novým bodům základního důlního bodového pole.

Seznam doporučené literatury:

Vyhláška Českého báňského úřadu č. 435/1992

Z. Novák a P. Hánek. Geodezie v podzemních prostorách

A. Zeman. Fyzikální geodézie 10; Teorie výšek a výškové systémy

J. Boehm. Geometrická nivelace

Blažek, Radim a Zdeněk Skořepa. Geodézie 3

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Tomáš Jiříkovský Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 25.2.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

25.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne: 27. května 2016

.....

Bc. David Hanousek

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Jiřikovskému, Ph.D. za všestrannou pomoc, cenné rady a odborný dohled při vyhotovování práce. Dále děkuji panu Ing. Janu Holešovskému za konzultace při řešení problematiky normálních výšek a panu Ing. Zdeňku Vyskočilovi, Ph.D. za odbornou pomoc na téma kalibrace nivelačních latí. Rovněž pak děkuji kolegům Bc. Lukáši Vaisovi a Bc. Pavlu Kaválkovi za spolupráci při měření v terénu. Nejvíce však děkuji své rodině za podporu během celého studia.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá rozšířením důlního výškového bodového pole v nově otevřené části štoly Josef zvané Čelina - východ. V práci je popsán kompletní postup prvního zaměření nově stabilizovaných bodů metodou velmi přesné nivelace a hloubkového propojení horizontů důlním pásmem. Měření jsou připojena k síti ČSNS nepřímo pomocí sítě již dříve vybudovaných a zaměřených bodů. Projekt na dlouhodobé sledování a rozšiřování bodových polí ve štole prostřednictvím bakalářských prací a diplomových prací vede Ing. Tomáš Jiřikovský, Ph.D.

Klíčová slova

UEF Josef, URC Josef, podzemní laboratoř Josef, štola Josef, důlní bodové pole, nadmořská výška, velmi přesná nivelace, nivelační pořad, hloubkové připojení, důlní pásmo, normální výšky

Abstract

The diploma thesis deals with the expansion of the mining elevation point field in a newly opened section of the Josef Gallery called Čelina - East. The thesis describes a complete procedure of the first measurement of newly stabilised points by high precision levelling and depth connection by the mining measuring tape. The measurements are indirectly connected to ČSNS (Czech state levelling network) through a network of previously stabilised and measured points. The project of long term surveillance and expansion of mining point fields through Bachelor's and diploma theses is supervised by Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph. D.

Key words

Josef Underground Educational Facility, Josef Regional Underground Research Centre, Josef Underground Laboratory, Josef Gallery, mining point field, above sea altitude, high precision levelling, levelling traverse, depth connection, mining measuring tape, standard elevations

Obsah

Úvod.....	10
1 Štola Josef.....	11
1.1 Popis štoly	11
1.2 Geologie v okolí štoly	13
1.3 Historie hornické činnosti	13
1.4 Současnost.....	15
1.5 Projekty	16
2 Současné výškové bodové pole	18
2.1 Stávající výškové bodové pole.....	19
2.2 Rekognoskace terénu a příprava měření	21
3 Měření.....	24
3.1 Velmi přesná nivelace	24
3.1.1 Geometrická nivelace ze středu	25
3.1.2 Zkouška nivelačního přístroje.....	27
3.2 Ověřovací a připojovací měření	28
3.3 Měření na povrchu	30
3.4 Měření ve štole	31
3.5 Hloubkové připojení důlním pásmem.....	33
3.5.1 Popis konstrukce důlního pásma.....	33
3.6 Měření s pásmem	34
3.7 Použité přístroje a pomůcky.....	36
4 Kalibrace nivelačních latí	39
4.1 Popis horizontálního komparátoru	41
4.2 Laserový interferometr	42
5 Výpočet převýšení	43
5.1 Oprava vlivu teplotní roztažnosti a kalibrace latí	43

5.2	Výpočet výšky přenesené pásmem	44
5.2.1	Opravy délky pásma	45
5.3	Normální výšky	48
5.3.1	Normální ortometrická korekce	49
5.3.2	Korekce z tíhových anomálií	51
5.3.3	Normální převýšení.....	54
5.3.4	Normální výšky v podzemí.....	55
6	Přesnost měření	56
6.1	Přesnost nivelace.....	56
6.2	Přesnost pásma	59
7	Výpočet vyrovnání	61
7.1	Metody vyrovnání	61
7.1.1	Metoda nejmenších čtverců	62
7.1.2	Vyrovnání zprostředkujících měření	63
7.2	GNU Gama.....	65
7.2.1	Průběh výpočtu	65
8	Výsledky.....	67
8.1	Měřená převýšení a kontrola rozdílů.....	67
8.2	Oprava převýšení o kalibraci latí a teplotní roztažnost.....	71
8.3	Normální Moloděnského výšky	76
8.4	Přesnost měření	78
8.5	Kontrola stability bodů.....	80
8.6	Výsledné výšky bodů	83
	Závěr	86
	Použité zdroje	89
	Seznam zkratk	92
	Seznam obrázků.....	93

Seznam tabulek	94
Seznam příloh	96

Úvod

Diplomová práce se zabývá vybudováním a zaměřením výškových bodů základního výškového důlního bodového pole v nově zpřístupněné části štol Josefa, v ložisku Čelina - východ. Cílem práce je pomocí velmi přesné nivelace a hloubkového připojení důlním pásmem určit výšky nových bodů ve výškovém systému Bpv. Dalším úkolem je v rámci ověřovacích a připojovacích měření zhodnotit stabilitu stávajících výškových bodů poblíž ložiska Čelina - východ. Práce navazuje na diplomovou práci Bc. Lukáše Vaise, který souběžně prováděl polohové zaměření nových bodů.

Text práce se skládá z osmi kapitol, v úvodní nalezneme popis výzkumného střediska a štol Josefa, historický vývoj užívání lokality od těžby zlata až po současnost.

V druhé kapitole je rozepsáno obecné členění ČSNS a důlního výškového bodového pole. Dále je zde popsána rekognoskace, během které byl zjištěn stav stávajícího důlního bodového pole.

Obsahově nejdelší třetí kapitola se věnuje měřickým metodám, jejich aplikaci a popisu průběhu měření. Kapitola vysvětluje specifické aspekty a problémy, které musely být vyřešeny. Na konci jsou uvedeny přístroje a pomůcky použité k měření.

Ve čtvrté kapitole je krátce popsán postup kalibrace nivelačních latí.

Pátá kapitola popisuje postup zpracování naměřených převýšení, nalezneme zde rovnice pro výpočet oprav nivelačních latí a důlního pásma. Dále jsou zde vysvětleny tzv. normální výšky a postup jejich zavedení pro výpočet převýšení v systému Bpv.

Šestá kapitola je věnována přesnosti měření a určení směrodatných odchylek pro výpočet vyrovnání nivelační sítě. Dále je zde na základě předchozích kroků hodnocena stabilita dosavadních bodů použitých pro připojovací měření.

V sedmé kapitole je popsán výpočet vyrovnání nivelační sítě s použitím vhodných měření provedených mezi lety 2012 a 2016.

Poslední kapitola obsahuje tabulky s výslednými číselnými hodnotami. Od měřených hodnot přes redukce převýšení, kontrolu mezních hodnot až po výsledné výšky bodů a porovnání výšek z předchozích let.

1 Štola Josef

1.1 Popis štoly

Štola Josef je podzemní dílo, které se nachází přibližně 50 km jižně od Prahy mezi obcemi Čelina a Smilovice u Slapské přehrady. Bývalá průzkumná štola prochází severním směrem napříč horninovým masivem Veselého vrchu, který je součástí zlatorudního revíru Psí Hory. V prostorách štoly je situováno podzemní výukové středisko UEF Josef. Přilehlé prostory venkovního areálu poskytují zázemí Regionálnímu podzemnímu výzkumnému centru URC Josef. Zeměpisné souřadnice hlavního vstupního portálu jsou: N: 49° 43' 50,145" E: 14° 20' 54,591" a výška přibližně 285 m.n.m.

Důlní komplex tvoří dvojice vstupních portálů, ze kterých vedou dva souběžné tunely. Levý tunel pokračuje pátevní štolou dále necelé 2 km až k obci Mokrsko, kde ústí na povrch 136 m hluboký větrací komín. Z pátevní štoly vedou liniová průzkumná díla s velkým počtem různě dlouhých rozrážek. Celková délka chodeb dosahuje hodnoty téměř 8 km.



Obr. 1: Lokalizace štoly Josef [1]

Štola je přístupná jak pro pracovníky probíhajících projektů, tak i pro širokou veřejnost. V nabídce jsou 3 prohlídkové okruhy (Čelina, Mokrsko, podzemní kaverna) provázející návštěvníky po více jak 5 km zprovozněných podzemních chodbách a velkolepou kavernou – podzemním prostorem o objemu 10 000 m³. [2] [3]

Technická data o štole Josef:

Celková délka chodeb ve štole:	7853 m
Délka páteřní štoly:	1835 m profil: 14 - 16 m ²
Délka ostatních chodeb:	6018 m profil: 9 m ²
Výška nadloží:	90 - 150 m



Obr. 2: Vstupní portály štoly Josef [2]

1.2 Geologie v okolí štoly

Rudní revír Psí hory se rozprostírá převážně v proterozoických, více než 600 milionů let starých horninách tzv. Jílovského pásma, do kterých později během variského vrásnění pronikly granitoidy Středočeského plutonu. V okolí štoly jsou nejvíce se vyskytujícími horninami vulkanity bazického až kyselého složení (bazalty, andezity, dacity a ryolity). V menší míře se v oblasti vyskytují albitické žuly a kyselé tufy. V oblasti ložiska Mokrsko - západ se vyskytují granodioritové horniny a zlato ve formě křemenných žil a žilnic. [2] [3]

1.3 Historie hornické činnosti

Získávání zlata z této lokality lze datovat do dob Keltů v 2. a 1. století př. n. l. Zlato tehdy nedolovali, ale získávali z rozsypů a rýžovišť. K hlavnímu rozvoji místní těžby došlo až na přelomu 13. a 14. století, kdy byly v celém revíru budovány úklonné šachtice a štoly, ve kterých se těžily křemenné žíly. Největší dosažená hloubka dosahovala 60 m. Na konci 14. století však došlo opět k úpadku těžby. Po krátké a výrazně méně významné etapě obnovení těžby na přelomu 15. a 16. století zůstala oblast bez hornické činnosti až do konce 20. století.

Zájem o oblast oživil až regionální revizní průzkum hornin Jílovského pásma, který v letech 1977 – 1980 objevil možnost výskytu zlaté rudy. Následný podrobný místní průzkum v letech 1980 – 1990 měl určit rozsah a kvalitu zásob zlata. Průzkum kombinoval geologické mapování, geofyzikální průzkum, geochemický průzkum, průzkum pomocí vrtů až do hloubky 300 – 600 m a báňský průzkum z nově ražené štoly Josef.

Výčet provedených prací:

- vyražena štola Josef
 - hlavní chodba vedená napříč všemi ložisky o délce 1835 m
 - postranní chodby na jednotlivých ložiskách o celkové délce 6 018 m
 - 3 větrací komíny s celkovou délkou 330 m
- provedeno 103 jádrových vrtů z povrchu o celkové délce 23 378 m
- provedeno 127 podzemních jádrových vrtů o celkové délce 13 137 m
- odebráno a zanalyzováno 9 818 půdních vzorků a více než 25 000 vzorků z vrtů a z podzemí

Výsledkem průzkumných prací bylo zhodnocení zásob zlata ve známých ložiskách Čelina a Mokrsko - východ, ale také v nově objeveném ložisku Mokrsko - západ, jehož využitelné zásoby byly odhadnuty na 75 t zlata. Celkový potenciál všech ložisek činí 130 t zlata, což je více než se dosud vytěžilo na území celé ČR. Zároveň to tuto lokalitu řadí mezi nejbohatší ložiska zlata v Evropě. Během průzkumných prací byla v letech 1989 - 1991 provedena experimentální těžba z ložiska Čelina. Za dva roky provozu však bylo z 19 500 t rudniny získáno pouze 21,5 kg Au. Důvodem tohoto poměru je fakt, že se zde zlato nevyskytuje v podobě žil, ale je rozptýlené v hornině. Těžba rudniny by musela být prováděna povrchově a k separaci zlata by docházelo tzv. kyanidovou metodou v chemických bazénech. Jelikož by takový způsob těžby významně změnil ráz krajiny a navíc se štola nachází v bezprostřední blízkosti významného vodního zdroje (řeka Vltava - nádrž Slapy), byly i přes velký zájem několika zahraničních subjektů v průběhu posledních 30 let všechny plány na průmyslovou těžbu zastaveny.

Po ukončení průzkumných prací v polovině 90. let byla štola opuštěna a ponechána bez využití. Jelikož docházelo k chátrání objektu, byly z bezpečnostních důvodů v roce 2000 zabetonovány oba přístupové portály.

ČVUT pak v roce 2003 nalezlo pro štolu uplatnění a v následujících dvou letech podniklo kroky k obnově štoly. Ve spolupráci se společností Metrostav a.s. vypracovaly projekt na zprovoznění štoly pro vzdělávací a výzkumné účely, ten později posvětilo Ministerstvo životního prostředí ČR a štolu zapůjčilo. Po kontrole stavu celého důlního komplexu Báňskou záchrannou službou byly v srpnu 2006 oba portály definitivně otevřeny. [2] [3]

1.4 Současnost

Od června roku 2007 zde CEG vede samostatné pracoviště FSv ČVUT, nejprve pod názvem Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef) a poté jako Podzemní laboratoř Josef. S finanční dotací z Operačního programu oprav a inovací je zde od roku 2010 budováno Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef. Vznikl tak oplocený areál s opravenou administrativní budovou poskytující moderní zázemí jak pro CEG, tak pro soukromé subjekty provádějící zde vlastní výzkum. V červnu 2014 byla zpřístupněna podzemní kaverna v oblasti Čelina - východ, ta je pro svůj tvar nazývána katedrálou. CEG prostřednictvím UEF a URC Josef vybuodovalo naprosto unikátní pracoviště. Pokud jde o rozdělení pracovní náplně uvedených organizací, UEF Josef zajišťuje hlavně výuku předmětů souvisejících s podzemním stavitelstvím, a to především pro studenty ČVUT, ale i pro studenty Masarykovy univerzity v Brně, Technické univerzity v Liberci a VŠCHT v Praze. Výuku zajišťuje CEG, katedra speciální geodézie a katedra geotechniky. Hlavní náplní probíhající výuky jsou zejména praktická cvičení v terénu. Studenti si zde mohou v reálných podmínkách vyzkoušet různá měření, experimenty a laboratorní zkoušky. Úzká spolupráce vysokoškolských pracovišť s podnikatelskou a vědeckou sférou tak zvyšuje kvalifikaci studentů a přispívá k rozvoji výzkumné činnosti. [2] [3]



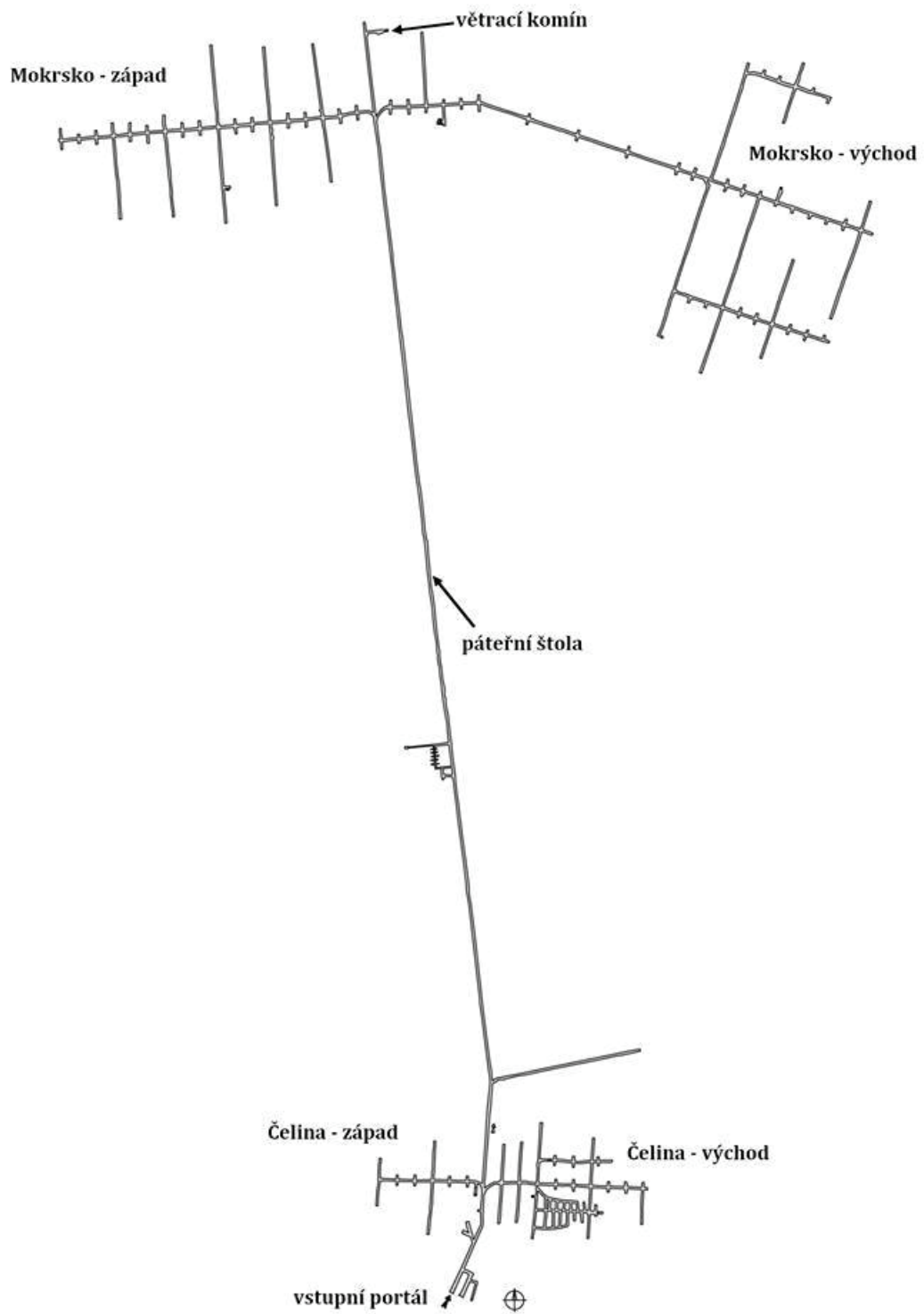
Obr. 3: Budova URC Josef [vlastní fotografie]

1.5 Projekty

Hlavní oblastí zájmu je pro CEG výzkumná a experimentální činnost. K tomuto účelu provozuje UEF a URC Josef tak, aby měla co nabídnout jak domácím, tak zahraničním, vědeckým či podnikatelským subjektům, a mohla se s nimi podílet na nejrůznějších projektech. Mezi největší a nejzajímavější zrealizované projekty patří experimenty spojené s problematikou nakládání s radioaktivním odpadem.

K těm nejvýznamnějším patří:

- TIMODAZ - vliv tepla na stabilitu ostění
- Mock-Up-Josef - výzkum inženýrských bariér pro ukládání vysoce radioaktivních odpadů v hlubinných úložištích
- NORM - využití celosvětově používaných norských klasifikací horninových masivů pro zvýšení kvality vstupních parametrů při návrhu monitorovacích systémů podzemního skladování a ukládání plynu
- FORGE - studium transportu plynů skalním prostředím v podmínkách, které lze předpokládat v hlubinném úložišti vysoce radioaktivních odpadů
- Požární experiment - ověření předpokládaného chování konstrukce administrativní budovy po vystavení požáru.



Obr. 4: Schéma štoly Josef [2]

Použité zdroje pro kapitolu 1: [1] [2] [3]

2 Současné výškové bodové pole

Veškeré výšky bodů na území ČR jsou vedeny v České státní nivelační síti (ČSNS), v jediném závazném geodetickém referenčním výškovém systému Baltském po vyrovnání (Bpv). Výškový systém je definovaný výchozím výškovým bodem, kterým je nula stupnice mořského vodočtu v Kronštadtu a souborem normálních výšek z mezinárodního vyrovnání nivelačních sítí. Dříve užívaným referenčním systémem pro českou nivelační síť byl Jadranský výškový systém. Rozdíl mezi těmito systémy je pro body na našem území v rozmezí 35-42 cm.

Členění výškového bodového pole je stanoveno vyhláškou č. 31/1995 Sb. následovně:

1) Základní výškové bodové pole (ZVBP)

- základní nivelační body - výchozím bodem pro ČR je Lišov
- body České státní nivelační sítě I. až III. řádu (závazná zkratka ČSNS)

2) Podrobné výškové bodové pole

- nivelační síť IV. řádu
- plošné nivelační sítě
- stabilizované body technických nivelací

Členění důlního výškového bodového pole je stanoveno vyhláškou č. 435/1992 Sb. následovně:

1) Důlní výškové bodové pole obsahuje

- základní důlní výškové bodové pole v podzemí a na povrchu
- podrobné důlní výškové bodové pole v podzemí a na povrchu

2) Základní důlní výškové bodové pole v podzemí tvoří

- trojice bodů v nárazích jam jednotlivých horizontů (podzemních děl), jejichž výšky jsou určeny přesným výškovým měřením
- jednotlivé body stabilizované v hlavních důlních (podzemních) dílech, vzdálených od sebe nejvíce 300 m, jejichž výšky byly určeny přesným výškovým měřením

3) Podrobné důlní výškové bodové pole v podzemí tvoří body, jejichž výšky byly určeny technickým výškovým měřením.

4) Důlní výškové bodové pole na povrchu tvoří

- základní důlní výškové bodové pole, odvozené z Československé nivelační sítě I. až III. řádu
- podrobné důlní výškové bodové pole, odvozené z Československé nivelační sítě IV. řádu nebo ze základního důlního výškového bodového pole na povrchu
- body důlního polohového bodového pole na povrchu, jejichž výšky byly určeny technickým výškovým měřením.

Nadmořské výšky se jako u bodů ČSNS uvádějí ve výškovém systému Bpv.

[4] [5] [6]

2.1 Stávající výškové bodové pole

Původní výškové a polohové připojení a zaměření provedli v rámci svých diplomových prací Bc. Jan Varyš a Bc. Michal Novotný v roce 2012. Vybudovaná výšková síť byla připojena na nivelační pořad Id5 Dublovice - Nový Knín na bod ČSNS Id5-25 (Čelina skála). Tento nový odbočný nivelační pořad se skládá z pěti bodů a byl pojmenován Cholín - Smilovice. U portálu štoly Josef byly dále stabilizovány tři výškové body důlního bodového pole (HVB1, VB2 a VB3). Uvnitř štoly bylo zaměřeno dvanáct bodů, z nichž bod 502 se nachází poblíž ložiska Čelina - východ. Přestože jsou pro připojení použity body ČSNS III. řádu, je důlní bodové pole v areálu URC Josef budováno jako nivelační síť II. řádu.

V následujících dvou letech byly provedeny v rámci bakalářských prací dvě kontrolní a doplňková výšková měření. První z nich provedl Roman Boháč, který kromě kontrolního zaměření stávajících bodů ve štole vybudoval tři nové body, z nichž se bod HVB4 nachází v páteřní štole u paty úbočných chodeb vedoucí k ložiskům Čelina - západ a Čelina - východ.

V období od jara roku 2013 do jara 2015 bylo v důsledku plánovaných stavebních úprav v prostoru před vstupními portály bodové pole rozšířeno o body VB1, HVB2 a 501n. Body HVB1 a VB2 byly následně úpravami zničeny či zneprůstupněny pro běžná měření. Na jaře roku 2015 provedl Ing. Tomáš Jiříkovský nivelační měření sítě šesti bodů (HVB1, VB2, VB1, HVB2, 501 a 501n). Měření mělo za úkol zjistit výšky nových bodů (HVB2, VB1, 501n). Měření však dosud nebylo zpracováno a tak byly jeho hodnoty přebrány do této práce. [7] [8] [9]



Obr. 5: Stabilizace VB1 na zdi s obkladem zakrývajícím HVB1 [vlastní fotografie]

2.2 Rekognoskace terénu a příprava měření

Jak bylo v úvodu řečeno, úkolem práce je vybudovat a výškově zaměřit nové body důlního bodového pole v nově zpřístupněných prostorách Čelina - východ. Nejbližšími stávajícími body jsou body HVB4 nacházející se u vstupu do chodby k ložisku Čelina - východ, a pak bod HVB2, který je umístěn napravo od vstupních portálů. Rekognoskace podzemních a přilehlých povrchových prostor měla proto za úkol jednak zjistit průchodnost a nejvhodnější postup měření od stávajícího bodového pole, ale hlavně určit a dočasně označit místa pro trvalou stabilizaci nových výškových bodů. Lokality pro nové body byly vybrány tak, aby při minimální konfiguraci měly maximální přínos pro budoucí měření a aby splňovaly zásady při budování důlního bodového pole. Tou nejdůležitější zásadou je, že nové body stabilizujeme zásadně na místech bezpečných proti jejich poškození nebo zničení, a to zároveň tak, aby neomezovaly běžný provoz v jejich okolí.

Rekognoskace prostor probíhala v několika dnech během ledna a února roku 2016. Na konci února bylo pro výškové měření stabilizováno 9 nových bodů. Ke stabilizaci byly použity tři typy nivelačních značek: tradiční litinová čepová, čepová mini a hřebová značka s vyznačením centru. O stabilizaci nových polohových a výškových bodů se ve vyznačených místech podle instrukcí Ing. Tomáše Jiříkovského postarali technici CEG Fakulty stavební ČVUT. [5] [10]

Tab. 1: Popis nových výškových bodů v ložisku Čelina - východ:

číslo bodu	druh stabilizace	úroveň	umístění
VB31	čepová	0	skalní stěna
VB32	čepová	20	skalní stěna
VB33	čepová	40	skalní stěna
VB34	čepová	40	stěna malého vstupního portálu
537	hřebová	40	beton v zemi na povrchu
538	hřebová	40	beton v počvě
539	hřebová	40	beton v počvě
S1	čepová mini	0	schodiště
S4	čepová mini	20	schodiště



*Obr. 6: Bronzová hřebová značka v počvě
[vlastní fotografie]*



*Obr. 7: Litinová čepová značka bodu ve stěně
[vlastní fotografie]*



Obr. 8: Ocelová čepová mini značka bodu v konstrukci schodiště [vlastní fotografie]

Z důvodu velkého rozsahu a členění podzemních prostor do tří výškových úrovní bylo naplánováno rozdělit měření do tří pořadů. Jednotlivé nivelační pořady na sebe navazují buď přímo nebo pomocí důlního pásma skrz schodišťovou šachtu poblíž katedrály. První nivelační pořad vede kromě posledního oddílu celý v podzemí. Začíná na schodišti u katedrály na bodě S1, vede přes body VB31, HVB4, 502, VB1 a končí venku na bodě HVB2.

Druhý pořad vede z bodu HVB2 přes body 537, 538, 539 a končí na bodě VB33. Do pořadu by patřil i bod VB34, který je hned vedle bodu 537, ale pro rychlejší postup měření bylo výhodnější ho do nivelačního pořadu HVB2 - VB33 nezařadit a změřit oddíl 537 - VB34 jako odbočný oddíl. Nivelační pořad HVB2 - VB33 vede od pravého vstupního portálu po lesní pěšině do strmého kopce, malým vchodem do štoly v úrovni 40 a pokračuje štolou až ke schodišti u katedrály. Vzhledem k velkému riziku dopuštění se měřické chyby při nivelování ve strmém terénu, bylo naplánováno dočasně stabilizovat několik bodů a kritický úsek tak rozdělit na několik oddílů. Poslední nivelační pořad obsahuje jen jeden oddíl mezi body S4 - VB32. Výška bodu S4 je určena přenesením výšky pásmem z bodů VB33 a S1. Všechny nivelační pořady vedoucí ke schodišti jsou na koncích propojeny pomocí důlního pásma.

Použité zdroje pro kapitolu 2: [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]

3 Měření

Pro měření převýšení byly využity dvě metody. Primární metodou byla velmi přesná nivelace, jejíž měření probíhá v nivelačních pořadech složených z nivelačních oddílů, které vždy začínají a končí na stabilizovaných nivelačních bodech. Vzhledem k členění prostor v zájmové oblasti do tří výškových pater vzdálených od sebe přibližně 20 m a pro nivelování nevhodného schodiště, bylo vhodným řešením pro uzavření nivelačních pořadů a přenesení výšky do druhého patra (úroveň 20) použití důlního pásma. Proto sekundární metodou bylo hloubkové propojení horizontů pomocí důlního pásma.

3.1 Velmi přesná nivelace

Pro měření byla zvolena nejpoužívanější metoda při měřeních v nivelačních sítích I. - III. řádu ČSNS. Využívá se při ní tzv. geometrická nivelace ze středu, jejíž princip je rozebrán v kapitole 3.1.1.

Základním kritériem přesnosti je mezní rozdíl obousměrné nivelace pro nivelaci II. řádu:

$$\Delta_{\max} = 2,25 \cdot \sqrt{R} \quad (3.1)$$

kde:

délka nivelačního pořadu R je v km

vypočítaná mezní odchylka je v mm

Při měření VPN je nutné dodržovat následující zásady a požadavky na vybavení:

- kalibrované nivelačními latě s rektifikovanými libelami
- pevné (neskládací) nivelační latě
- nivelační latě musí mít opěrné tyče, pro jednodušší manipulaci a postavení latě do svislé polohy, latě stavíme svisle na předepsané nivelační podložky
- kalibrovaný nivelační přístroj
- pevný (neskládací) stativ

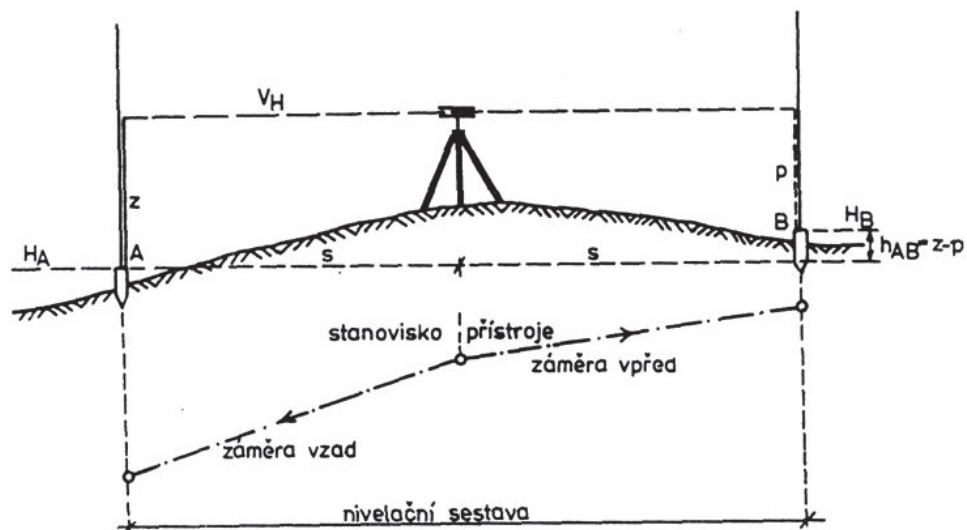
- používáme dvojici nivelačních latí, při nivelaci oddílu, který tvoří jen jedna sestava se použije jen jedna nivelační lat'
- nivelační pořady se měří „tam“ a „zpět“
- nivelační oddíl se měří celý najednou
- při měření nivelačního pořadu opačným směrem zaměníme nivelační latě
- při změně postavení přístroje se stativem otočí o 180°
- nivelační oddíl musí mít sudý počet sestav, popř. jen jednu
- rozměrování postavení přístroje se provádí s přesností na 0,5 m
- maximální délka záměry je 40 m (u digitálních přístrojů doporučeno 30 m)
- záměra musí být alespoň 0,8 m nad terénem, v případě kratší záměry lze požadavek snížit na 0,4 m
- přístroj a latě se před měřením nechají přizpůsobit teplotě vzduchu
- při měření se přístroj chrání před přímým osvětlením a před nárazy větru

[5] [11] [12]

3.1.1 Geometrická nivelace ze středu

Jedná se o nejpřesnější a nejužívanější metodu pro určování výškových rozdílů. Důvodem k měření metodou geometrické nivelace ze středu je omezení vlivu chyby z nevodorovnosti záměrné přímky a chyba ze zakřivení horizontu. Postup měření převýšení spočívá v postavení nivelačních latí na určované body A, B a přístroje do poloviny vzdálenosti mezi nimi. Polovinu vzdálenosti je nutné rozměřit např. měřickým kolečkem či pásmem. Toto postavení označujeme jako nivelační sestava. Na nivelačních latích se pak přístrojem odečte čtení a určí se jejich rozdíl. Čtení na bod A je označováno jako vzad (z) a na bod B jako vpřed (p). Pro zvýšení přesnosti a kontrolu stálosti postavení latě provádíme odečítání duplicitně metodou měření vzad - vpřed - vpřed - vzad (ZVVZ). U nivelačních oddílů s jedinou sestavou postupujeme kvůli použití jen jedné latě bez jejího přenášení před opakovaním čtení (ZZVV). Výpočet měřeného převýšení mezi postavením latí:

$$h_{AB} = z_A - p_B \quad (3.2)$$



Obr. 9: Sestava geometrické nivelace ze středu [11]

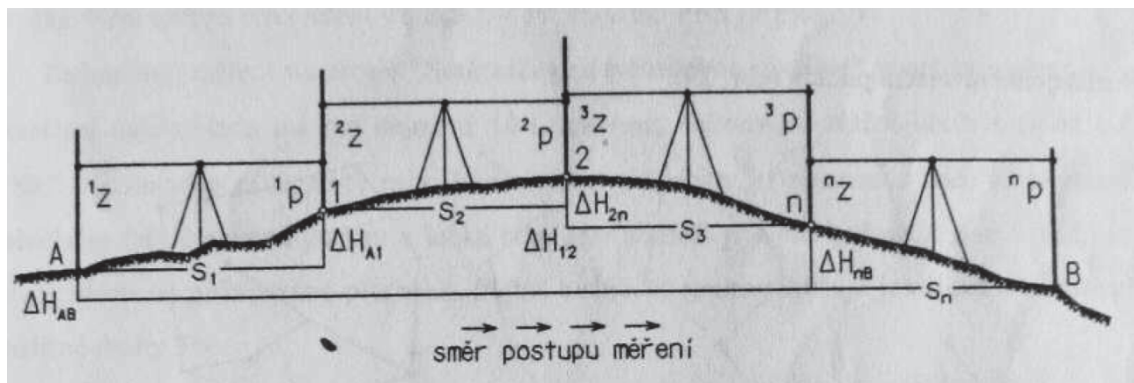
Pokud jsou body A, B od sebe příliš daleko nebo mají mezi sebou velké převýšení, vkládáme mezi ně podle potřeby pomocné přestavové body. Řetězec přestav mezi dvěma trvale stabilizovanými body označujeme jako nivelační oddíl, ten podle zásad při měření VPN musí mít sudý počet sestav. [11] [12]

Převýšení mezi body A, B se potom vypočte následovně:

$$h_{AB} = ({}^1z - {}^1p) + ({}^2z - {}^2p) + ({}^3z - {}^3p) + ({}^nz - {}^np) \quad (3.3)$$

$$h_{AB} = h_{A1} + h_{12} + h_{23} + h_{nB} \quad (3.4)$$

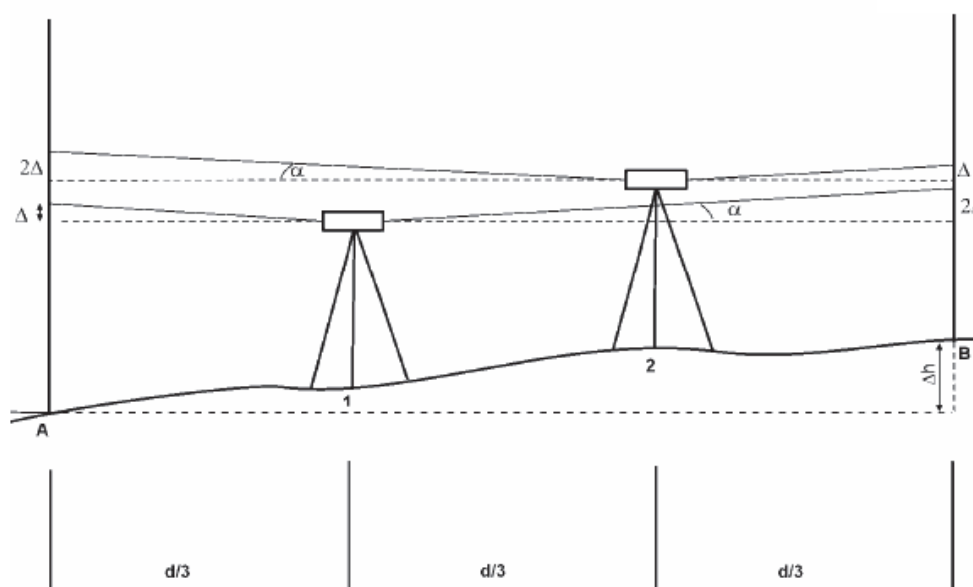
$$h_{AB} = \sum z - \sum p \quad (3.5)$$



Obr. 10: Schéma nivelačního oddílu [11]

3.1.2 Zkouška nivelačního přístroje

Zásadní vlastností nivelačních přístrojů je rovnoběžnost záměrné přímky s osou nivelační libely. Tuto funkci plní u digitálních přístrojů kompenzátor, jehož chod však nikdy není dokonalý. Zkouška nivelačního přístroje má za úkol zjistit odklon záměrné přímky od vodorovné roviny. Použitý přístroj má zabudovanou funkci pro provedení a zpracování tzv. Förstnerovy metody. Přístroj po dokončení zkoušky sám určí a zavede opravu pro všechna budoucí měřená převýšení.



Obr. 11: Förstnerova metoda zkoušky nivelačního přístroje [14]

Princip měření je zřejmý z obrázku 11. Pro měření se rozměří přibližně 45 m dlouhá základna, na jejíchž koncích se postaví nivelační latě a trasu mezi nimi s centimetrovou přesností rozdělíme na třetiny. Poté se změří převýšení mezi krajními body, nejprve z prvního stanoviště (bod A) a poté ze druhého (bod B). Chyba v převýšení způsobená nevodorností záměrné přímky se projeví v obou případech stejnou velikostí, ale s opačným znaménkem. Z rozdílu převýšení pak určíme velikost chyby pro třetinu délky základny.

$${}^1l_A - \Delta - ({}^1l_B - 2\Delta) = {}^2l_A - 2\Delta - ({}^2l_B - \Delta) \quad (3.6)$$

$$\Delta = \frac{({}^1l_B - {}^1l_A + {}^2l_A - {}^2l_B)}{2} \quad (3.7)$$

$$o_k = \frac{3\Delta}{d} \quad (3.8)$$

kde :

Δ	...	<i>oprava z nevdorovnosti záměrné přímky na 1/3 celkové vzdálenosti mezi latěmi</i>
1l_A	...	<i>záměra vzad nezatížená chybou Δ</i>
2l_B	...	<i>záměra vpřed nezatížená chybou Δ</i>
d	...	<i>délka základny</i>
o_k	...	<i>oprava z nevdorovné záměry</i>

Vypočtenou opravu pak lze převést na sklon c , čímž ji lze zavést do všech budoucích měření přístroje.

$$c = \arctan\left(\frac{\Delta}{3s}\right) \quad (3.9)$$

K určení nevdorovnosti záměrné metody existují i další metody, ale Förstnerova metoda je díky menšímu rozdílu délek záměr méně náchylná na změnu směru záměrné přímky způsobenou přeostržením přístroje. [13] [14]

3.2 Ověřovací a připojovací měření

Vzhledem k množství měřické práce pro první zaměření nových bodů a k faktu, že připojovací nivelační pořad mezi body před vstupními portály štoly a nejbližším nivelačním bodem ČSNS byl zaměřen již třikrát, byla měření na nových bodech připojena pouze ke stávající síti výškových bodů v areálu URC Josef.

Pro ověření stability výchozích bodů bylo nutné změřit převýšení mezi určenými body a porovnat je se známými převýšeními. K tomuto účelu byly zvoleny nivelační oddíly: HVB4 - 502, 502 - 501 (měřeno dvěma oddíly 502 - VB1 - 501) a 501 - VB3. Ověřovací měření bylo prováděno stejně jako všechna ostatní, tedy metodou VPN II. řádu s kontrolou mezního rozdílu obousměrné nivelace popsané v kapitole 3.1.

Odchylka mezi daným a nově změřeným převýšením kontrolně změřeného oddílu nesmí podle [5] překročit hodnotu mezního rozdílu určenou ze vztahu:

$$\Delta_{m\ zř} = 2,0 + 2,25 \cdot \sqrt{R} \quad (3.10)$$

kde:

délka nivelačního pořadu R je v km

vypočítaná mezní odchylka je v mm

Kromě této benevolentní kontroly označující i oddíly resp. body s posunem o velikosti větší než 2 mm za stabilní, lze stabilitu bodů posuzovat pomocí rovnice s volitelným koeficientem spolehlivosti:

$$\Delta_m = u_p \cdot \sqrt{m_{L1}^2 + m_{L2}^2} \quad (3.11)$$

kde:

u_p ... koeficient spolehlivosti v našem případě = 2,5
 m_{L1}, m_{L2} ... směrodatná odchylka obousměrné nivelace
 nivelačního pořadu nebo jen oddílu (6.3)

K připojení měření na nové výškové body nebyl využit pouze jeden bod, nýbrž celá síť bodů nacházejících se jednak na povrchu v areálu URC Josef, tak i v páteřní štole. Výpočet připojení a výšek nových výškových bodů měřených nivelačních pořadů propojených důlním pásmem byl proveden vyrovnáním celé sítě.

Pro připojení k stávající síti výškových bodů bylo použito měření Ing. Tomáše Jiřikovského z 10. dubna 2015, při kterém zaměřil nivelační pořad složený ze 3 oddílů. Pořad vedl z bodu HVB1 přes HVB2, 501 a zpět na HVB1. Tento pořad má trojúhelníkový tvar a v rámci jeho oddílů byly zaměřeny boční záměry na body VB1, VB2 a 501n. Měření na bod VB2 však kvůli nedokonalému postavení latě bylo označeno za nepřesné a bylo vyškrtnuto.

Další ověřovací a připojovací měření bylo provedeno 25. února a 10. března 2016, kdy byly změřeny nivelační oddíly HVB4 - 502, 502 - VB1, VB1 - HVB2, HVB2 - 501, VB1 - 501 a 501 - 503. Díky takto značně přeúčtené síti bylo získáno velké množství nadbytečných měření pro výpočet vyrovnání. Měření proběhlo podle zásad VPN s pevným stativem a pevnými 2m latěmi. Snížená přesnost převýšení měřených bočně je řešena snížením váhy ve výpočtu vyrovnání. [5] [14] [22]

3.3 Měření na povrchu

Pro určení výšky bodů ve štole v úrovni 40 byl z bodu HVB2 veden po úbočí pahorku, ve kterém je štola Josef vydolována, nivelační pořad HVB2 - VB33. Jeho povrchová část mezi body HVB2 a 537 byla nivelována 17. a 24. března. Trasa pořadu vede z velice strmého kopce po úzké lesní pěšině, na které se vyskytovaly i schody. Pro měření byly proto použity dlouhé 3 m latě a místo pevného nivelačního stativu byl použit těžký dřevěný stativ se zasunovacími nohama určený pro přesné totální stanice. Jelikož podmínky měření poskytovaly důvodné obavy, že se měřická skupina dopustí chyby, nebo nedosáhne požadované přesnosti, byly v průběhu měření stabilizovány pomocné body 101, 102, 103. K jejich stabilizování byly použity šrouby zavrtané do vybraných stabilních míst (pařez, dřevěný schod a kořen).

Pomocné body byly vybírány až během měření a to takovým způsobem, že po dosažení 5-ti přestav v oddílu byla vyhledána vhodná lokalita pro pomocný bod tak, aby oddíl byl ukončen sudou šestou sestavou. V jednom případě nebylo možné oddíl ukončit šestou sestavou, a proto byl prodloužen na osm sestav.

Při měření nebyla zcela dodržována zásada minimální výšky záměry nad terénem, jelikož podmínky v terénu vyžadovaly hodnotu minimálního čtení snížit přiměřeně délce záměry. Jedná se jen o několik přestav vedoucích po schodišti nebo zakončující nivelační oddíl či dokonce kombinaci těchto faktorů, kdy při měření záměry kratší než 5 metrů dosahuje čtení na lati 25 až 40 cm. Měření se záměrami tak nízko umožnila absence přímého slunečního svitu způsobená počasím a porostem lesa. Mimo použití nepevného stativu byly jinak dodržovány všechny zásady pro měření VPN.

Povrchový úsek je složen ze 4 oddílů o celkové délce 225 m a převýšení 42,6 m.

3.4 Měření ve štole

Měření ve štole bylo zahájeno 25. února na konci prvního nivelačního pořadu, na bodě S1. Jelikož atmosférické podmínky ve štole jsou jiné než na povrchu, bylo především kvůli vysoké vlhkosti, nutné nejprve nechat přístroje a pomůcky aklimatizovat. Z bodu S1 byl pořad veden pěti oddíly přes body VB31, HVB4, 502, VB1 až na bod HVB2. V rámci druhého oddílu mezi body VB31 a HVB4 byly vloženy boční záměry na dva polohové body stabilizované ve stropě (531 a 532). Vzhledem k tomu, že při inverzní poloze latě nelze využít stabilizační tyče a způsob jejího držení ve vertikální poloze je velice náročný, není přesnost určení výšky těchto bodů stejná jako u ostatních bodů a neměla by sloužit jako výchozí výška pro přesná měření. Nivelační pořad S1 - HVB2 je dlouhý 334 m a převýšení mezi konci má hodnotu 2,4 m.

Měření v podzemí pokračovalo 10. března v úrovni 40 na bodě VB33. Pro druhý nivelační pořad HVB2 - VB33 byla změřena podzemní část vedoucí z bodu VB33 přes body 539, 538 na bod 537. Jelikož hned vedle bodu 537 je stabilizován bod VB34 takovým způsobem, že neumožňuje svislé postavení 3 m latě, byl změřen i tento velice krátký pořad o jedné přestavě. Podzemní úsek je složen ze 3 oddílů o celkové délce 157 m a převýšení 0,9 m.

Poslední nivelační pořad byl změřen ještě ten samý den, jedná se o pořad v úrovni 20, který obsahuje jen jeden oddíl S4 - VB32. Oddíl je dlouhý 13 m a jeho převýšení činí 0,5 m.



Obr. 12 a 13: Měření v podzemí [vlastní fotografie]

Měření probíhalo podle všech zásad měření VPN metodou geometrické nivelace ze středu. Na rozdíl od měření oddílů na povrchu mezi body HVB2 a 537, rovinatý profil štoly umožnil použití pevného stativu. Štěrková či místy vybetonovaná počva umožňovala snadné a přesné rozměrování přestav měřickým kolečkem a zároveň pevné postavení stativu i latí. Prostorové omezení vynucující si použití 2 m latí mělo díky rovinatému profilu pořadů jen minimální vliv na délku sestav a tím rychlost měření. Jediným, zato však velice zdržujícím, problémem bylo osvětlení latí. Osvětlovací systém s nalepovacím páskem LED diod byl kvůli vadným bateriím bohužel nepoužitelný a proto byly latě osvětlovány lokálním osvětlením a ručními důlními lampami. K tomuto účelu však tyto lampy nejsou navrženy a poskytované světlo není rovnoměrné, často tak vznikaly prodlevy způsobené opakovaním vadného čtení na nesymetricky osvětlenou lať.

Během všech nivelačních měření asistovali jako figuranti latí Bc. Pavel Kaválek a Bc. Lukáš Vais.

3.5 Hlubkové připojení důlním pásmem

Kvůli vnitřní dispozici podzemních prostor a jejich rozdělení do tří pater bylo nutné pro propojení nivelačních pořadů a přenesení výšky do druhého patra použít důlní pásmo. Princip hlubkového připojení je podobný nivelačnímu měření na velice dlouhou nivelační lať. Rozdíl spočívá v nutnosti naměřené převýšení opravit o vlivy způsobující změnu délky zavěšeného pásma. O postupu výpočtu převýšení rozhoduje druh konstrukce důlního pásma.

3.5.1 Popis konstrukce důlního pásma

Pro přenesení výšky posloužilo přibližně 300 m dlouhé ocelové důlní pásmo namotané na železném navijáku. Použité pásmo nemá standardní stupnici po celé délce, ale má každých 50 cm vyraženou tečku, každých 100 cm trojici teček a navíc každých 5 metrů je ke třem tečkám doplněna značka s hodnotou délky. Pásmo není v originálním stavu, neboť nezačíná nulou, ale tečkou označující 24,5 m. Absence stupnice byla vždy lokálně vyřešena pomocí plastového pravítka připevněného silnými kancelářskými sponami.

Pro stabilizaci navijáku s pásmem byla využita speciální kostra složená z rámu a kozy s kladkou. Naviják byl pevně přišroubován k rámu, který byl svěrkami připevněn k nosníkům podlahové mříže. Kladka na koze slouží k podepření odvinuté části pásma tak, aby bylo možné na ní provést měření nivelačním přístrojem.



Obr. 14: Konstrukce s důlním pásmem [vlastní fotografie]

3.6 Měření s pásmem

Prvním krokem byla instalace navijáku s pásmem, jeho upevnění v úrovni 40 a spuštění konce ocelového pásu dolů do úrovně 0. Vzhledem ke křivosti schodiště bylo po dočasné stabilizaci rámu s pásmem nejprve nutné pomocí malého závaží vyzkoušet průchodnost až dolů. Po nalezení ideální polohy pro rám a kontrole volného závěsu pásma po celé jeho délce byl rám pevně stabilizován. Po nastavení vhodné délky odvinutí pásma byl mechanismus navijáku zajištěn tak, aby se nemohl samovolně otočit a místo pomocného závaží byla na konec pásma zavěšena středová tyč, na kterou byl umístěn jeden kotouč závaží. Středová tyč s podložkou pro kotoučová závaží má hmotnost 6 kg a použitý kotouč má hmotnost 10 kg, celková hmotnost závaží byla tedy 16 kg.

Před nivelačním měřením mezi pásmem a nejbližším nivelačním bodem bylo v každé úrovni nutné připevnit k nejbližší značce stupnice plastové pravítko tak, aby hodnota značky odpovídala vybrané zaokrouhlené hodnotě na pravítku. Byly změřeny tři nivelační oddíly, jeden v každém patře mezi pásmem a nejbližším nivelačním bodem. Nivelační oddíly nesou označení P1 - S1, P2 - S4 a P3 - VB33. Podle zásad vyjmenovaných v kapitole (3.1) byly oddíly měřeny tam a zpět, pro zajištění větší nezávislosti měření bylo vždy před měření zpět pravítko posunuto o 10 cm.



Obr. 15: Měření na pásmo v úrovni 40 [vlastní fotografie]

Měření původně proběhlo 4. 4. 2016, avšak pracovní harmonogram ve škole neumožnil kontrolu měření na místě a při pozdějším zpracování naměřených hodnot z úrovně 40 bylo zjištěno, že dvojice nezávislých měření významně překračuje hodnotu mezního rozdílu obousměrné nivelace, jelikož se pro chybu nenalezlo žádné očividné odůvodnění jako celočíselná chyba v odečtení latě či pravítka, bylo celé měření zopakováno 28. 4. 2016. Výsledky z prvního měření nebyly využity pro žádné další výpočty převýšení. Druhé měření proběhlo v pořádku a výsledky ze všech jeho částí splňují kontrolní kritéria přesnosti.

3.7 Použité přístroje a pomůcky

Trimble - Zeiss DiNi 12T

Pro měření VPN byl zvolen vysoce přesný digitální nivelační přístroj Trimble Zeiss DiNi 12T. Jeho jednotková směrodatná kilometrová odchylka obousměrné nivelace činí 0,3 mm/km. Přístroj byl zvolen především pro svou přesnost a rychlost měření. Dalšími klady jsou různě pokročilé funkce, mezi ty nejdůležitější pro měření v podzemí patří: podsvícení displeje, program pro zkoušku a opravu nevodorovnosti záměrné přímký, nastavení počtu čtení latě na jedné záměře, měření délky záměry.

Čtení provádí automaticky CCD senzor, který snímá čárový kód na lati a hodnotu ukládá do paměti, v tomto případě byl přístroj nastaven tak, aby přístroj provedl pro každou záměru dvojí čtení a uložil průměr. [15]



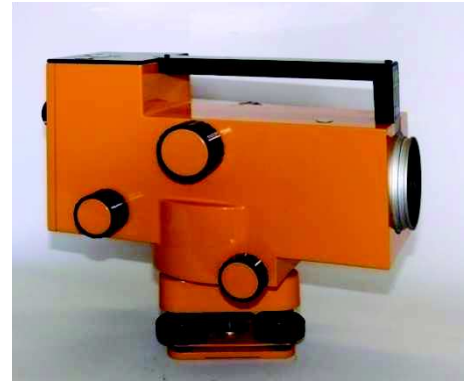
Obr. 16: Trimble Zeiss DiNi 12T [25]

Topcon AT F2

Pro krátká připojovací měření mezi důlním pásmem a nejbližším nivelačním bodem byl původně použit optický nivelační přístroj Topcon s nasazovacím mikrometrem. Rozsah mikrometru je však jiný než velikost dílku latě Zeiss. Nivelační oddíly jsou označeny jako P1 - S1, P2 - S4 a P3 - VB33. Jednotková směrodatná kilometrová odchylka přístroje pro obousměrnou nivelaci činí 0,7 mm/km.



Obr. 17: Topcon AT F2 [25]



Obr. 18: Zeiss Ni 005A [25]

Zeiss Ni 005A

Vzhledem k nevýhodám nasazovacího mikrometru u nivelačního přístroje Topcon byl pro opravné měření pásma využít optický nivelační přístroj Zeiss Ni 005A. Jednotková směrodatná kilometrová odchylka přístroje pro obousměrnou nivelaci činí 0,5 mm/km.

Nivelační invarové latě

K přístrojům s CCD senzorem je nutné používat speciální latě s čárovým kódem na invarovém pásu. Pro měření byly použity dvě sady latí. Pro jednodušší a přesnější stabilizaci latí ve svislé poloze byly k latím přimontovány teleskopické opěrné tyče. Prostorové omezení ve štole způsobilo u nivelačních pořadů v podzemí využití kratších 2 m latí. A pro efektivnější práci na povrchu byly k měření využity 3m latě.



Obr. 19: Invarová lať s čárovým kódem [25]

Při měření s optickým nivelačním přístrojem bylo nutné použít nivelační lať se standardním dělením. Pro toto krátké měření posloužila dvoustupnicová invarová nivelační lať Zeiss o délce 1,75 m.

Nivelační podložka

Pro dočasnou stabilizaci přestavových bodů a zamezení vertikálního posunu latí vlivem nezpevněného povrchu byla na všech vkládaných přestavových bodech používána dvojice přibližně 5 kg těžkých nivelačních podložek („žab“). Hrot pro umístění nivelační latě je opracován tak, aby při otáčení nebo opakovaném posazení latě byla vždy ve stejné výšce a to i když je podložka vlivem terénu v mírně nakloněné poloze. Použité podložky jsou opatřeny rukojetí pro snazší přenosy při měřeních.



Obr. 20: Nivelační podložky [7]



Obr.21: Měřické kolečko BMI [25]

Měřické kolečko

Aby bylo možné splnit jednu z podmínek při měření VPN geometrickou nivelací ze středu, je nutné rychle s přiměřenou přesností rozměřovat přestavy. K tomuto účelu sloužilo měřické kolečko BMI s odečítáním délky trasy po 1 dm.

Použité zdroje pro kapitolu 3: [5] [7] [11] [12] [13] [14] [15] [22] [25]

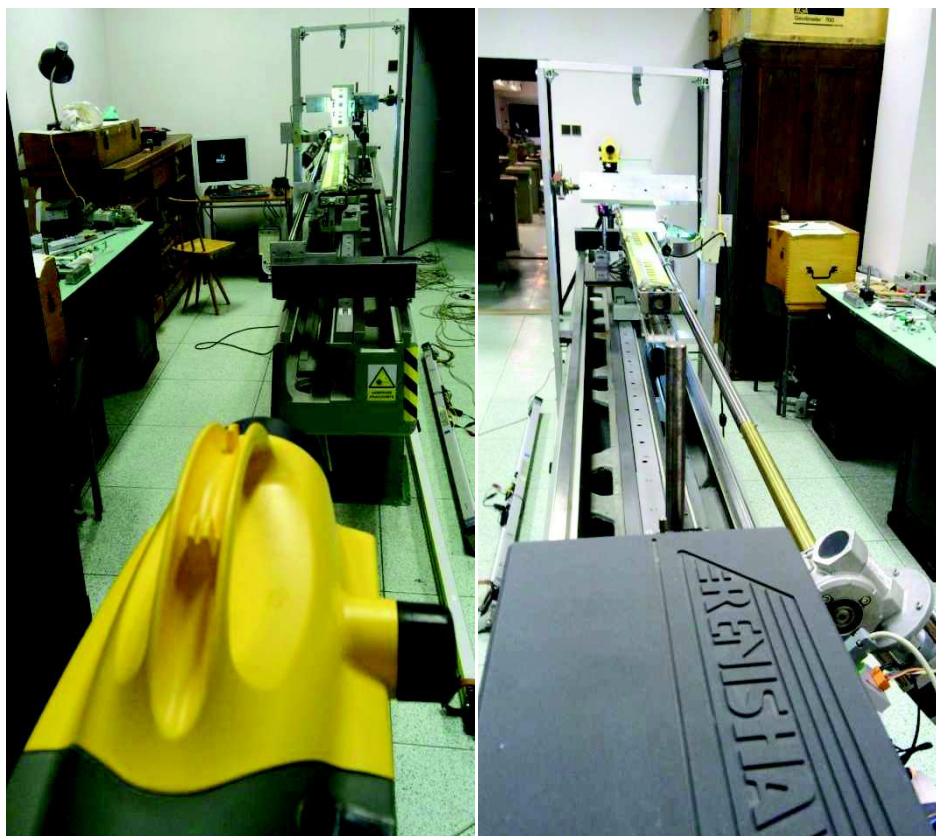
4 Kalibrace nivelačních latí

Pojem kalibrace je v geodézii většinou spojován s postupy, které mají za účel kontrolu či určování nepřesností měřických pomůcek. V případě nivelačních latí se jedná o porovnání délky laťového úseku s etalonem za účelem zjištění hodnoty měřítka latě. Měřítkem latě se označuje poměr skutečné délky laťového úseku k délkovému rozdílu, který je odečten nivelačním přístrojem na konkrétní lati.

Díky technologickému pokroku bylo možné řadu úkonů při kalibraci latí zpřesnit, zrychlit a zautomatizovat. Proto se v dnešní době již nepoužívá mechanická kalibrace, ale využívá se laserový interferometr a kamerový systém. Díky připojení těchto systémů k počítači s kontrolním softwarem můžeme využívat nejmodernější metodu kalibrace tzv. systémovou kalibraci. Tato metoda jednak poskytuje výhody v podobě rychlého a plně automatizovaného procesu, ale i vysoké přesnosti.

Na horizontálním komparátoru byly kalibrovány při měření použité 4 nivelační latě s čárovým kódem na invarovém pásu. Kalibrace probíhala ve dnech 21. a 22. dubna 2016, za totožných atmosférických podmínek. Vzhledem ke způsobu zavádění korekcí vlivu z tepelné roztažnosti invaru je výhodné při kalibraci sady latí udržet konstantní teplotu, která činila 25°C. Koeficient teplotní roztažnosti udávaný výrobcem činí $1,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ [16]. Pro přesné určování vzdáleností interferometrem je do kontrolního softwaru také zadáván tlak a vlhkost vzduchu, jejichž hodnoty dosahovaly přibližně 995 mbar a 23%. Po konzultaci s ing. Zdeňkem Vyskočilem, vedoucím kalibrační laboratoře, byla stanovena následující metodika kalibrace latí. Každá lať byla kalibrována 2krát, tedy tak, aby prošla komparátorem z leva do prava a zpět, s krokem posunu 50 mm a na každé pozici bylo nivelačním přístrojem odečítáno čtení na lati rovněž 2krát. Celý proces je řízen a data jsou zpracovávána řídicím softwarem DLSC (Digital level system calibration).

Výsledné měřítko latě lze udávat buď jako desetinné číslo s hodnotou velice blízkou 1, nebo ve zkrácené formě zvané ppm. Zkratka ppm znamená „parts per million“ tedy miliontina celku.



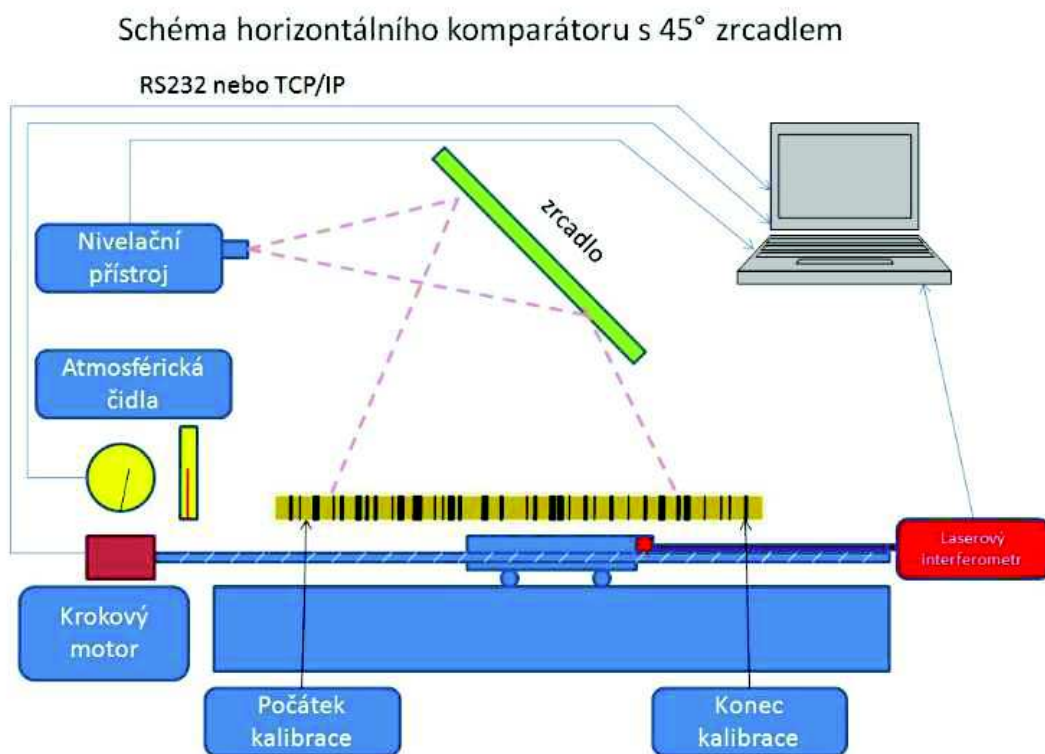
Obr. 22 a 23: Kalibrace latě [vlastní fotografie]

Při kalibraci 3 m dlouhé nivelační latě výrobní číslo 15915 docházelo k opakovanému přerušení automatického postupu způsobeného poškozením čárového kódu na lati. I přes snahu zpracovat po částech naměřená data do jednoho celku, se nepodařilo vypočítat správnou hodnotu měřítka latě. Proto bylo rozhodnuto, že místo toho bude použita hodnota učená při předchozí kalibraci této latě v roce 2012. Průměrná teplota při tehdejší kalibraci byla 22°C.

Metodu systémové kalibrace nelze použít pro nivelační latě s klasickou stupnicí, proto byla na měření použita lať Zeiss v. č. 49356 kalibrovaná Výzkumným ústavem geodetickým, topografickým a kartografickým. Tato kalibrace proběhla v roce 2000 při teplotě 20°C. [9] [17]

4.1 Popis horizontálního komparátoru

Velice zjednodušeně lze horizontální komparátor popsat jako mechanické zařízení složené z kolejnice, vozíku, krokového motoru, kvalitního rovinného zrcadla a interferometru. Konstrukce slouží k horizontální stabilizaci a plynulému posunu nivelační latě pomocí vozíku po kolejové dráze. Rovinné zrcadlo je umístěno v rámu nad latí skloněné k ose latě pod úhlem 45° . Po umístění nivelačního přístroje do správné polohy tak, aby jeho záměrná přímka procházela středem zrcadla rovněž pod úhlem 45° , je obraz latě nezkraslený a je možné automaticky odečítat čtení na lati. O pohyb vozíku s latí a odrazným hnanem interferometru se stará krokový motor otáčející ložiskovou tyč. [17]



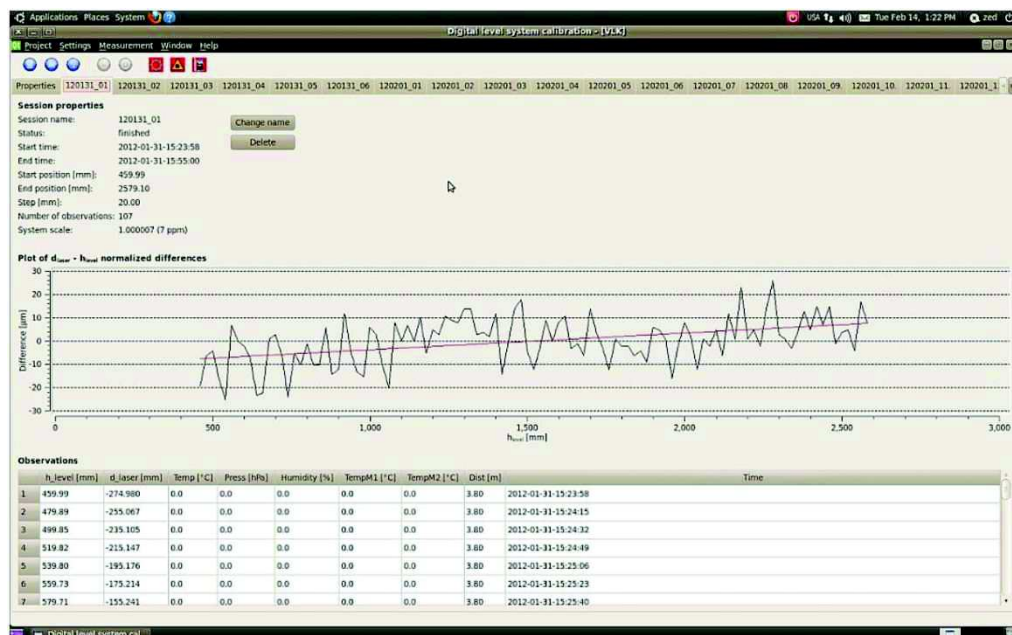
Obr. 24: Schéma horizontálního komparátoru [17]

4.2 Laserový interferometr



Obr. 25: Interferometr Renishaw ML10 [vlastní fotografie]

Nejdůležitější částí komparátoru je laserový interferometr zprostředkující délkový etalon. Kalibrační laboratoř katedry geomatiky k tomuto účelu při kalibracích latí a dálkoměrů používá laserový interferometr Renishaw ML10 Gold Standard. Jedná se o kompaktní (obsahuje laserovou hlavu i přijímač signálu) vysoce přesný systém se zaručenou přesností 0,7 ppm v celém rozsahu pracovních podmínek, tj. při teplotě 0 - 40°C a tlaku 750 - 1150 mbar. Na konci 80. let to byl nejpřesnější systém svého druhu a díky svým vlastnostem si získal pozici jedničky na trhu. Jako laserový zdroj je zde užíván Helium - neonový (He - Ne) laser (class II). [17]



Obr. 26: Výstup ze řídicího SW DLSC [17]

Použité zdroje pro kapitolu 4: [9] [16] [17]

5 Výpočet převýšení

Před výpočtem výšek nivelačních bodů bylo nutné naměřená převýšení opravit o nepřesnosti způsobené nivelačními latěmi. Jedná se o opravu délky laťového metru určené z kalibrace nivelačních latí a o opravu z teplotní roztažnosti invarového pásu uvedenou výrobcem. I když se zdá být vliv těchto chyb malý, je pro výšky nivelačních bodů určovaných VPN nutné je zavést. Pro výpočet výšek ve výškovém systému Bpv je nakonec nutné převýšení převést na normální Moloděnského převýšení zavedením normální ortometrické korekce a korekce z tíhových anomálií. [5] [6]

5.1 Oprava vlivu teplotní roztažnosti a kalibrace latí

Způsob určení délky laťového metru pomocí kalibrace nivelačních latí popisuje předchozí kapitola. Proto nyní stačí dosadit zjištěné hodnoty do vzorce pro opravu čtení na lati. Vzhledem k způsobu měření na sudé záměry a měření oddílů vždy tam a zpět s prohozením pořadí latí není nutné opravovat každé jednotlivé čtení na lati, ale postačí zprůměrovat opravy laťového metru pro měřickou sadu latí a aplikovat je společně s opravou z teplotní roztažnosti na měřená převýšení nivelačních oddílů tak, aby byly vyrovnány rozdílné teplotní podmínky při měření tam a zpět.

Oprava je dána vztahem:

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

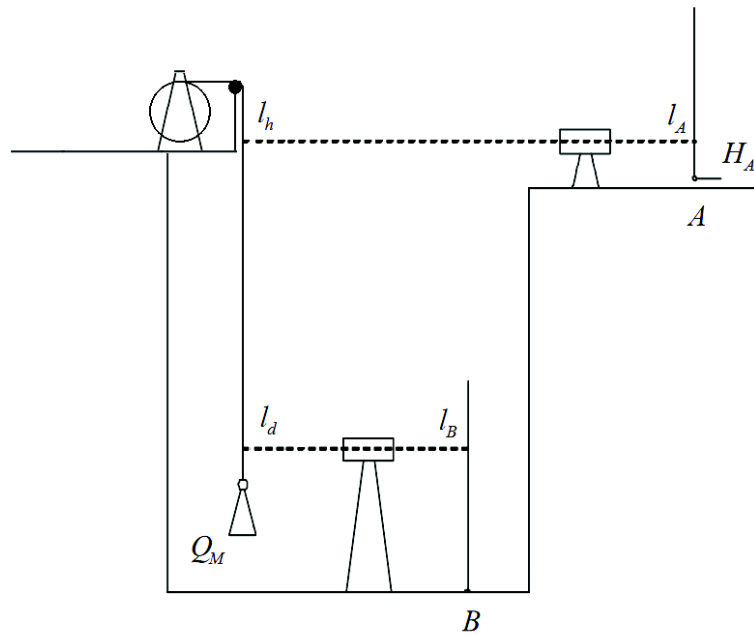
kde :

l	...	<i>opravené čtení na lati</i>
l_0	...	<i>nominální hodnota čtení na lati</i>
α	...	<i>oprava délky laťového metru zjištěná při kalibraci</i>
β	...	<i>koeficient teplotní roztažnosti invaru ($1,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$)</i>
t	...	<i>teplota při měření</i>
t_0	...	<i>teplota při kalibraci</i>

Takto opravená převýšení naměřená ve štole jsou výsledná a nebudou již opravována o žádné korekce. [5] [6] [16]

5.2 Výpočet výšky přenesené pásmem

Výpočet výšky přenesené pásmem je velice logický a snadno znázornitelný obrázkem 27. Vstupuje do něj výška známého bodu A a změřená čtení na latích a pásmu. Při použití pásma konstruovaného jako je v tomto případě, je pak výpočet identický s výpočtem převýšení změřeného geometrickou nivelací ze středu.



Obr. 27: Schéma přenesení výšky pásmem [upraveno z 18]

Obecná rovnice pro určení výšky bodu B:

$$H_B = H_A + l_A - |(l_h - l_d)| - l_B \quad (5.2)$$

Rovnice upravená pro tento případ:

$$H_B = H_A + l_A - l_h + l_d - l_B \quad (5.3)$$

$$H_B = H_A + l_A - l_h + l_d - l_B \quad (5.3)$$

kde:

H_A, H_B	...	výška bodu A, B
l_A, l_B	...	čtení na nivelační lati na bodu A, B
l_h, l_d	...	čtení na pásmu nahoře, dole

Matematická znaménka u veličin l_h, l_d jsou ovlivňována konstrukcí pásma. V našem případě je počátek stupnice pásma dole v úrovni 0 a roste směrem nahoru. [18]

5.2.1 Opravy délky pásma

Pro výpočet výšek je nutné nejprve opravit hodnoty l_h, l_d o opravy z komparace, z teplotní roztažnosti a z protažení pásma. K jejich přesnému výpočtu je nezbytné znát jisté parametry. Bohužel však k použitému pásmu chybí technická dokumentace od výrobce i komparační protokol a proto musely být některé parametry odhadnuty podle všeobecně známých skutečností, technické dokumentace a kalibračního protokolu k jinému pásmu obdobné konstrukce užívanému ke stejné úloze v rámci výuky katedry speciální geodézie. [18]

Oprava z komparace

Velikost opravy o_k závisí na hodnotě čtení a proto je potřeba jí vyinterpolovat z tabulky určených odchylek v komparačním protokolu. Komparační list tyto odchylky udává pro jednotlivé metry pásma. Jelikož tyto opravy jsou závislé na teplotě a tažné síle, které je pásmo vystaveno, jsou jejich hodnoty (Q_k a t_0) vždy uvedeny v komparačním protokolu.

Oprava z teplotní roztažnosti pásma:

Jedná se o opravu délky pásma způsobenou změnou teploty vůči podmínkám při kalibraci. Pro její přesné zavedení je zapotřebí pásmo před měřením zavěsit a nechat dostatečně dlouho aklimatizovat. Dále musíme změřit teplotu na více místech podél dráhy zavěšeného pásma s přesností vyšší než jeden stupeň celsia a určit její průměrnou hodnotu. V našem případě byl rozdíl teplot pouze 2 °C. Od výrobce je nutné znát koeficient teplotní roztažnosti použité oceli. Velikost opravy určíme z rovnice:

$$o_t = l_0 \cdot \alpha \cdot (t - t_0) \quad (5.4)$$

kde:

o_t	...	<i>oprava čtení na pásmu [m]</i>
l_0	...	<i>nominální hodnota čtení na pásmu [m]</i>
α	...	<i>koeficient teplotní roztažnosti oceli [C⁻¹]</i>
t	...	<i>průměrná teplota při měření [°C]</i>
t_0	...	<i>teplota při kalibraci [°C]</i>

Oprava z protažení pásma:

Obdobně jako u opravy z teplotní roztažnosti se jedná o opravu délky pásma změnou silových podmínek. K výpočtu velikosti této opravy je použito několik dalších údajů od výrobce pásma. Jsou to parametry použité oceli, konkrétně modul pružnosti a hmotnost jednoho běžného metru pásma. Rozměry, tloušťka a šířka pásma jsou dány výrobcem, nebo je lze změřit posuvným měřítkem či mikrometrem.

$$o_p = \frac{1}{EP} \left(Q_M - Q_K + \frac{gql}{2} + gql_d \right) \quad (5.5)$$

$$o_p = \frac{1}{EP} \left(Q_M - Q_K + \frac{gql}{2} + gql_d \right) \quad (5.5)$$

kde:

E	...	modul pružnosti pásma [N/mm^2]
P	...	plocha průřezu pásma [8 mm^2]
Q_M	...	síla závaží působící na pásmo (157 N)
Q_K	...	komparační síla [N]
g	...	gravitační zrychlení ($9,81 \text{ m/s}^2$)
q	...	hmotnost jednoho běžného metru pásma [kg/m]
l	...	délka na pásmu [m]
l_d	...	délka úseku pásma pod horizontem čtení [m]

Tab. 2: Seznam a velikost odhadovaných hodnot parametrů:

zkratka	zvolená hodnota	popis
o_k	0,000 m	oprava z kalibrace
α	$1,15 \cdot 10^{-5} \text{ C}^{-1}$	koeficient teplotní roztažnosti oceli
t_0	20°C	teplota při kalibraci
E	$210\,000 \text{ N/mm}^2$	modul pružnosti pásma
Q_k	50 N	komparační síla
q	$0,063 \text{ kg/m}$	hmotnost jednoho běžného metru

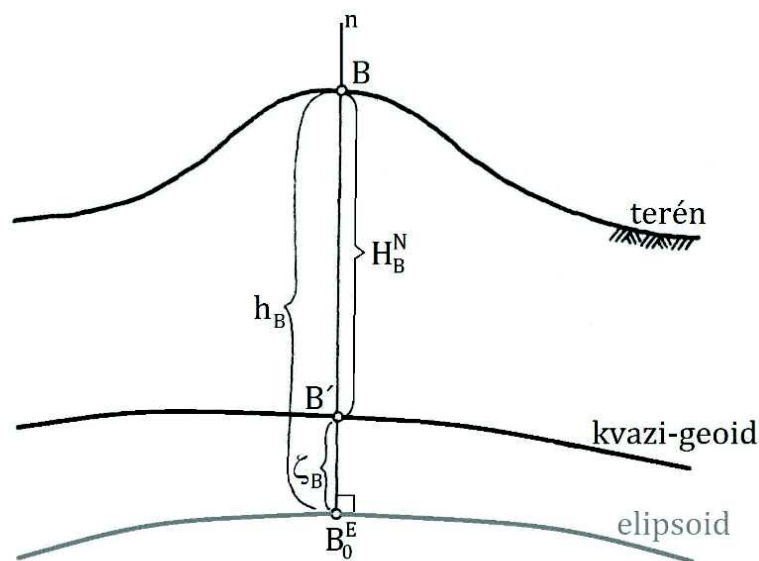
Vzhledem k tomu, že příložené plastové pravítko není z oceli jako pásmo ani na něj nepůsobí tažná síla způsobená závažím a hmotností pásma, nelze hodnoty odečtené na něm považovat za ovlivněné stejným způsobem jako jsou tečky na ocelovém pásmu. Proto hodnoty l vstupující do výpočtu oprav odpovídají hodnotám stupnice pro vyznačené tečky, ke kterým bylo přikládáno plastové pravítko. Jelikož doměrek zjištěný pravítkem nemůže přesáhnout 50 cm, nejsou do těchto čtení žádné opravy započítávány. [18] [25]

5.3 Normální výšky

Jak bylo uvedeno v druhé kapitole, veškerá výšková měření v síti ČSNS a důlních výškových bodových polích probíhají ve výškovém systému Bpv, který používá normální (Moloděnského) výšky. K výpočtu normálních výšek je nutné zavedení korekce ze stability hladinových ploch a korekce z tíhových anomálií. [5] [6]

Definice normální výšky podle VÚGTK:

Přibližná nadmořská výška odvozená aproximací dle ruského geodeta M.S. Moloděnského, vzdálenost bodu od kvazigeoidu podél siločáry normálního tíhového pole (přibližně normály k povrchu referenčního elipsoidu). [19]



Obr. 28: Geometrie normální výšky [20]

5.3.1 Normální ortometrická korekce

Normální ortometrická korekce je korekce ze sbíhavosti hladinových ploch normálního tíhového pole. K jejímu pochopení proto vysvětlíme pravé a normální ortometrické výšky.

Pravá ortometrická výška bodu A je definována jako délka tížnice mezi geoidem a vybraným bodem A. Její hodnota je popsána rovnicí:

$$H^A = \frac{1}{g_m^A} \int_0^A g \, dh \quad (5.6)$$

kde:

g_m^A	...	integrální střední hodnota tíhového zrychlení na tížnici mezi geoidem a bodem A na zemském povrchu
g	...	skutečné tíhové zrychlení

Jelikož nelze přímo změřit tíhové zrychlení g_m^A , ani skutečné tíhové zrychlení g , má pravá ortometrická výška pouze teoretický význam.

V praxi používáme normální ortometrické výšky, které předpokládají existenci normálního tíhového pole nahrazujícího skutečné tíhové pole Země. Pro výpočet se proto používá normální tíhové zrychlení γ , které je určeno podle přibližného modelu Země z nadmořské výšky a zeměpisné šířky. V rovnici (5.6) nahradíme hodnotu g_m^A hodnotou normálního tíhového zrychlení v poloviční výšce bodu γ_m^A .

Normální ortometrická výška bodu H_γ^A je dána rovnicí:

$$H_\gamma^A = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A \gamma \, dh \quad (5.7)$$

Po dosazení do integrálu v rovnici (5.7) $\gamma = \gamma_m^A + \gamma - \gamma_m^A$, získáme rovnici ve tvaru:

$$H_\gamma^A = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (\gamma_m^A + \gamma - \gamma_m^A) dh = \int_0^A dh + \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (\gamma - \gamma_m^A) dh \quad (5.8)$$

Pak platí:

$$H_{niv}^A = \int_0^A dh \quad (5.9)$$

Druhý člen v rovnici (5.8) tvoří normální ortometrickou korekci K_γ^A .

$$K_\gamma^A = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (\gamma - \gamma_m^A) dh \quad (5.10)$$

Normální ortometrická výška jednoho bodu je rovna:

$$H_\gamma^A = H_{\text{měř}}^A + K_\gamma^A \quad (5.11)$$

Při nivelačním měření převýšení jednoho oddílu mezi dvojicí bodů A, B získáme po úpravě z rovnic (5.7) a (5.8) rovnici ortometrických výšek:

$$H_\gamma^A - H_\gamma^B = H_{\text{měř}}^B - K_\gamma^B - K_\gamma^A \quad (5.12)$$

nebo také:

$$\Delta H_\gamma^{AB} = H_{\text{měř}}^{AB} + K_\gamma^{AB} \quad (5.13)$$

Normální ortometrickou korekci změřeného převýšení K_γ^{AB} mezi body A, B vyjádříme ve tvaru:

$$K_\gamma^{AB} = K_\gamma^B - K_\gamma^A = \frac{1}{\gamma_m^B} \int_0^B (\gamma - \gamma_m^B) dh - \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (\gamma - \gamma_m^A) dh \quad (5.14)$$

V běžné praxi se normální ortometrické korekce nepočítají podle vzorce (5.13), ale podle zjednodušeného vzorce. Odvození těchto vzorců je uvedeno v [6]. Výpočet je zjednodušen omezením území, pro které má sloužit. Po dosazení konstant pro bývalé Československo (střední zeměpisná šířka $\varphi = 49^\circ 23'$ a $\beta = 0,005302$ z Helmertova vzorce pro normální tíhové zrychlení) získáme zjednodušený vztah pro normální ortometrickou korekci ve tvaru:

$$K_\gamma^{AB} = -0,0000254 \cdot \Delta H_s^{AB} \Delta \varphi^{AB} \quad [mm] \quad (5.15)$$

kde :

H_s ... střední výška mezi body nivelačního oddílu [m]
 $\Delta \varphi^{AB}$... rozdíl zeměpisných šířek bodů nivelačního oddílu ["]

[6] [12] [20]

5.3.2 Korekce z tíhových anomálií

K určení normální korekce nejprve definujeme normální Moloděnského výšku. Ta je měřena od kvazigeoidu a je dána rovnicí:

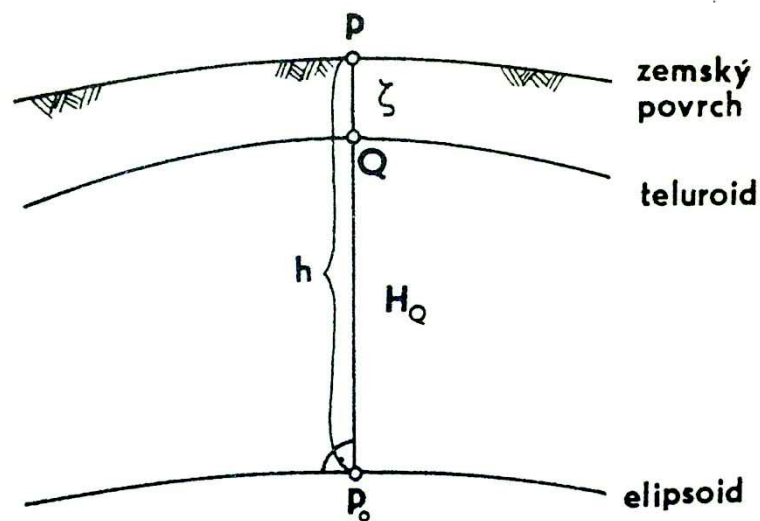
$$H_Q^A = \frac{C_A}{\gamma_m^A} = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A g \, dh \quad (5.16)$$

Pro rovnici (5.16) potřebujeme zjistit hodnotu normálního tíhového zrychlení. Vzorec pro její výpočet:

$$\gamma_m^A = \gamma_0^A - 0,1543 \cdot 10^{-5} \cdot H_Q^A \quad (5.17)$$

kde: γ_0^A ... normální tíhové zrychlení na elipsoidu nahrazující sféroid

I když je hodnota γ_0^A závislá na výšce H_Q^A tak nároky na její přesnost nebrání ve výpočtu, protože hodnotu tíhového zrychlení stačí znát jen na několik cifer.



Obr. 29: Princip Moloděnského řešení [6]

Dosazením rovnice $g = \gamma_m^A + (g - \gamma_m^A)$ do vzorce (5.16) dostaneme pro bod A vztah:

$$H_Q^A = \int_0^A dh + \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (g - \gamma_m^A) dh \quad (5.18)$$

Pro praktické použití však do vzorce (5.16) dosazujeme rovnost $g = \gamma + (g - \gamma)$ a dostaneme pro bod A vztah:

$$H_Q^A = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A \gamma dh + \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (g - \gamma) dh \quad (5.19)$$

První člen na pravé straně je normální ortometrická výška bodu A podle rovnice (5.6) a druhý člen je normální korekce.

Rozdíl mezi normální výškou bodu a normální ortometrickou výškou je roven normální korekci, jejíž hodnotu určuje rovnice:

$$K_{\Delta g}^A = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (g - \gamma) dh \quad (5.20)$$

Výraz $(g - \gamma)$ ve vzorci (5.20) popisuje tíhovou anomálii na volném vzduchu Δg_f . Přestože je tento rozdíl definován pro g na zemském povrchu a pro γ na teluroidu, tak v případě kdy aplikujeme hodnotu obvyklé tíhové anomálie Δg_f v bodech na geoidu a hladinovém elipsoidu, není přesnost ovlivněna.

Rozdíl normálních výšek mezi body nivelačního oddílu A, B potom bude dán rovnicí:

$$H_Q^{AB} = H_Q^B - H_Q^A = H_\gamma^B - H_\gamma^A + \frac{1}{\gamma_m^B} \int_0^B (g - \gamma) dh - \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A (g - \gamma) dh \quad (5.21)$$

Korekční členy v rovnici (5.21) jsou malé, tudíž místo hodnot γ_m^A a γ_m^B lze dosadit jejich střední hodnotu:

$$\gamma_m = \frac{\gamma_m^A + \gamma_m^B}{2} \quad (5.22)$$

Rozdíl normálních výšek pak bude:

$$H_Q^{AB} = H_\gamma^{AB} + \frac{1}{\gamma_m} \int_A^B (g - \gamma) dh \quad (5.23)$$

Druhý člen vzorce (5.23) označuje korekce z anomálií tíže $K_{\Delta g}^{AB}$ pro měřené převýšení mezi body A, B.

$$K_{\Delta g}^{AB} = \frac{1}{\gamma_m} \int_A^B (g - \gamma) dh \quad (5.24)$$

Ze vzorců (5.20) a (5.22) můžeme určit, že normální převýšení se vypočte

$$\Delta H_Q^{AB} = \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} + K_{\gamma}^{AB} + K_{\Delta g}^{AB} = \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} + K_Q^{AB} \quad (5.25)$$

Ze vzorce (5.25) je vidět, že normální převýšení získáme opravou měřeného převýšení o normální korekci, kterou získáme ze součtu normální ortometrické korekce a korekce z vlivu tíhových anomálií.

$$K_Q^{AB} = K_{\gamma}^{AB} + K_{\Delta g}^{AB} \quad (5.26)$$

Fayova anomálie

K výpočtu korekce z vlivu tíhových anomálií $K_{\Delta g}^{AB}$ potřebujeme znát hodnoty Fayovy anomálie jinak zvané anomálie na volném vzduchu. Jelikož délky nivelačních oddílů jsou v řádu desítek metrů (nevadily by ani stovky metrů), postačí pro výpočet střední hodnota Bouguerových anomálií mezi body A, B.

$$(g - \gamma)_S = \frac{(g - \gamma)_A + (g - \gamma)_B}{2} \quad (5.27)$$

Dosazením do integrálu v rovnici (5.19) dostaneme vztah:

$$\int_A^B (g - \gamma) dh = (g - \gamma)_S \int_A^B dh = (g - \gamma)_S \cdot \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} \quad (5.28)$$

a ten pak upravíme do tvaru:

$$\Delta H_Q^{AB} = \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} + K_{\gamma}^{AB} + \frac{1}{\gamma_m} (g - \gamma)_S \cdot \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} \quad (5.29)$$

Hodnota normálního tíhového zrychlení se vypočte podle Helmertova vzorce z r. 1901 a 1909:

$$\gamma_m = 978030(1 + 0,005302 \cdot \sin^2 \varphi - 0,000007 \cdot \sin^2 2\varphi) [mGal] \quad (5.30)$$

Aplikací hodnot pro ČR:

$$K_{\Delta g}^{AB} = 0,0010193 \cdot \Delta g_F^S \cdot \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} \quad [mm] \quad (5.31)$$

Hodnotu Fayových anomálií získáváme převodem z Bouguerových anomálií pomocí rovnice:

$$\Delta g_F^S = \Delta g_B^S + 0,1119 H_{\xi}^{AB} \quad [mGal] \quad (5.32)$$

[6] [12] [17] [20]

Bouguerovy anomálie

Hodnoty Bouguerových anomálií lze získat z analogových gravimetrických map nebo jejich digitalizovaných verzí. V tomto případě byly získány z interaktivního programu Bouganos, který i s návodem k obsluze poskytl Ing. Jan Holešovský.

K výpočtům program vyžaduje vstupní textový soubor s daty ve specifické formální úpravě. Vstupní datový soubor musí obsahovat číselný kód popisující druh použitých souřadnic (0 = Y, X systému JTSK; 1 = elipsoidické souřadnice na Besselově elipsoidu) a pak samotné souřadnice. Souřadnice stávajících bodů byly převzaty z práce Petry Svačinové a souřadnice nových bodů byly převzaty od kolegy Bc. Lukáše Vaise [21], jejichž přesnost řádově přesahuje požadavky pro určení Bouguerových anomálií.

5.3.3 Normální převýšení

Hodnotu normálního převýšení mezi body A, B získáme z rovnice:

$$\Delta H_Q^{AB} = \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} + K_{\gamma}^{AB} + K_{\Delta g}^{AB} = \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} + K_Q^{AB} \quad (5.25)$$

Po dosazení korekcí získáme vzorec pro výpočet převýšení opraveného o normální korekci pro území ČR:

$$\Delta H_Q^{AB} = \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} - 0,0000254 \cdot H_S^{AB} \cdot \Delta\varphi^{AB} + 0,0010193 \cdot (\Delta g_B^S + 0,1119 H_S^{AB}) \Delta H_{m\check{e}r}^{AB} \quad (5.33)$$

kde : $\Delta H_{m\check{e}r}^{AB}$... měřené převýšení nivelačního oddílu mezi body A, B [m]
 H_S^{AB} ... střední výška mezi body A, B [m]
 $\Delta\varphi^{AB}$... rozdíl zeměpisných šířek bodů A, B ["]
 Δg_B^S ... střední hodnota Bouguerových anomálií [mGal]

Výsledný vzorec (5.29) je se zaokrouhlenými konstantami uveden i v Metodickém návodu [5].

[5] [6] [12] [20]

5.3.4 Normální výšky v podzemí

Z uvedeného postupu je jasné, že výpočet normálních výšek závisí na určení Bouguerových anomálií. Ty jsou ovšem vztaheny k zemskému povrchu a není je možné určit žádným výpočtem. Jediná možnost, jak zjistit hodnoty B.a. v podzemí, je provést lokální gravimetrické měření. Proto bylo po konzultaci s Ing. Janem Holešovským, který pokračuje v názorové tradici nastavené Doc. Ing. Antonínem Zemanem, DrSc. doporučeno, že se pro nivelační pořady v podzemí nemají normální výšky zavádět.

Použité zdroje pro kapitolu 5: [5] [6] [12] [16] [18] [19] [20] [21] [25]

6 Přesnost měření

6.1 Přesnost nivelace

Nejjednodušší charakteristika přesnosti výškového měření je nominální kilometrová směrodatná odchylka nivelačního přístroje.

Trimble - Zeiss DiNi 12T:

$$m_0 = 0,3 \text{ mm/km}$$

Zeiss Ni 005A:

$$m_0 = 0,5 \text{ mm/km}$$

Podle [5] přesnost měření charakterizujeme pomocí kilometrové směrodatné odchylky jednotkové obousměrné nivelace:

$$m_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_R} \cdot \sum \frac{\rho_i^2}{R}} \quad [\text{mm}] \quad (6.1)$$

kde:

n_R	...	<i>počet nivelačních oddílů</i>
ρ	...	<i>rozdíl převýšení tam a zpět [mm]</i>
R	...	<i>délka nivelačního oddílu [km]</i>

Mezní hodnota směrodatné odchylky m_0 je pro VPN II. řádu stanovena výrazem:

$$\bar{m} = 0,45 + \frac{0,80}{\sqrt{n_R}} \quad [\text{mm}] \quad (6.2)$$

Směrodatná odchylka obousměrné nivelace nivelačního pořadu či oddílu:

$$m_L = m_0 \cdot \sqrt{L} \quad [\text{mm}] \quad (6.3)$$

kde:

L	...	<i>délka nivelačního pořadu [km]</i>
-----	-----	--------------------------------------

Další způsob jak charakterizovat přesnost nivelačního měření určuje směrodatnou odchylku měření podle vypočtených rozdílů měření tam a zpět. Jedná se o tzv. soubor dvojic měření, kdy v případě že máme dostatečný počet oddílů měřených za stejných podmínek tam a zpět, lze tímto způsobem s dostatečnou přesností určit směrodatnou odchylku měření.

Směrodatná odchylka rozdílů:

$$m_{0d} = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n}} \quad (6.4)$$

Směrodatná odchylka jednoho měření:

$$m_0 = \frac{\sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n}}}{\sqrt{2}} \quad (6.5)$$

kde:

ρ_i ... *rozdíl mezi měřeními tam a zpět*
 n ... *počet oddílů*

Tento způsob charakteristiky měření byl využit pro výpočet směrodatných odchylek měření vstupujících do výpočtu vyrovnání. Proto byl vzorec (6.5) aplikován tak, abychom určili směrodatnou odchylku oddílu s jednou sestavou. Z hodnoty směrodatné odchylky jedné sestavy byly odvozeny hodnoty odchylek pro libovolný počet sestav.

Směrodatná odchylka oddílu měřeného v obou směrech:

$$\sigma_{pn} = m_0 \cdot \sqrt{n} \quad (6.6)$$

kde:

σ_{pn} ... *směrodatná odchylka převýšení v jedné sestavě*
 n ... *počet přestav*

Poslední způsob jak byla charakterizována přesnost nivelačních měření slouží ke kontrole předchozího způsobu a zároveň jako náhradní metoda pro nivelační měření malého rozsahu, kde počet měřených oddílů je tak malý, že by bylo u něj nevhodné využít statistickou metodu vycházející ze vzorce (6.5).

Tento způsob ignoruje délku nivelačního pořadu a závisí na znalosti přesnosti odečtu na latí a na počtu odečtů. Díky tomu je vhodný pro určení vah při výpočtu vyrovnání nivelačních měření, kde byl využit digitální nivelační přístroj, kterému klesá přesnost odečítání vzdálenějších latí výrazně méně než u optických nivelačních přístrojů, zato však odečítání latě jako takové způsobuje nahodilé chyby. Hodnota směrodatné odchylky jednoho čtení však není udávána výrobcem, proto byla stanovena po domluvě s vedoucím práce podle známé přesnosti měření velmi přesného nivelačního přístroje Ni 007 pro jednu záměru na dvoustupnicovou lať. Nastavení digitálního přístroje na dvojí odečtení latě hned po sobě odpovídá takovému měření. Přestože digitální přístroj DiNi 12T je přesnější, tak hodnota σ_s je stanovena pro laboratorní podmínky měření. Po uvážení všech vlivů jí proto považujeme za dostatečně přesnou pro výpočet vah ve vyrovnání.

Směrodatná odchylka jedné cesty:

$$s_n = \sigma_s \cdot \sqrt{n} \quad (6.7)$$

kde:

σ_s ... směrodatná odchylka převýšení v jedné sestavě = 0,1 mm
 n ... počet přestav

Směrodatná odchylka nivelačního měření tam a zpět:

$$S_{pn} = \frac{s_n}{\sqrt{2}} \quad (6.8)$$

[5] [14] [18] [22] [23]

6.2 Přesnost pásma

Vzhledem k použitým pomůckám nelze přesnost přenesení výšky pásmem jednoznačně určit, avšak pokud si rozebereme dílčí vlivy, které na ni působí a odhadneme velikost jejich chyb, získáme přibližnou hodnotu směrodatné odchylky měření. [18]

Směrodatná odchylka jednoho měření σ_m je složena z vlivů:

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_{kp}^2 + \sigma_{km}^2 + \sigma_{pm}^2 + \sigma_{ot}^2 + \sigma_{cp}^2 + \sigma_{pp}^2 + \sigma_{cl}^2} \quad (6.9)$$

kde:

σ_{kp}	...	přesnost komparace pásma
σ_{km}	...	přesnost komparace příložného pravítka
σ_{pm}	...	přesnost umístění pravítka na pásmo
σ_{ot}	...	přesnost opravy z teploty
σ_{cp}	...	přesnost čtení stupnice pravítka
σ_{pp}	...	přesnost opravy z protažení pásma
σ_{clz}	...	přesnost čtení stupnice nivelační latě včetně vlivu nesvislosti latě a opravy z nestejně délky záměr

Směrodatná odchylka jedné cesty od úrovně 40:

$$s_p = \sqrt{(2s_{kp}^2 + 2s_{km}^2 + 2s_{pm}^2 + s_{ot}^2 + 2s_{cp}^2 + 2s_{pp}^2 + 4s_{clz}^2)} \quad (6.10)$$

Směrodatná odchylka jedné cesty mezi úrovněmi 20 a 0:

$$s_p = \sqrt{(2s_{kp}^2 + 2s_{km}^2 + 2s_{pm}^2 + s_{ot}^2 + 2s_{cp}^2 + 2s_{pp}^2 + 2s_{clz}^2)} \quad (6.11)$$

Vzorec je změněn kvůli vyššímu počtu přestav k připojovacímu bodu v úrovni 40.

Směrodatná odchylka výsledku průměru:

$$s_{PP} = \frac{s_p}{\sqrt{2}} \quad (6.12)$$

Tab. 3: Předpokládané hodnoty přesnosti dílčích vlivů

	pro hloubku 20 m [mm]	pro hloubku 40 m [mm]
s_{kp}	0,5	0,5
s_{km}	0,3	0,3
s_{pm}	0,3	0,3
s_{ot}	0,2	0,4
s_{cp}	0,1	0,1
s_{pp}	0,05	0,1
s_{clz}	0,12	0,12

Tab. 4: Vypočtené směrodatné odchylky přenesení výšky

přenášený úsek	s_p	s_{pp}
40 - 0	1,14	0,81
40 - 20	1,01	0,71
0 - 20	0,98	0,69

Použité zdroje pro kapitolu 6: [5] [14] [18] [22] [23]

7 Výpočet vyrovnání

Jak bylo uvedeno v kapitole 3, tak pro připojení výškových měření na nových bodech máme nezanedbatelné množství nadbytečných měření, které nám umožňují kontrolu měření, ale také možnost určit výšky přesněji a s větší jistotou díky výpočtu vyrovnání. Úkolem vyrovnání je tedy nalézt takové řešení, které minimalizuje rozpory mezi měřenými hodnotami.

K tomu aby vypočtené řešení bylo co nejpřesnější, je nutné kromě samotných měřených hodnot určit jejich přesnost, tak aby výpočet vyrovnání mohl některým měření přiřadit vyšší váhu.

7.1 Metody vyrovnání

Pro geodetické úlohy jsou v praxi používány především následující tři způsoby vyrovnání. Tím prvním je vyrovnání přímých měření. Tuto metodu používáme v případě, že hledanou veličinu měříme přímo alespoň dvakrát nezávisle po sobě. Pokud všechna měření probíhají za stejných podmínek, lze vyrovnání provést jako prostý aritmetický průměr. V případě kdy se přesnost a tím i váhy měření liší, je nutné provádět vážený průměr.

Druhý způsob vyrovnání se nazývá vyrovnání zprostředkujících měření, u nějž se určované veličiny neměří přímo, ale jsou určeny pomocí přímých měření.

Jako poslední způsob uvedeme podmínkové vyrovnání. V tomto případě se jedná o vyrovnání přímých měření, ale určované veličiny musí splnit dané podmínky. Nejčastějším příkladem takové podmínky je polohový či výškový uzávěr uzavřeného polygonového či nivelačního pořadu.

7.1.1 Metoda nejmenších čtverců

K aplikaci a výpočtu všech uvedených způsobů vyrovnání používáme tzv. metodu nejmenších čtverců (MNČ). Metoda MNČ hledá takové řešení, které má co nejmenší součet čtverců (kvadrátů) oprav.

$$\Omega = [p v v] = v^T \cdot P \cdot v = \text{Min} \quad (7.1)$$

kde: P ... *matice vah*
 v ... *vektor oprav*

Ze vztahu (7.1) je zřejmé, že pro vyrovnání MNČ musíme určit jednotlivým měřením váhy a sestavit tak matici vah. Váha je poměrné číslo popisující důležitost a přesnost měření. Aby se ta nejkvalitnější dílčí měření nejvíce podílela na výsledku, musí mít v matici vah největší hodnoty. Hodnoty vah určujeme v závislosti na směrodatné odchylce měření.

$$p_i = \frac{K}{m_i^2} \quad (7.2)$$

kde: P ... *vhodně zvolená konstanta*
 m_i ... *směrodatná odchylka měření*

Výpočet vah pro nivelovaná převýšení je v základním nastavení sw GNU Gama stanoveno úměrně délce nivelovaného úseku. Z důvodů popsanych v kapitole (6.1) byla vstupní data zadána v takové formě, aby matice vah byla určena podle předem vypočtených směrodatných odchylek.

Váhová matice je diagonální matice, kde se na diagonále nacházejí váhy jednotlivých měření. [22] [23]

$$P = \begin{pmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & p_n \end{pmatrix} \quad (7.3)$$

7.1.2 Vyrovnání zprostředkujících měření

Tento způsob vyrovnání se používá v případech, kdy hledané veličiny nejsou měřeny přímo, ale jsou určovány prostřednictvím jiných měřených veličin. Pro vyrovnání máme množinu měření L , která by v ideálním případě určovala hodnotu hledaných veličin. Každé měření je ovšem zatíženo skutečnými chybami, které neznáme. Označíme-li vektor neznámých X a vektory vyrovnaných měřených veličin a neznámých \bar{L} , \bar{X} pak můžeme napsat vztah mezi hledanými neznámými a měřenými veličinami:

$$\bar{L} = L + v = f(\bar{X}) \quad (7.4)$$

kde: v ... opravy měřených veličin

V našem případě jsou měřenými veličinami měřená převýšení a neznámými jsou výšky bodů. Proto funkce lineární rovnice oprav bude:

$$v = A \cdot \bar{X} - L \quad (7.5)$$

kde: A ... matice plánu

Matice plánu obsahuje derivace funkcí $f(\bar{X})$ podle jednotlivých neznámých:

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1(\bar{X})}{\partial X_1} & \dots & \frac{\partial f_1(\bar{X})}{\partial X_k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n(\bar{X})}{\partial X_1} & \dots & \frac{\partial f_n(\bar{X})}{\partial X_k} \end{pmatrix} \quad (7.6)$$

kde: n ... počet měření

k ... počet neznámých

Po aplikaci podmínky MNČ (7.1) dostaneme soustavu normálních rovnic:

$$A^T \cdot P \cdot A \cdot \bar{X} = A^T \cdot P \cdot L \quad (7.7)$$

Součin $A^T \cdot P \cdot A$ na levé straně rovnice bývá označován jako matice soustavy normálních rovnic (N), a součin na pravé straně $A^T \cdot P \cdot L$ je označován jako vektor soustavy normálních rovnic (n). Soustava normálních rovnic bude potom ve tvaru:

$$N \cdot \bar{X} = n \quad (7.8)$$

Výpočtem soustavy normálních rovnic (7.8) získáme vyrovnané hodnoty neznámých. Vyrovnané hodnoty měřených veličin určíme součtem měření s jejich opravami:

$$\bar{X} = L + v \quad (7.9)$$

Kontrolu vyrovnaní lze provést druhým výpočtem oprav:

$$v^{II} = f(\bar{X}) - L \quad (7.10)$$

Opravy z prvního a z druhého výpočtu se musí rovnat.

Charakteristika přesnosti

Odhad a posteriori jednotkové směrodatné odchylky:

$$m_0 = \sqrt{\frac{v^T \cdot P \cdot v}{n-k}} \quad (7.11)$$

kde: n ... počet nadbytečných měření

Směrodatná odchylka vyrovnaných neznámých:

$$m_x = m_0 \sqrt{Q_{xi, xi}}$$

kde: $Q_{xi, xi}$... diagonální prvky matice Q_x

Kovarianční matice Q_x se vypočte z matice plánu a matice vah:

$$Q_x = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} = N^{-1}$$

[22] [23]

7.2 GNU Gama

Výpočet proběhl v programu Gnu Gama ve verzi pro operační systém Windows: gama-local v. 1.15. 2013. Software Gama slouží ke zpracování měření a výpočtu vyrovnání geodetických sítí. Jedná se o volně přístupný software, jehož hlavním autorem je Prof. Ing. Aleš Čepek, Csc. Výhodou sw je velikost a fakt, že jej není nutné instalovat. Mezi nevýhody patří nutnost spouštění program přes příkazový řádek a požadavky na vstupní soubor. Vstupní soubor musí být ve formátu XML a mít specifickou syntaxi. [24]

7.2.1 Průběh výpočtu

Pro výpočet vyrovnání nivelační sítě byla použita měření z roku 2016, 2015 a připojovací společné úseky z let 2012, 2013 a 2014. V síti nebyl zadán žádný fixní bod ale pouze dva opěrné body: HVB1 a HVB4. Všem nivelovaným převýšením byla nejprve určena směrodatná odchylka podle rovnice (6.6) a převýšením určeným pásmem podle rovnice (6.12). Takto vyrovnaná síť však vykazovala deformace a velkou hodnotu poměru aposteriorní odchylky vůči apriorní odchylce. Zkoumáním jednotlivých oprav bylo zjištěno, že body 501, 501n a VB3 vykazují velké hodnoty oprav měření, z toho důvodu byly vytvořeny body pojmenované podle roku měření a k nim přiřazeny jejich dílčí měření.

Dále měření pásmem vykazovalo výrazně vyšší odchylku než byla odhadována. Porovnáním nivelovaného převýšení s převýšením určeným pásmem byl zjištěn rozdíl 2 mm. Při kontrole výpočtů oprav nivelovaných převýšení bylo zjištěno, že velikost opravy při převodu měřených převýšení na normální převýšení pro úsek HVB2 - 537 je 1,3 mm. Vzhledem k důvodům uvedeným v kapitole (5.3) a snaze udržet konzistenci výškových měření v celé štole, jsme zůstali u názoru nezavádět v podzemí normální výšky. Jelikož nebylo možné změnit hodnoty měření, musely být zvýšeny směrodatné odchylky měření. Proto byly zvýšeny hodnoty směrodatných odchylek měření pásma, poněvadž změny směrodatných odchylek nivelovaných převýšení by mohly poškodit výpočet výšek a zmiňovaný rozdíl v uzávěru by mohl být částečně vnesen do celé sítě nivelačních měření a to především do úseku HVB2 - 537, kde nejsou žádná přebytečná měření a jejich směrodatná odchylka je vlivem velkého počtu přestav ze všech nivelačních měření nejvyšší.

Po úpravách vstupních dat bylo nakonec nalezeno takové řešení, které dosahuje poměru aposteriorní vůči apriorní odchylce hodnotu 0,98. Tento poměr o hodnotě rovnající se 1 znamená, že zadaná síť je právě tak přesná, jak jsou zadané směrodatné odchylky. Takto vyrovnaná síť obsahuje jediný defekt, odlehlé měření oddílu HVB1 - VB2 z roku 2012, které po přezkoumání výsledků a konzultaci s vedoucím práce bylo pro celkové výsledky označeno za nepodstatné. Nepřesnost měření byla pravděpodobně způsobena použitím dlouhých latí, které u tohoto bodu nelze stabilizovat do přesně svisté polohy. Z tohoto důvodu bod nikdy nesloužil jako hlavní důlní výškový bod a byl i později nahrazen bodem HVB2. Pokud jde o odlehlá měření na body 501n a VB3 značící možný posun bodů, tak ty nelze s jistotou prokázat, jelikož při výškových měření nebyly téměř využívány a z toho důvodu u nich máme malý počet nadbytečných měření. Naprosto opačná situace je u bodu 501, který leží ve středu nivelační sítě před vstupními portály do štoly a máme u něj velké množství nadbytečných měření. Po rozdělení jeho výpočtu na body po jednotlivých letech byl zjištěn dlouho trvající trend poklesu hodnoty výšky.

Výsledkem je protokol o vyrovnaní obsahující statistiku popisující vstupní data, jako počet měření, počet neznámých atd. Poté jsou v něm výsledné výšky s jejich opravami a směrodatnými odchylkami, vyrovnaná měření s jejich opravami a směrodatnými odchylkami.

Použité zdroje pro kapitulu 7: [22] [23] [24]

8 Výsledky

8.1 Měřená převýšení a kontrola rozdílů

Tab. 5: Měřená převýšení z jara 2016

měření	sada latí	nivelační oddíl	převýšení [m]			délka oddílu [m]	datum měření (2016)
			tam	zpět	průměr		
ve štole	2m	S1 - VB31	-1,12727	1,12728	-1,12728	34,5	25.2.
		VB31 - HVB4	-0,73451	0,73438	-0,73445	97,1	25.2.
		HVB4 - 502	-0,47593	0,47586	-0,47590	50,0	25.2.
		502 - VB1	0,50530	-0,50564	0,50547	115,8	25.2.
		VB33 - 539	-0,20128	0,20119	-0,20124	12,1	10.3.
		539 - 538	-0,84895	0,84876	-0,84886	48,8	10.3.
		538 - 537	1,93793	-1,93796	1,93795	95,6	10.3.
		S4 - VB32	0,51120	-0,51111	0,51116	12,7	10.3.
na povrchu	3m	VB1 - 501	-1,19586	1,19580	-1,19583	26,4	25.2.
		VB1 - HVB2	-0,58964	0,58960	-0,58962	36,6	10.3.
		HVB2 - 501	-0,60635	0,60624	-0,60630	36,0	10.3.
		537 - VB34	0,33125	-0,33128	0,33127	5,2	10.3.
	537 - 101	-11,29984	11,29965	-11,29975	71,7	17. a 24.3.	
	101 - 102	-11,40174	11,40193	-11,40184	53,3	17. a 24.3.	
	102 - 103	-12,63332	12,63322	-12,63327	49,9	17. a 24.3.	
	103 - HVB2	-7,23532	7,23549	-7,23541	49,9	17. a 24.3.	
ve štole (pásno)	1,75m	501 - VB3	5,63014	-5,63009	5,63012	65,1	17.3.
		P3 - VB33	0,25340	-0,25333	0,25337	8	28.4.
		P2 - S4	-1,61138	1,61155	-1,61147	7	28.4.
		P1 - S1	-0,51055	0,51065	-0,51060	4	28.4.

Tab. 6: Měřená převýšení z jara 2015

měření	lať	postup	nivelační oddíl	převýšení [m]			délka oddílu [m]	datum měření (2015)
				tam	zpět	průměr		
na povrchu 2m latě		T-Z	HVB1 - HVB2	-0,00806	0,00783	-0,00795	36,8	10.4.
		T-Z	HVB1 - HVB2	-0,00784	0,00796	-0,00790	36,8	10.4.
		T-Z	HVB2 - 501	-0,60513	0,60528	-0,60521	36,1	10.4.
		T-Z	HVB2 - 501	-0,60532	0,60538	-0,60535	36,1	10.4.
		T-Z	501 - HVB1	0,61317	-0,61320	0,61318	28,0	10.4.
		T-Z	HVB1 - VB1	0,58157	-0,58154	0,58155	5,7	10.4.
	2	bočně	HVB1 - VB1	0,58148	-	-	37,9	10.4.
	1	bočně	HVB1 - VB1	0,58157	-	-	26,3	10.4.
	2	bočně	HVB2 - 501n	-0,44565	-	-	36,1	10.4.
	2	bočně	HVB2 - 501n	-0,44588	-	-	36,3	10.4.
	2	bočně	501 - 501n	0,15943	-	-	26,4	10.4.
	1	bočně	501 - 501n	0,15938	-	-	35,8	10.4.
	1	bočně	501 - 501n	0,15946	-	-	36,0	10.4.
	2	bočně	501 - VB1	1,19489	-	-	26,4	10.4.
	1	bočně	HVB1 - 501n	-0,45385	-	-	26,4	10.4.
1	bočně	HVB2 - VB1	0,58931	-	-	36,9	10.4.	

Tab. 7: Kontrola rozdílu měření tam a zpět (měření 2016)

měření	sada latí	nivelační oddíl	rozdíl převýšení [mm]	mezí rozdíl [mm]	kritérium splněno
ve štole	2m	S1 - VB31	0,01	0,42	ANO
		VB31 - HVB4	0,13	0,70	ANO
		HVB4 - 502	0,07	0,50	ANO
		502 - VB1	0,34	0,77	ANO
		VB33 - 539	0,09	0,25	ANO
		539 - 538	0,19	0,50	ANO
		538 - 537	0,03	0,70	ANO
		S4 - VB32	0,09	0,25	ANO
na povrchu	2m	VB1 - 501	0,06	0,37	ANO
		VB1 - HVB2	0,04	0,43	ANO
		HVB2 - 501	0,10	0,43	ANO
		537 - VB34	0,10	0,16	ANO
	3m	537 - 101	0,19	0,60	ANO
		101 - 102	0,19	0,52	ANO
		102 - 103	0,10	0,50	ANO
		103 - HVB2	0,17	0,50	ANO
ve štole (pásmo)	1,75m	501 - VB3	0,05	0,57	ANO
		P3 - VB33	0,07	0,20	ANO
		P2 - S4	0,17	0,19	ANO
		P1 - S1	0,10	0,14	ANO

Tab. 8: Kontrola rozdílu měření tam a zpět (měření 2015)

měření	lať	postup	nivelační oddíl	rozdíl převýšení [mm]	mezní rozdíl [mm]	kritérium splněno
na povrchu 2m latě		T-Z	HVB1 - HVB2	0,23	0,43	ANO
		T-Z	HVB1 - HVB2	0,12	0,43	ANO
		T-Z	HVB2 - 501	0,15	0,43	ANO
		T-Z	HVB2 - 501	0,06	0,43	ANO
		T-Z	501 - HVB1	0,04	0,38	ANO
		T-Z	HVB1 - VB1	0,03	0,17	ANO
	2	bočně	HVB1 - VB1	0,09	0,44	ANO
	1	bočně	HVB1 - VB1	0,09	0,36	ANO
	2	bočně	HVB2 - 501n	0,23	0,43	ANO
	2	bočně	HVB2 - 501n	0,23	0,43	ANO
	2	bočně	501 - 501n	0,05	0,37	ANO
	1	bočně	501 - 501n	0,05	0,43	ANO
	1	bočně	501 - 501n	0,03	0,43	ANO
	2	bočně	501 - VB1	-	0,37	-
	1	bočně	HVB1 - 501n	-	0,37	-
	1	bočně	HVB2 - VB1	-	0,43	-

8.2 Oprava převýšení o kalibraci laťí a teplotní roztažnost

Tab. 9: Výsledky kalibrace laťí provedené v roce 2016

lať			oprava délky laťového metru (1+ α)		
délka	pořadí	výrobní číslo	měření	průměr laťě	průměr sady
2m	1	10322	0,999998	0,999995	0,999995
			0,999991		
2m	2	10333	0,999997	0,999995	
			0,999992		
3m	1	15912	1,000021	1,000020	1,000015
			1,000019		
3m	2	15915	-	1,000010*	
			-		
1,75m	-	49356	-	1,000012	1,000012

*Hodnota byla převzata z kalibrace provedené v roce 2012.

Tab. 10: Vývoj výsledků kalibrace laťí

lať		oprava délky laťového metru (1+ α)		
délka	výrobní číslo	2008	2012	2016
2m	10322	-	0,999996	0,999995
2m	10333	-	0,999993	0,999995
3m	15912	1,000015	1,000000	1,000020
3m	15915	1,000018	1,000010	-

Tab. 11: Oprava převýšení o teplotní roztažnost a kalibraci latí (měření 2016)

sada latí	nivelační oddíl	teplota [°C]		měřítko opravy		opravené převýšení [m]		
		tam	zpět	tam	zpět	tam	zpět	průměr
2m	S1 - VB31	7	6	1,000022	1,000023	-1,12729	1,12731	-1,12730
	VB31 - HVB4	5	4	1,000025	1,000026	-0,73454	0,73440	-0,73447
	HVB4 - 502	4	4	1,000026	1,000026	-0,47594	0,47586	-0,47590
	502 - VB1	4	5	1,000026	1,000025	0,50531	-0,50564	0,50548
	VB33 - 539	11	10	1,000016	1,000017	-0,20128	0,20118	-0,20123
	539 - 538	10	9	1,000017	1,000019	-0,84896	0,84878	-0,84887
	538 - 537	9	8	1,000019	1,000020	1,93797	-1,93800	1,93798
	S4 - VB32	9	9	1,000019	1,000019	0,51121	-0,51112	0,51116
	VB1 - 501	7	6	1,000022	1,000023	-1,19589	1,19583	-1,19586
	VB1 - HVB2	8	7	1,000020	1,000022	-0,58965	0,58961	-0,58963
	HVB2 - 501	8	7	1,000020	1,000022	-0,60635	0,60625	-0,60630
	537 - VB34	8	8	1,000020	1,000020	0,33129	-0,33126	0,33127
3m	537 - 101	7	11	1,000040	1,000034	-11,30029	11,30003	-11,30016
	101 - 102	9	11	1,000037	1,000034	-11,40216	11,40231	-11,40224
	102 - 103	12	10	1,000032	1,000035	-12,63373	12,63367	-12,63370
	103 - HVB2	14	8	1,000029	1,000038	-7,23553	7,23577	-7,23565
	501 - VB3	15	12	1,000028	1,000032	5,63030	-5,63027	5,63028
1,75m	P3 - VB33	10	10	1,000032	1,000032	0,25341	-0,25334	0,25337
	P2 - S4	10	10	1,000032	1,000032	-1,61143	1,61160	-1,61152
	P1 - S1	8	9	1,000035	1,000034	-0,51057	0,51067	-0,51062

Tab. 12: Oprava převýšení o teplotní roztažnost a kalibraci latí (měření 2015)

lať	nivelační oddíl	měření	teplota [°C]		měřítko - oprava		opravené převýšení [m]		
			tam	zpět	tam	zpět	tam	zpět	průměr
	HVB1 - HVB2	T-Z	8	12	1,000020	1,000014	-0,00806	0,00783	-0,00792
	HVB1 - HVB2	T-Z	12	12	1,000014	1,000014	-0,00784	0,00796	
	HVB2 - 501	T-Z	8	11	1,000020	1,000016	-0,60514	0,605289	-0,60529
	HVB2 - 501	T-Z	12	12	1,000014	1,000014	-0,60533	0,605388	
	501 - HVB1	T-Z	8	10	1,000020	1,000017	0,613177	-0,61321	0,613194
	HVB1 - VB1	T-Z	8	10	1,000020	1,000017	0,581577	-0,58155	0,581563
2	HVB1 - VB1	bočně	8	-	1,000020	-	0,581492	-	0,581536
1	HVB1 - VB1	bočně	10	-	1,000017	-	0,58158	-	
2	HVB2 - 501n	bočně	8	-	1,000020	-	-0,44566	-	-0,44577
2	HVB2 - 501n	bočně	12	-	1,000014	-	-0,44588	-	
2	501 - 501n	bočně	8	-	1,000020	-	0,159433	-	0,159426
1	501 - 501n	bočně	11	-	1,000016	-	0,159382	-	
1	501 - 501n	bočně	12	-	1,000014	-	0,159462	-	
2	501 - VB1	bočně	8	-	1,000020	-	1,194914	-	1,194914
1	HVB1 - 501n	bočně	10	-	1,000017	-	-0,45386	-	-0,45386
1	HVB2 - VB1	bočně	12	-	1,000014	-	0,589318	-	0,589318

Tab. 13: Kontrola rozdílu opravených měření tam a zpět (měření 2016)

nivelační oddíl	rozdíl [mm]	mezní rozdíl [mm]	kritérium splněno
S1 - VB31	0,01	0,42	ANO
VB31 - HVB4	0,14	0,70	ANO
HVB4 - 502	0,08	0,50	ANO
502 - VB1	0,33	0,77	ANO
VB33 - 539	0,10	0,25	ANO
539 - 538	0,19	0,50	ANO
538 - 537	0,03	0,70	ANO
S4 - VB32	0,09	0,25	ANO
VB1 - 501	0,06	0,37	ANO
VB1 - HVB2	0,04	0,43	ANO
HVB2 - 501	0,07	0,43	ANO
537 - VB34	0,03	0,16	ANO
537 - 101	0,26	0,60	ANO
101 - 102	0,16	0,52	ANO
102 - 103	0,06	0,50	ANO
103 - HVB2	0,24	0,50	ANO
501 - VB3	0,02	0,57	ANO
P3 - VB33	0,07	0,20	ANO
P2 - S4	0,17	0,20	ANO
P1 - S1	0,10	0,14	ANO

Tab. 14: Kontrola rozdílu opravených měření tam a zpět (měření 2015)

nivelační oddíl	měření	rozdíl [mm]	mezní rozdíl [mm]	kritérium splněno
HVB1 - HVB2	T-Z	0,23	0,43	ANO
HVB1 - HVB2	T-Z	0,12	0,43	ANO
HVB2 - 501	T-Z	0,15	0,43	ANO
HVB2 - 501	T-Z	0,06	0,43	ANO
501 - HVB1	T-Z	0,03	0,38	ANO
HVB1 - VB1	T-Z	0,03	0,17	ANO
HVB1 - VB1	bočně	0,09	0,44	ANO
HVB1 - VB1	bočně	0,09	0,36	ANO
HVB2 - 501n	bočně	0,22	0,43	ANO
HVB2 - 501n	bočně	0,22	0,43	ANO
501 - 501n	bočně	0,05	0,37	ANO
501 - 501n	bočně	0,05	0,43	ANO
501 - 501n	bočně	0,03	0,43	ANO
501 - VB1	bočně	-	0,37	-
HVB1 - 501n	bočně	-	0,37	-
HVB2 - VB1	bočně	-	0,43	-

8.3 Normální Moloděnského výšky

Tab. 15: Souřadnice a výšky pro výpočet Bouguerových anomálií

číslo bodu	souřadnice bodu					Δg_{BA} [mGal]
	Y [m]	X [m]	Z [m]	B [° ' '']	L [° ' '']	
VB1	753425,893	1081608,639	285,7455	49 43 53,0	14 20 57,9	-2
HVB2	753396,859	1081621,458	285,1558	49 43 52,7	14 20 59,4	-2
VB34	753374,914	1081560,567	328,0589	49 43 54,7	14 21 0,1	-2
501	753430,173	1081634,67	284,5496	49 43 52,1	14 20 57,8	-2
537	753374,345	1081565,796	327,7276	49 43 54,6	14 21 0,1	-2
VB3	753463,42	1081690,64	290,1799	49 43 50,2	14 20 56,6	-1
501n	753430,997	1081632,906	284,7093	49 43 52,2	14 20 57,8	-2
HVB1	753424	1081608	285,1614	49 43 53	14 20 58,0	-2

Tab. 16: Výpočet normálních převýšení (měření 2016)

nivelační oddíl	h niv [m]	$\Delta\varphi$ ["]	Hs [m]	K γ [mm]	Δg_{BA} [mGal]	Δg_F [mGal]	K Δg [mm]	Δh_Q [m]
VB1 - 501	-1,19586	-0,9	285,1475	0,0065	-2	29,9080	-0,0365	-1,19589
VB1 - HVB2	-0,58963	-0,3	285,4506	0,0022	-2	29,9419	-0,0180	-0,58965
HVB2 - 501	-0,60629	-0,6	284,8527	0,0043	-2	29,8750	-0,0185	-0,60630
537 - VB34	0,33127	0,1	327,8933	-0,0008	-2	34,6913	0,0117	0,33128
537 - HVB2	-42,57174	-1,9	306,4417	0,0148	-2	32,2908	-1,4012	-42,57313
501 - VB3	5,63028	-1,9	287,3647	0,0139	-1,5	30,6561	0,1759	5,63047

Tab. 17: Výpočet normálních převýšení (měření 2015)

nivelační oddíl	h niv [m]	$\Delta\varphi$ ["]	Hs [m]	K γ [mm]	Δg_{BA} [mGal]	Δg_F [mGal]	K Δg [mm]	Δh_Q [m]
HVB1 - HVB2	-0,00792	-0,3	285,1604	0,0022	-2	29,9094	-0,0002	-0,00792
HVB2 - 501	-0,60529	2,0	284,8545	-0,0145	-2	29,8752	-0,0184	-0,60532
501 - HVB1	0,61319	-1,7	284,8555	0,0123	-2	29,8753	0,0187	0,61322
HVB1 - VB1	0,58156	0,0	285,4553	0,0000	-2	29,9424	0,0177	0,58158
HVB1 - VB1	0,58154	0,0	285,4553	0,0000	-2	29,9424	0,0177	0,58156
HVB2 - 501n	-0,44577	-0,5	284,9344	0,0036	-2	29,8842	-0,0136	-0,44578
501 - 501n	0,15943	-2,5	284,6295	0,0181	-2	29,8500	0,0049	0,15945
501 - VB1	1,19491	-1,7	285,1494	0,0123	-2	29,9082	0,0364	1,19496
HVB1 - 501n	-0,45386	-0,8	284,9354	0,0058	-2	29,8843	-0,0138	-0,45387
HVB2 - VB1	0,58932	0,3	285,4543	-0,0022	-2	29,9423	0,0180	0,58933

Tab. 18: Výšky nových bodů po zavedení oprav (připojení pouze k bodu HVB4)

číslo bodu	výška [m]
HVB4	285,7136
HVB1	285,1614
HVB2	285,1535
S1	287,5754
S4	306,4733
VB1	285,7432
VB3	290,1787
VB31	286,4481
VB32	306,9845
VB33	326,8388
VB34	328,0579
501	284,5482 (2015)
	284,5473 (2016)
501n	284,7077
502	285,2377
531	288,6168
532	289,1500
537	327,7267
538	325,7887
539	326,6375

8.4 Přesnost měření

Kilometrová směrodatná odchylka jednotková obousměrné nivelace:

$$m_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_R} \cdot \sum \frac{\rho_i^2}{R}} \quad [mm] \quad (6.1)$$

kde:

n_R	...	<i>počet nivelačních oddílů = 23</i>
ρ	...	<i>rozdíl převýšení tam a zpět [mm]</i>
R	...	<i>délka nivelačního oddílu [km]</i>

$$m_0 = 0,32 \text{ mm}$$

Mezní hodnota směrodatné odchylky m_0 je pro VPN II. řádu stanovena výrazem:

$$\bar{m} = 0,45 + \frac{0,80}{\sqrt{n_R}} \quad [mm] \quad (6.2)$$

$$\bar{m} = 0,62 \text{ mm}$$

$$m_0 < \bar{m}$$

Směrodatná odchylka obousměrné nivelace nivelačního pořadu:

$$m_L = m_0 \cdot \sqrt{L} \quad [mm] \quad (6.3)$$

Tab. 19: Výpočet směrodatných odchylek m_L (měření 2016)

nivelační oddíl	převýšení		R [km]	počet přestav	m_L [mm]
	tam [m]	zpět [m]			
S1 - VB31	-1,12729	1,12731	0,035	4	0,06
VB31 - HVB4	-0,73454	0,73440	0,097	4	0,10
HVB4 - 502	-0,47594	0,47586	0,050	2	0,07
502 - VB1	0,50531	-0,50564	0,116	4	0,11
VB33 - 539	-0,20128	0,20118	0,012	1	0,04
539 - 538	-0,84896	0,84878	0,049	1	0,07
538 - 537	1,93797	-1,93800	0,096	2	0,10
S4 - VB32	0,51121	-0,51112	0,013	1	0,04
VB1 - 501	-1,19589	1,19583	0,026	1	0,05
VB1 - HVB2	-0,58965	0,58961	0,037	1	0,06
HVB2 - 501	-0,60635	0,60625	0,036	1	0,06
537 - VB34	0,33129	-0,33126	0,005	1	0,02
501 - VB3	5,63030	-5,63027	0,065	4	0,08
537 - 101	-11,30029	11,30003	0,072	8	0,09
101 - 102	-11,40216	11,40231	0,053	6	0,07
102 - 103	-12,63373	12,63367	0,050	6	0,07
103 - HVB2	-7,23553	7,23577	0,050	6	0,07
537 - HVB2	-42,57086	42,57093	0,225	26	0,15

Tab. 20: Výpočet směrodatných odchylek m_L (měření 2015)

nivelační oddíl	převýšení		R [km]	počet přestav	m_L [mm]
	tam [m]	zpět [m]			
HVB1 - HVB2	-0,00806	0,00783	0,037	1	0,06
	-0,00784	0,00796	0,037	1	0,06
HVB2 - 501	-0,60514	0,60529	0,036	1	0,06
	-0,60533	0,60539	0,036	1	0,06
501 - HVB1	0,61318	-0,61321	0,028	1	0,05
HVB1 - VB1	0,58158	-0,58155	0,006	1	0,02

8.5 Kontrola stability bodů

Tab. 21: Výsledky ověřovacího měření v roce 2016 podle rovnice (3.10)

nivelační oddíl	h 2016 [m]	h 2014 [m]	R [km]	Δ [mm]	Δ_M [mm]	kritérium splněno
HVB4 - 502	-0,47590	-0,4761	0,050	0,20	2,50	ANO
502 - 501	-0,69041	-0,6879	0,142	-2,51	2,85	ANO
501 - VB3	5,63047	5,6279	0,065	2,57	2,57	ANO

Tab. 22: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.10)

nivelační oddíl	převýšení [m]				R [km]	Δ_M [mm]
	2015	2014	2013	2012		
501 - HVB1	0,61319	0,61179	0,61022	0,60925	0,028	2,38
501 - VB2	-	0,59479	0,59327	0,59234	0,030	2,39
501 - 501n	0,15942	0,15976	-	-	0,008	2,20
HVB1 - 501n	-0,45385	-0,45216	-	-	0,026	2,36

Tab. 23: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.10)

nivelační oddíl	rozdíl Δ [mm]				kritérium splněno			
	15-14	15-13	15-12	14-13	15-14	15-13	15-12	14-13
501 - HVB1	1,40	2,97	3,94	1,57	ANO	NE	NE	ANO
501 - VB2	-	-	-	1,52	-	-	-	ANO
501 - 501n	-0,34	-	-	-	ANO	-	-	-
HVB1 - 501n	-1,69	-	-	-	ANO	-	-	-

Tab. 24: Výsledky ověřovacího měření v roce 2016 podle rovnice (3.11)

nivelační oddíl	h 2016 [m]	h 2014 [m]	R [km]	Δ [mm]	Δ_M [mm]	kritérium splněno
HVB4 - 502	-0,47590	-0,4761	0,050	0,20	0,31	ANO
502 - 501	-0,69041	-0,6879	0,142	-2,51	0,49	NE
501 - VB3	5,63047	5,6279	0,065	2,57	0,32	NE

Tab. 25: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.11)

nivelační oddíl	převýšení [m]				R [km]	Δ_M [mm]
	2015	2014	2013	2012		
501 - HVB1	0,61319	0,61179	0,61022	0,60925	0,028	0,22
501 - VB2	-	0,59479	0,59327	0,59234	0,030	0,28
501 - 501n	0,15942	0,15976	-	-	0,008	0,13
HVB1 - 501n	-0,45385	-0,45216	-	-	0,026	0,22

Tab. 26: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.11)

nivelační oddíl	rozdíl Δ [mm]				kritérium splněno			
	15-14	15-13	15-12	14-13	15-14	15-13	15-12	14-13
501 - HVB1	1,40	2,97	3,94	1,57	NE	NE	NE	NE
501 - VB2	-	-	-	1,52	-	-	-	NE
501 - 501n	-0,34	-	-	-	NE	-	-	-
HVB1 - 501n	-1,69	-	-	-	NE	-	-	-

Tab. 27: *Výpočet směrodatných odchylek pro vyrovnání podle (6.8) a (6.6) měření 2016*

nivelační oddíl	R [km]	počet přestav	s_{pn} [mm]	σ_{pn} [mm]
S1 - VB31	0,035	4	0,14	0,16
VB31 - HVB4	0,097	4	0,14	0,16
HVB4 - 502	0,050	2	0,10	0,11
502 - VB1	0,116	4	0,14	0,16
VB33 - 539	0,012	1	0,07	0,08
539 - 538	0,049	1	0,07	0,08
538 - 537	0,096	2	0,10	0,11
S4 - VB32	0,013	1	0,07	0,08
VB1 - 501	0,026	1	0,07	0,08
VB1 - HVB2	0,037	1	0,07	0,08
HVB2 - 501	0,036	1	0,07	0,08
537 - VB34	0,005	1	0,07	0,08
501 - VB3	0,065	4	0,14	0,16
537 - 101	0,072	8	0,20	0,23
101 - 102	0,053	6	0,17	0,20
102 - 103	0,050	6	0,17	0,20
103 - HVB2	0,050	6	0,17	0,20
537 - HVB2	0,225	26	0,36	0,41

Tab. 28: *Výpočet směrodatných odchylek pro vyrovnání podle (6.8) a (6.6) měření 2015*

nivelační oddíl	R [km]	počet přestav	s_{pn} [mm]	σ_{pn} [mm]
HVB1 - HVB2	0,037	1	0,07	0,08
	0,037	1	0,07	0,08
HVB2 - 501	0,036	1	0,07	0,08
	0,036	1	0,07	0,08
501 - HVB1	0,028	1	0,07	0,08
HVB1 - VB1	0,006	1	0,07	0,08

8.6 Výsledné výšky bodů

Tab. 29: Porovnání výsledných výšek bodů z vyrovnání s předešlými výsledky

číslo bodu	výška [m]			
	2016	2014	2013	2012
HVB1	285,1615	285,1614	285,1612	285,161
HVB2	285,1535			
HVB4	285,7135	285,7136	285,7132	
S1	287,5753			
S4	306,4733			
VB1	285,7431			
VB2	285,1446	285,1444	285,1443	285,1451
VB3_2014	290,1771	290,1775	290,1769	290,1772
VB3_2016	290,1777			
VB31	286,4480			
VB32	306,9844			
VB33	326,8386			
VB34	328,0578			
501_2012	284,5522			284,5524
501_2013	284,5513		284,5510	
501_2014	284,5497	284,5496		
501_2015	284,5482			
501_2016	284,5472			
501n_2014	284,7093	284,7093		
501n_2015	284,7077			
502	285,2376	285,2375	285,2373	285,2379
531	288,6167			
532	289,1500			
537	327,7265			
538	325,7886			
539	326,6374			

Tab. 30: Konečné výšky bodů

číslo bodu	výška [m]
HVB1	285,161
HVB2	285,154
HVB4	285,714
S1	287,575
S4	306,473
VB1	285,743
VB2	285,145
VB3	290.177 (2014)
	290.178 (2016)
VB31	286,448
VB32	306,984
VB33	326,839
VB34	328,058
501	284,552 (2012)
	284,551 (2013)
	284,550 (2014)
	284,548 (2015)
	284,547 (2016)
501n	284,709 (2014)
	284,708 (2015)
502	285,238
531	288,617
532	289,150
537	327,727
538	325,789
539	326,637

Tab. 31: Přepočtené výšky bodů vycházejících z HVB4

nivelační oddíl	výška			
	2016	2014	rozdíl	zaokrouhlená 2016
HVB4	285,7135	285,7136	-0,0001	285,714
HVB5	289,8528	289,8529	-0,0001	289,853
HVB6	295,3913	295,3914	-0,0001	295,391
503	286,7787	286,7788	-0,0001	286,779
504	289,4523	289,4524	-0,0001	289,452
505	291,8400	291,8401	-0,0001	291,840
506	295,1998	295,1999	-0,0001	295,200
507	296,1007	296,1008	-0,0001	296,101
511	285,8273	285,8274	-0,0001	285,827
512	286,0497	286,0498	-0,0001	286,050
521	295,2650	295,2651	-0,0001	295,265
522	295,5269	295,5270	-0,0001	295,527
523	296,8123	296,8124	-0,0001	296,812
524	297,5641	297,5642	-0,0001	297,564

Použité zdroje pro kapitolu 8: [7] [8] [9]

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vybudování a zaměření výškového základního důlního bodového pole v oblasti Čelina - východ ve štole Josef.

Ve štole nejprve proběhla rekognoskace, při které byl vytvořen plán pro vybudování a zaměření nového polohového i výškového důlního bodového pole v oblasti Čelina - východ. Stabilizaci nových bodů provedli pracovníci CEG. Poté byla provedena výšková měření. Pro měření byla použita metoda velmi přesné nivelace a kvůli členění podzemních prostor do tří výškových úrovní také metoda hloubkového připojení důlním pásmem. Průběh měření byl rozdělen do tří etap: nivelační měření s krátkými nivelačními latěmi především v podzemí, nivelační měření s dlouhými latěmi na povrchu a přenesení výšky horizontu pásmem. Celkem byly změřeny tři nivelační pořady, jejichž konce byly propojeny pásmem spuštěným skrz schodiště propojující všechny tři úrovně.

Měření na nových bodech byla připojena k síti stávajících bodů, které byly zaměřeny opakovaně od jejich stabilizace. Pro připojení a ověření stability sítě posloužilo kromě vlastních měření i dosud nezpracované měření provedené v roce 2015 Ing. Tomášem Jiřikovským. Všechna nivelací měřená převýšení byla hned v terénu porovnávána s mezním rozdílem obousměrné nivelace pro nivelaci II. řádu, toto kritérium bylo u všech oddílů splněno. Převýšení byla poté v rámci zpracování opravena o vliv teplotní roztažnosti a kalibrace latí, převýšení měřená na povrchu byla navíc opravena o korekci ze sbíhavosti hladinových ploch a korekci z tíhových anomálií tak, aby výsledkem byla normální převýšení pro výpočet výšek v systému Bpv. Jelikož nebylo možné zjistit hodnoty Bouguerových anomálií pod povrchem a tato práce navazuje na dříve provedená měření a výpočty výšek, tak nebyly stejně jako v předchozích pracích v podzemí zaváděny normální výšky.

Po opravě měřených převýšení byla porovnána převýšení vybraných ověřovacích oddílů. Přestože podmínku danou [5] všechny oddíly splňují, při podrobnějším posouzení stability bodů byla zjištěna možná nestabilita bodů 501, 501n a VB3.

Dalším úkolem bylo pomocí pásma přenesením výšky horizontu určit výšku bodů v úrovni 20 a také uzavřít nivelační pořady. Pro měření bylo bohužel k dispozici pouze pásmo bez technické dokumentace od výrobce a bez komparačního protokolu. Navíc na pásmu není vyznačena standardní stupnice, ale pouze značky po 50 cm. Chybějící stupnici nahradilo příložné pravítko, také bez dokumentace o jeho a přesnosti. Z uvedených důvodů tak nebylo možné pro měřená převýšení přesně určit opravy z komparace, teplotní roztažnosti a protažení pásma. Hodnoty oprav byly vypočítány na základě všeobecně známých vlastností oceli a výsledků komparace pásma obdobné konstrukce. Do budoucna by bylo vhodné provést kalibraci důlního pásma.

Pro výpočet vyrovnání výšek v sw GNU Gama bylo nutné všem měřeným převýšením určit přesnost měření. Po provedení testování přesnosti, byly určeny směrodatné odchylky pro výpočet váhové matice ve vyrovnání. Do vyrovnání pak byla vložena všechna měřená data z roku 2016 a 2015, dále pak relevantní měření z let 2014, 2013 a 2012 a také výšky hlavních výškových bodů určené při posledním měření v roce 2014. Body HVB1 a HVB4 sloužily jako opěrné body nivelační sítě. Vzhledem k rozdílu mezi převýšením určeným nivelací a pásmem způsobeným z velké části nezaváděním normálních výšek v podzemí, musely být hodnoty směrodatných odchylek pro měření pásmem zvýšeny. Vyrovnaná síť obsahuje tři body (501, 501n a VB3) s rozdílnými výškami pro jednotlivé etapy, které by při předpokladu dokonale stabilních bodů způsobovaly množství defektů nivelační sítě a jedno odlehlé měření, které díky způsobu výpočtu a počtu nadbytečných měření nemá vliv na vypočtené výšky. Podle vyrovnané hodnoty výšky bodu HVB4 byly přepočteny výšky dalších bodů navazujících pořadů.

Posledním úkolem práce bylo vyhotovení nivelačních údajů k novým bodům důlního bodového pole.

Všechny cíle práce byly splněny, výsledkem jsou výšky bodů ve výškovém systému Bpv. Polohové souřadnice základního bodového pole v této lokalitě určil ve své diplomové práci Bc. Lukáš Vais.

Jelikož není možné předpovědět stabilitu bodů, bude nutné měření po uplynutí vhodného časového intervalu opakovat. Pro zpřesnění výšek bodů, a to především S4 a VB32, by bylo vhodné metodu měření zlepšit využitím komparovaného důlního pásma se stupnicí nebo s komparovaným příložným pravítkem s nucenou centrací.

Z dosažených výsledků této práce vyplývá doporučení provést revizi stabilizace bodu 501. Tento bod je již třetí závěrečnou prací označen za nestabilní. Jeho kontrolní zaměření by mohlo být jedním z cílů diplomové práce zabývající se kontrolním zaměřením bodů v oblasti Čelina - východ.

Použité zdroje

- [1] *Národní geoportál INSPIRE* [online]. CENIA. Dostupné z:
<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [2] *Centrum experimentální geotechniky* [online]. Plone Foundation a jiní.
Dostupné z: <http://ceg.fsv.cvut.cz/>
- [3] HANOUSEK, David. *Základní důlní mapa UEF Josef*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. [online]. Dostupné z:
<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/david-hanousek-bp-2014.pdf>
- [4] *Vyhláška Českého báňského úřadu č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem*
- [5] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD. *Metodický návod pro práce v základním výškovém bodovém poli*. Praha, 2003
- [6] ZEMAN, Antonín. *Fyzikální geodézie 10: teorie výšek a výškové systémy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02733-3.
- [7] SVACINOVÁ, Petra. *Zaměření a připojení základního výškového důlního bodového pole Podzemní laboratoře Josef*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. [online]. Dostupné z:
<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/petra-svacinova-bp-2014.pdf>
- [8] BOHÁČ, Roman. *Výškové zaměření a připojení základního důlního pole štoly Josef*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. [online]. Dostupné z:
<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2013/roman-bohac-bp-2013.pdf>
- [9] NOVOTNÝ, Michal. *Výškové a připojení a zaměření základního důlního bodového pole štoly Josef*. Praha, 2014. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. [online]. Dostupné z:
<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/dp/2012/michal-novotny-dp-2012.pdf>

- [10] NOVÁK, Zdeněk a Pavel HÁNEK. *Geodezie v podzemních prostorách*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998 dotisk. ISBN 80-01-01255-7.
- [11] BLAŽEK, Radim a Zdeněk SKOŘEPA. *Geodézie 3. 2. přeprac. vyd.* Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006 dotisk. ISBN 80-01-03100-4.
- [12] ŠTRONER, Martin. Přednášky Geodézie 3 [online].
Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GD3/>
- [13] DUŠKOVÁ, Pavla. *Sledování mostního objektu*. Praha, 2010. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. [online]. Dostupné z:
<http://geo.fsv.cvut.cz/proj/dp/2011/pavla-duskova-dp-2011.pdf>
- [14] ČECH, V. a JIŘIKOVSKÝ T. Návod k úloze 3: Nivelace, *Určení svislých posunů stavebního objektu metodou přesné nivelace s nestejně dlouhými záměrami*. (výukový text pro Kontrolní měření) ČVUT v Praze. Fakulta stavební, 2009
- [15] Trimble DiNi 12, 12T, 22 User Guide [online]. Dostupné z:
ftp://ftp.geoteam.dk/Vejledning/DiNi/DiNi22_user_guide.pdf
- [16] *NEDO: Der Maßstab für präzises Messen* [online]. Dostupné z:
<http://www.nedo.de/index.pl?Lang=GERMAN&Page=products/vmg/invarlatten>
- [17] VLK, Václav. *Zjišťování systémových vlivů na výsledek kalibrace latě*. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. [online]. Dostupné z: <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2012/vaclav-vlk-bp-2012.pdf>
- [18] Inženýrská geodézie 4 - Návod na cvičení [online].
Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie/ing4/ING4_navod.pdf
- [19] *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online].
Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/index.php>
- [20] NOVÁK, Pavel. O výškách a výškových systémech používaných v geodézii [online]. Dostupné z: http://www.kgk.cz/SouboryClanku/2012-06-11-6._Vyskove_systemy_v_geodezii.pdf

- [21] VAIS, Lukáš. *Polohové zaměření a připojení základního bodového pole štoly Josef v oblasti Čelina - východ*. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební.
- [22] HAMPACHER, Miroslav a ŠTRONER, Martin. *Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04900-6.
- [23] URBAN, Rudolf. *Geodetické práce při měření posunů a deformací*. Praha: nakladatelství ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05786-5.
- [24] ČEPEK Aleš. GNU Gama [online]. GNU Gama v. 1.15. 2013. Dostupné z: <https://www.gnu.org/software/gama/>
- [25] *Google Česká republika* [online]. Dostupné z: <http://www.google.cz/>

Seznam zkratek

Au	Aurum = zlato
B.a.	Bouguerova anomálie
Bpv	Balt po vyrovnání
CEG	Centrum experimentální geotechniky
ČR	Česká republika
ČSNS	Česká státní nivelační síť
ČVUT	České vysoké učení technické
FSv	Fakulta stavební
MNČ	Metoda nejmenších čtverců
S-JTSK	Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SW	Software
UEF	Underground Educational Facility
URC	Underground Research Centre
VPN	Velmi přesná nivelace
VÚGTK	Výzkumný úřad geodetický, topografický a kartografický
ZDBP	Základní důlní bodové pole

Seznam obrázků

Obr. 1: Lokalizace štoly Josef [1]	11
Obr. 2: Vstupní portály štoly [1]	12
Obr. 3: Budova URC Josef [vlastní fotografie]	16
Obr. 4: Schéma štoly Josef [2]	17
Obr. 5: Stabilizace VB1 na obkladu zakrývajícím HVB1 [vlastní fotografie]	20
Obr. 6: Bronzová hřebová značka v počvě [vlastní fotografie]	22
Obr. 7: Litinová čepová značka bodu ve stěně [vlastní fotografie]	22
Obr. 8: Ocelová čepová mini značka bodu v konstrukci schodiště [vlastní fotografie] ..	22
Obr. 9: Sestava geometrické nivelace ze středu [11]	26
Obr. 10: Schéma nivelačního oddílu [11]	26
Obr. 11: Förstnerova metoda zkoušky nivelačního přístroje [13]	27
Obr. 12: Měření v podzemí [vlastní fotografie]	32
Obr. 13: Měření v podzemí [vlastní fotografie]	32
Obr. 14: Konstrukce s důlním pásmem [vlastní fotografie]	34
Obr. 15: Měření na pásmo v úrovni 40 [vlastní fotografie]	35
Obr. 16: Trimble Zeiss DiNi 12T [25]	36
Obr. 17: Topcon AR F2 [25]	37
Obr. 18: Zeiss Ni 005A [25]	37
Obr. 19: Invarová lať s čárovým kódem [25]	38
Obr. 20: Nivelační podložky [7]	38
Obr. 21: Měřické kolečko [25]	38
Obr. 22: Kalibrace latě [vlastní fotografie]	40
Obr. 23: Kalibrace latě [vlastní fotografie]	40
Obr. 24: Schéma horizontálního komparátoru [17]	41
Obr. 25: Interferometr Renishaw ML10 [vlastní fotografie]	42
Obr. 26: Výstup ze řídicího SW DLSC [17]	42
Obr. 27: Schéma přenesení výšky pásmem [upraveno z 15]	44
Obr. 28: Geometrie normální výšky [20]	48
Obr. 29: Princip Moloděnského řešení [17]	51

Seznam tabulek

Tab. 1: Popis nových výškových bodů v ložisku Čelina - východ	21
Tab. 2: Seznam a velikosti odhadovaných hodnot parametrů	47
Tab. 3: Předpokládané hodnoty přesnosti dílčích vlivů	60
Tab. 4: Vypočtené směrodatné odchylky přenesení výšky	60
Tab. 5: Měřená převýšení z jara 2016	67
Tab. 6: Měřená převýšení z jara 2015	68
Tab. 7: Kontrola rozdílu měření tam a zpět (měření 2016)	69
Tab. 8: Kontrola rozdílu měření tam a zpět (měření 2015)	70
Tab. 9: Výsledky kalibrace latí provedené v roce 2016	71
Tab. 10: Vývoj výsledků kalibrace latí	71
Tab. 11: Oprava převýšení o teplotní roztažnost a kalibraci latí (měření 2016).....	72
Tab. 12: Oprava převýšení o teplotní roztažnost a kalibraci latí (měření 2015).....	73
Tab. 13: Kontrola rozdílu opravených měření tam a zpět (měření 2016)	74
Tab. 14: Kontrola rozdílu opravených měření tam a zpět (měření 2015)	75
Tab. 15: Souřadnice a výšky pro výpočet Bouguerových anomálií	76
Tab. 16: Výpočet normálních převýšení (měření 2016)	76
Tab. 17: Výpočet normálních převýšení (měření 2015)	76
Tab. 18: Výšky nových bodů po zavedení oprav (připojení pouze k bodu HVB4)	77
Tab. 19: Výpočet směrodatných odchylek m_L (měření 2016)	79
Tab. 20: Výpočet směrodatných odchylek m_L (měření 2015)	79
Tab. 21: Výsledky ověřovacího měření v roce 2016 podle rovnice (3.10)	80
Tab. 22: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.10)	80
Tab. 23: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.10)	80
Tab. 24: Výsledky ověřovacího měření v roce 2016 podle rovnice (3.11)	81
Tab. 25: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.11)	81
Tab. 26: Výsledky ověřovacího měření v roce 2015 podle rovnice (3.11)	81
Tab. 27: Výpočet směrodatných odchylek pro vyrovnání podle (6.8) a (6.6) měření 2016	82
Tab. 28: Výpočet směrodatných odchylek pro vyrovnání podle (6.8) a (6.6) měření 2015	82

Tab. 29: Porovnání výsledných výšek bodů z vyrovnání s předešlými výsledky	83
Tab. 30: Konečné výšky bodů	84
Tab. 31: Přepočtené výšky bodů vycházejících z HVB4	85

Seznam příloh

Příloha č. 1: Orientační schémata nivelační sítě po jednotlivých úrovních

Příloha č. 2: Ukázka měřených dat z Trimble - Zeiss DiNi 12T

Příloha č. 3: Zkrácené kalibrační protokoly k nivelačním latím

Příloha č. 4: Vstupní a výstupní soubor programu GNU Gama

Příloha č. 5: Nivelační údaje nových bodů důlního výškového bodového pole

Příloha č. 6: Fotografie stabilizací nových bodů důlního výškového bodového pole

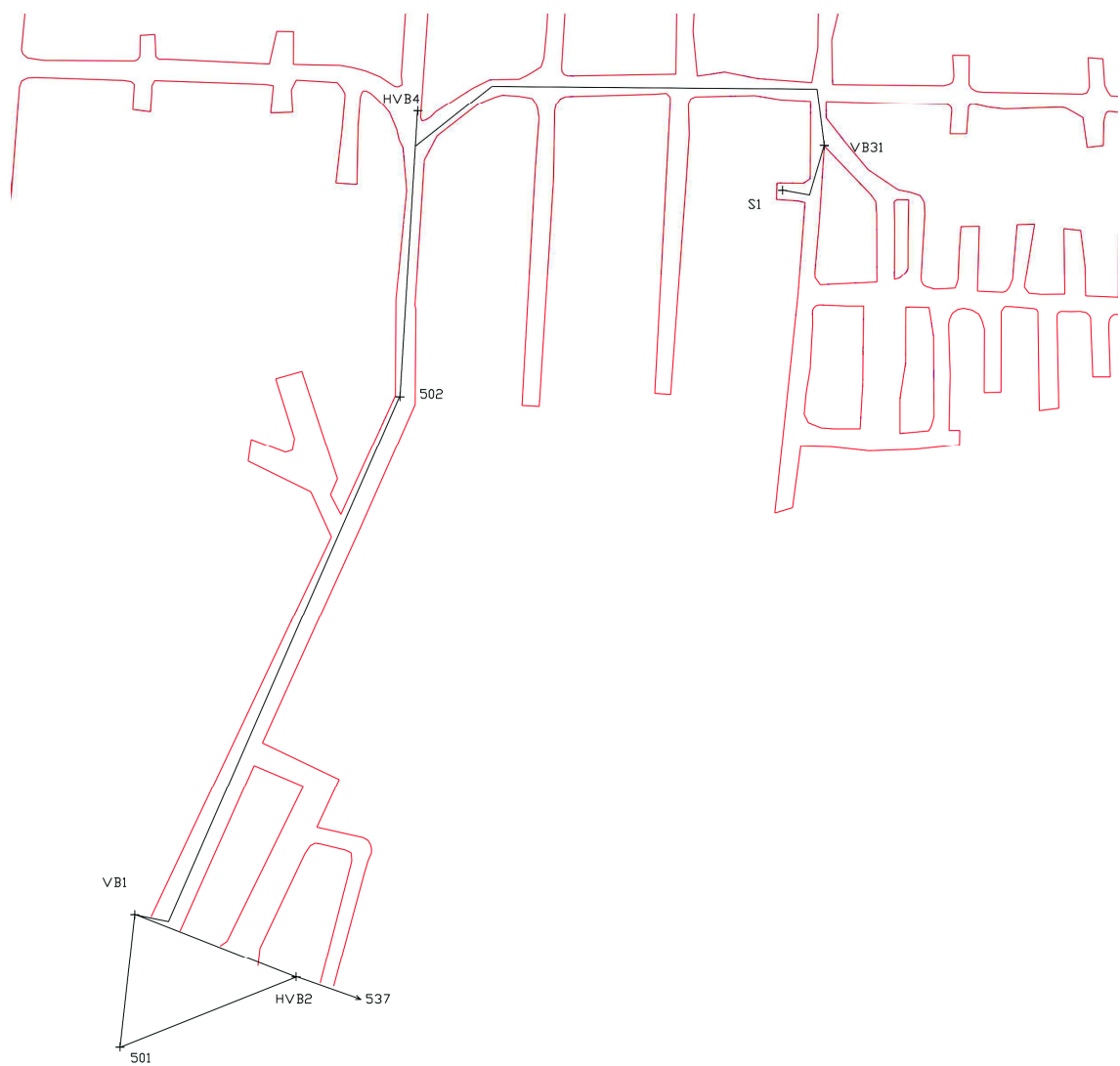
Elektronické přílohy na CD:

1_nivelace_mereni	- opravená i surová data z nivelačního přístroje
2_pasmo_mereni	- přepsaná měření a scan originálního zápisu v měřickém deníku
3_kalibracni_protokoly	- kalibrační protokoly ke všem použitým latím
4_vyrovnaní	- vstupní a výstupní soubor vyrovnání
5_nivelacni_udaje	- nivelační údaje nových bodů ve formátu *.pdf
6_diplomova_prace	- diplomová práce ve formátu *.pdf

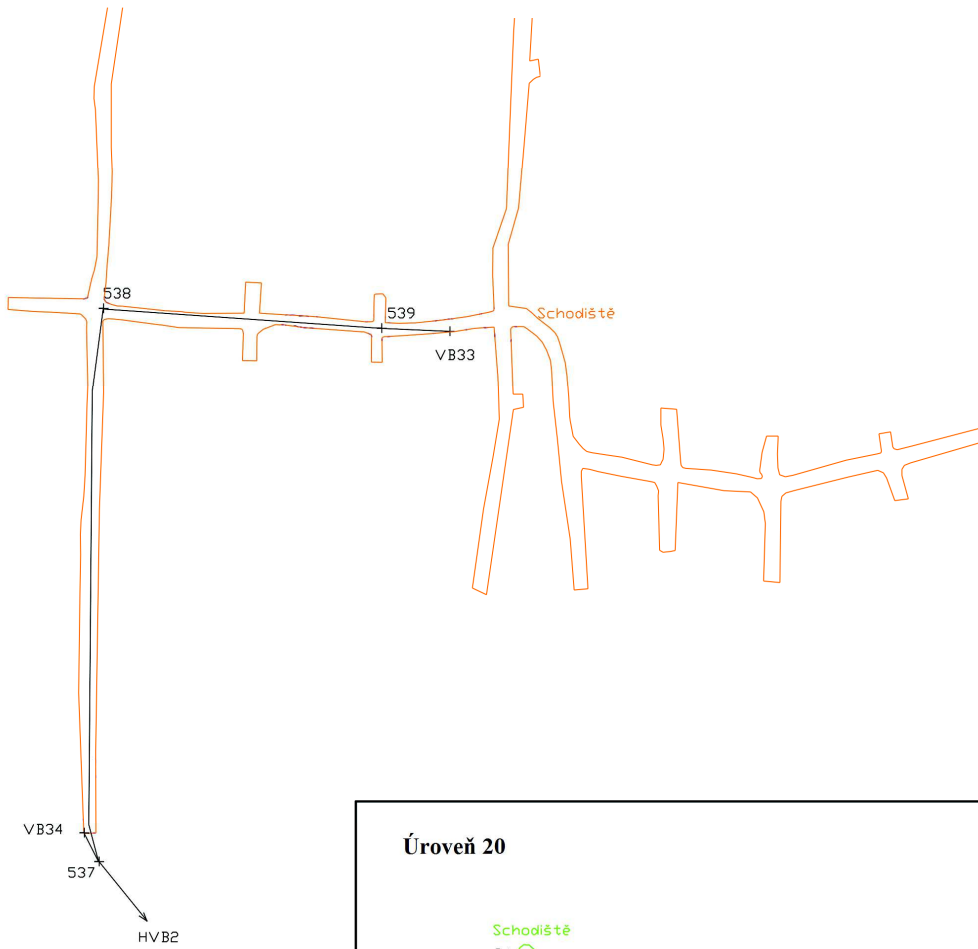
Příloha č. 1

Orientační schémata nivelační sítě po jednotlivých úrovních

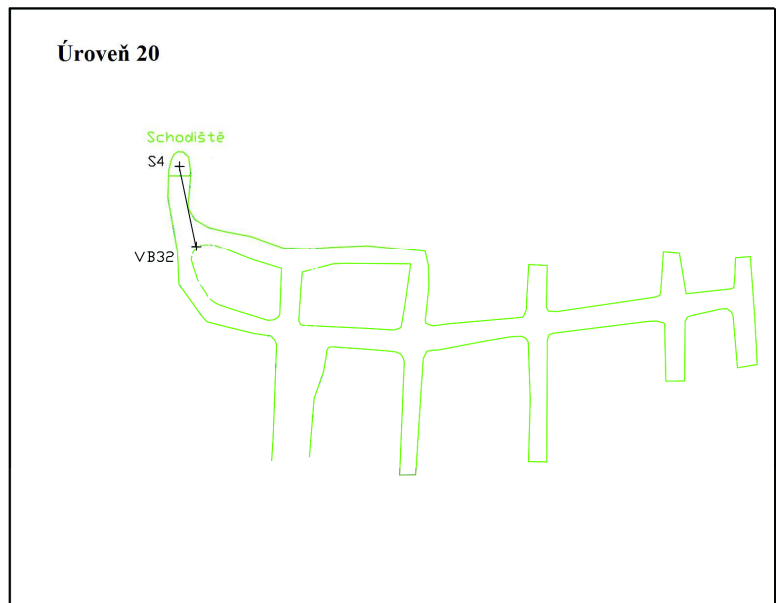
Úroveň 0



Úroveň 40



Úroveň 20



Schémata byla vytvořena podle [21]

Příloha č. 2

Ukázka měřených dat z Trimble - Zeiss DiNi 12T

For M5	Adr	714	TO	Jednotka mereni	m					
For M5	Adr	715	TO	Jednotka mereni	gon					
For M5	Adr	716	TO	Justaz		c_	-0.00001	DMS		
For M5	Adr	717	TO	22.03.2016	14:49:03					
For M5	Adr	718	TO	Zakriv	VYP/Refrak	VYP				
For M5	Adr	719	TO	Vlozena hodnota		rk	0.000			
For M5	Adr	720	TO	Vlozena hodnota		Of	0.00000	m	A	0.000 m
For M5	Adr	721	TO	Pocatek poradu	ZVVZ	50				
For M5	Adr	722	KD1	HVB2 0802		50				Z 0.00000 m
For M5	Adr	723	KD1	HVB2 0802	09:10:592	50	Rb	0.86363	m	HD 7.63 m
For M5	Adr	724	TO	Pocatek poradu	ZVVZ	51				
For M5	Adr	725	KD1	HVB2 0802		51				Z 0.00000 m
For M5	Adr	726	KD1	HVB2 0802	09:16:042	51	Rb	0.86367	m	HD 7.63 m
For M5	Adr	727	KD1	1 4124	09:16:312	51	Rf	1.29520	m	HD 7.82 m
For M5	Adr	728	KD1	1 4124	09:16:412	51	Rf	1.29521	m	HD 7.82 m
For M5	Adr	729	KD1	HVB2 0802	09:17:002	51	Rb	0.86365	m	HD 7.63 m
For M5	Adr	730	KD1	1 4124	09:17:00	51				Z -0.43154 m
For M5	Adr	731	KD1	1 4124	09:19:502	51	Rb	1.65220	m	HD 7.39 m
For M5	Adr	732	KD1	2 4124	09:20:062	51	Rf	0.94352	m	HD 7.33 m
For M5	Adr	733	KD1	2 4124	09:20:152	51	Rf	0.94350	m	HD 7.33 m
For M5	Adr	734	KD1	1 4124	09:20:392	51	Rb	1.65217	m	HD 7.39 m
For M5	Adr	735	KD1	2 4124	09:20:39	51				Z 0.27713 m
For M5	Adr	736	KD1	2 4124	09:27:382	51	Rb	2.07147	m	HD 3.22 m
For M5	Adr	737	KD1	3 4124	09:28:052	51	Rf	0.50076	m	HD 2.79 m
For M5	Adr	738	KD1	3 4124	09:28:152	51	Rf	0.50075	m	HD 2.79 m
For M5	Adr	739	KD1	2 4124	09:28:412	51	Rb	2.07147	m	HD 3.23 m
For M5	Adr	740	KD1	3 4124	09:28:41	51				Z 1.84785 m
For M5	Adr	741	KD1	3 4124	09:36:592	51	Rb	2.26772	m	HD 3.29 m
For M5	Adr	742	KD1	4 4124	09:37:262	51	Rf	0.21852	m	HD 3.89 m
For M5	Adr	743	KD1	4 4124	09:37:362	51	Rf	0.21852	m	HD 3.89 m
For M5	Adr	744	KD1	3 4124	09:38:062	51	Rb	2.26772	m	HD 3.29 m
For M5	Adr	745	KD1	4 4124	09:38:06	51				Z 3.89705 m
For M5	Adr	746	KD1	4 4124	09:42:062	51	Rb	2.36701	m	HD 1.88 m
For M5	Adr	747	KD1	5 4124	09:42:412	51	Rf	0.39946	m	HD 2.21 m
For M5	Adr	748	KD1	5 4124	09:42:532	51	Rf	0.39948	m	HD 2.20 m
For M5	Adr	749	KD1	4 4124	09:43:172	51	Rb	2.36701	m	HD 1.88 m
For M5	Adr	750	KD1	5 4124	09:43:17	51				Z 5.86459 m
For M5	Adr	751	KD1	5 4124	09:53:452	51	Rb	2.27274	m	HD 2.11 m
For M5	Adr	752	KD1	103 4124	09:54:292	51	Rf	0.90184	m	HD 2.02 m
For M5	Adr	753	KD1	103 4124	09:54:372	51	Rf	0.90185	m	HD 2.02 m
For M5	Adr	754	KD1	5 4124	09:55:012	51	Rb	2.27276	m	HD 2.11 m
For M5	Adr	755	KD1	103 4124	09:55:01	51				Z 7.23549 m
For M5	Adr	756	KD1	103 4124		51	Sh	7.23549	m	dz 0.00000 m
For M5	Adr	757	KD2	103 4124	6	51	Db	25.530	m	Df 26.060 m
For M5	Adr	758	TO	Konec poradu		51				Z 7.23549 m

Příloha č. 3

Zkrácené kalibrační protokoly k nivelačním latím

Nivelační lat' v.č. 10322

Session 5 : 10322_1a

Start time: 2016-04-21-16:49:50
End time: 2016-04-21-17:06:21
Start position [mm]: 300.01
End position [mm]: 1749.42
Step [mm]: 50.00
Number of observations: 60
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 0.999998 (-2 ppm)
System scale RMS: 0.000002 (2 ppm)
RMS of unit weight [um]: 8
Maximum residuum [um]: 24
Minimum residuum [um]: -15

Session 6 : 10322_1b

Start time: 2016-04-21-17:08:33
End time: 2016-04-21-17:24:30
Start position [mm]: 1699.98
End position [mm]: 296.05
Step [mm]: -50.00
Number of observations: 58
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 0.999991 (-9 ppm)
System scale RMS: 0.000002 (2 ppm)
RMS of unit weight [um]: 8
Maximum residuum [um]: 19
Minimum residuum [um]: -9

Nivelační lat' v.č. 10333

Session 3 : 10333_2c

Start time: 2016-04-21-14:52:29
End time: 2016-04-21-15:07:46
Start position [mm]: 300.00
End position [mm]: 1650.37
Step [mm]: 50.00
Number of observations: 55
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 0.999997 (-3 ppm)
System scale RMS: 0.000003 (3 ppm)
RMS of unit weight [um]: 8
Maximum residuum [um]: 15
Minimum residuum [um]: -13

Session 4 : 10333_2d

Start time: 2016-04-21-15:15:59
End time: 2016-04-21-15:31:57
Start position [mm]: 1699.97
End position [mm]: 299.83
Step [mm]: -50.00
Number of observations: 58
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 0.999992 (-8 ppm)
System scale RMS: 0.000002 (2 ppm)
RMS of unit weight [um]: 7
Maximum residuum [um]: 15
Minimum residuum [um]: -14

Nivelační lat' v.č. 15912

Session 9 : 15912_1d

Start time: 2016-04-21-18:43:25
End time: 2016-04-21-19:09:34
Start position [mm]: 2619.96
End position [mm]: 315.76
Step [mm]: -50.00
Number of observations: 94
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 1.000021 (+21 ppm)
System scale RMS: 0.000002 (2 ppm)
RMS of unit weight [um]: 11
Maximum residuum [um]: 25
Minimum residuum [um]: -24

Session 10 : 15912_1e

Start time: 2016-04-22-10:06:13
End time: 2016-04-22-10:32:51
Start position [mm]: 316.98
End position [mm]: 2667.98
Step [mm]: 50.00
Number of observations: 95
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 1.000019 (+19 ppm)
System scale RMS: 0.000001 (1 ppm)
RMS of unit weight [um]: 9
Maximum residuum [um]: 16
Minimum residuum [um]: -26

Nivelační lat' v.č. 15915

Session 12 : 15915_2a

Start time: 2016-04-22-11:43:22
End time: 2016-04-22-12:04:59
Start position [mm]: 375.15
End position [mm]: 2272.55
Step [mm]: 50.00
Number of observations: 78
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 1.000026 (+26 ppm)
System scale RMS: 0.000002 (2 ppm)
RMS of unit weight [um]: 9
Maximum residuum [um]: 20
Minimum residuum [um]: -16

Session 14 : 15915_2c

Start time: 2016-04-22-12:29:13
End time: 2016-04-22-12:34:58
Start position [mm]: 2172.95
End position [mm]: 2674.29
Step [mm]: 50.00
Number of observations: 22
Distance level-staff [m]: 3.96

Linear regression results:

System scale: 1.000036 (+36 ppm)
System scale RMS: 0.000023 (23 ppm)
RMS of unit weight [um]: 17
Maximum residuum [um]: 28
Minimum residuum [um]: -26

Session 15 : 15915_2d

Start time: 2016-04-22-12:37:27
End time: 2016-04-22-12:46:37
Start position [mm]: 2675.14
End position [mm]: 1871.43
Step [mm]: -50.00
Number of observations: 34
Distance level-staff [m]: 3.96

Linear regression results:

System scale: 1.000003 (+3 ppm)
System scale RMS: 0.000008 (8 ppm)
RMS of unit weight [um]: 12
Maximum residuum [um]: 18
Minimum residuum [um]: -27

Session 16 : 15915_2e

Start time: 2016-04-22-12:51:36
End time: 2016-04-22-13:08:36
Start position [mm]: 1821.88
End position [mm]: 321.81
Step [mm]: -50.00
Number of observations: 61
Distance level-staff [m]: 3.97

Linear regression results:

System scale: 1.000015 (+15 ppm)
System scale RMS: 0.000002 (2 ppm)
RMS of unit weight [um]: 8
Maximum residuum [um]: 16
Minimum residuum [um]: -15

Příloha č. 4

Vstupní soubor pro výpočet vyrovnání v sw GNU Gama

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

<gama-local>

<network axes-xy="sw" angles="right-handed">

<description>
Lokalita: Celina - vychod
Vyskovy system: Bpv
Pristroj: Trimble Zeiss DiNi 12T
DP_2016: David Hanousek
Mereni_2015: Tomas Jirikovsky
BP_2014: Petra Svacinova
BP_2013: Roman Bohac
DP_2012: Michal Novotny
</description>

<parameters
sigma-apr="1"
conf-pr="0.95"
tol-abs="1000"
sigma-act="apriori"
/>

<points-observations>

<point id="501_2012" z="284.5524" adj="z" />
<point id="501_2013" z="284.5510" adj="z" />
<point id="501_2014" z="284.5496" adj="z" />
<point id="501_2015" adj="z" />
<point id="501_2016" adj="z" />
<point id="501n_2014" adj="z" />
<point id="501n_2015" adj="z" />
<point id="VB3_2016" adj="z" />
<point id="VB3_2014" z="290.1775" adj="z" />

<!-- ss-h 2014 -->
<point id="HVB1" z="285.1614" adj="Z" />
<point id="HVB4" z="285.7136" adj="Z" />

<point id="502" z="285.2375" adj="z" />
<point id="VB2" z="285.1444" adj="z" />

<!-- ss-h 2016 -->
<point id="VB1" adj="z" />
<point id="HVB2" adj="z" />
<point id="S1" adj="z" />
<point id="S4" adj="z" />
<point id="VB31" adj="z" />
<point id="VB32" adj="z" />
<point id="VB33" adj="z" />
<point id="VB34" adj="z" />
<point id="539" adj="z" />
<point id="538" adj="z" />
<point id="537" adj="z" />
<point id="531" adj="z" />
<point id="532" adj="z" />
```

```

<height-differences>
<!-- 2016 -->
<dh from="S1" to="VB31" val=" -1.12730" stdev="0.16" />
<dh from="VB31" to="HVB4" val=" -0.73447" stdev="0.16" />
<dh from="HVB4" to="502" val=" -0.47590" stdev="0.11" />
<dh from="502" to="VB1" val=" 0.50548" stdev="0.16" />
<dh from="VB33" to="539" val=" -0.20123" stdev="0.08" />
<dh from="539" to="538" val=" -0.84887" stdev="0.08" />
<dh from="538" to="537" val=" 1.93798" stdev="0.08" />
<dh from="S4" to="VB32" val=" 0.51116" stdev="0.08" />

<dh from="VB1" to="501_2016" val=" -1.19589" stdev="0.08" />
<dh from="VB1" to="HVB2" val=" -0.58965" stdev="0.08" />
<dh from="HVB2" to="501_2016" val=" -0.60630" stdev="0.08" />
<dh from="537" to="VB34" val=" 0.33128" stdev="0.08" />
<dh from="501_2016" to="VB3_2016" val=" 5.63047" stdev="0.16" />
<dh from="537" to="HVB2" val=" -42.57313" stdev="0.41" />

<!-- 2016 pasmo -->
<dh from="S1" to="VB33" val=" 39.26108" stdev="1.8" />
<dh from="S1" to="S4" val=" 18.89793" stdev="0.8" />

<!-- 2016 stropni -->
<dh from="HVB4" to="531" val=" 2.90298" stdev="0.2" />
<dh from="HVB4" to="531" val=" 2.90337" stdev="0.2" />
<dh from="VB31" to="532" val=" 2.70211" stdev="0.2" />
<dh from="HVB4" to="532" val=" 3.43632" stdev="0.2" />

<!-- 2015 -->
<dh from="HVB1" to="HVB2" val=" -0.00795" stdev="0.08" />
<dh from="HVB1" to="HVB2" val=" -0.00790" stdev="0.08" />
<dh from="HVB2" to="501_2015" val=" -0.60525" stdev="0.08" />
<dh from="HVB2" to="501_2015" val=" -0.60539" stdev="0.08" />
<dh from="501_2015" to="HVB1" val=" 0.61322" stdev="0.08" />
<dh from="HVB1" to="VB1" val=" 0.58158" stdev="0.08" />

<!-- 2015 bocne -->
<dh from="HVB1" to="VB1" val=" 0.58156" stdev="0.08" />
<dh from="HVB2" to="501n_2015" val=" -0.44578" stdev="0.08" />
<dh from="501_2015" to="501n_2015" val=" 0.15945" stdev="0.08" />
<dh from="501_2015" to="VB1" val=" 1.19496" stdev="0.16" />
<dh from="HVB2" to="VB1" val=" 0.58933" stdev="0.16" />

<!-- 2014 -->
<dh from="HVB1" to="VB2" val=" -0.01707" stdev="0.16" />
<dh from="HVB1" to="501_2014" val=" -0.61179" stdev="0.08" />
<dh from="VB2" to="501_2014" val=" -0.59479" stdev="0.08" />
<dh from="HVB1" to="501n_2014" val=" -0.45216" stdev="0.08" />
<dh from="HVB1" to="502" val=" 0.07603" stdev="0.16" />
<dh from="502" to="HVB4" val=" 0.47596" stdev="0.11" />
<dh from="502" to="HVB4" val=" 0.47609" stdev="0.11" />

<!-- 2013 -->
<dh from="HVB1" to="501_2013" val=" -0.61022" stdev="0.08" />
<dh from="HVB1" to="VB2" val=" -0.01690" stdev="0.16" />
<dh from="HVB1" to="VB3_2014" val=" 5.01576" stdev="0.20" />
<dh from="HVB1" to="502" val=" 0.07615" stdev="0.16" />
<dh from="502" to="HVB4" val=" 0.47586" stdev="0.11" />

<!-- 2012 -->
<dh from="HVB1" to="501_2012" val=" -0.60925" stdev="0.08" />
<dh from="HVB1" to="VB2" val=" -0.01659" stdev="0.16" />
<dh from="HVB1" to="VB3_2014" val=" 5.01556" stdev="0.20" />

</height-differences>
</points-observations>
</network>
</gama-local>

```


Výstupní soubor z programu GNU Gama

Adjustment of local geodetic network version: 1.15-envelope / MSVC 1800

http://www.gnu.org/software/gama/

Approximate coordinates

coordinates	xyz	xy	z
given :	0	0	8
computed :	0	0	18

total :	0	0	26
observations:	46		

Network description

Lokalita: Celina - vychod
Vyskovy system: Bpv
Pristroj: Trimble Zeiss DiNi 12T
DP_2016: David Hanousek
Mereni_2015: Tomas Jirikovsky
BP_2014: Petra Svacinova
BP_2013: Roman Bohac
DP_2012: Michal Novotny

General parameters of the adjustment

Coordinates	xyz	xy	z
Adjusted :	0	0	26
Constrained * :	0	0	2
Fixed :	0	0	0

Total :	0	0	26

Number of project equations:	46	Number of unknowns:	26
Degrees of freedom :	21	Network defect :	1

m0 apriori : 1.00
m0' aposteriori: 0.98 [pvv] : 2.01236e+001

During statistical analysis we work

- with apriori standard deviation 1.00
- with confidence level 95 %

Ratio m0' aposteriori / m0 apriori: 0.979
95 % interval (0.700, 1.300) contains value m0'/m0

Maximal normalized residual 2.25 exceeds critical value 1.96
on significance level 5 % for observation #45
<dh from="HVB1" to="VB2" val="-0.017" stdev="0.2" />

Adjusted heights

i	point	approximate value	correction [m]	adjusted value	std.dev	conf.i. [mm]
===== value ===== [m] ===== value ===== [mm] ==						
1	S1	287.57537	-0.00010	287.57527	0.2	0.4
2	VB31	286.44807	-0.00012	286.44795	0.1	0.3
3	HVB4 *	285.71360	-0.00007	285.71353	0.1	0.1
4	502	285.23750	0.00008	285.23758	0.1	0.1
5	VB1	285.74298	0.00010	285.74308	0.1	0.1
6	VB33	326.83645	0.00219	326.83864	0.4	0.8
7	539	326.63522	0.00219	326.63741	0.4	0.8
8	538	325.78848	0.00006	325.78854	0.4	0.8
9	537	327.72646	0.00007	327.72653	0.4	0.8
10	S4	306.47330	-0.00010	306.47320	0.8	1.6
11	VB32	306.98446	-0.00010	306.98436	0.8	1.6
12	501_2016	284.54709	0.00011	284.54720	0.1	0.2
13	HVB2	285.15333	0.00019	285.15352	0.1	0.1
14	VB34	328.05774	0.00007	328.05781	0.4	0.8
15	VB3_2016	290.17756	0.00011	290.17767	0.2	0.4
16	531	288.61658	0.00013	288.61671	0.2	0.3
17	532	289.15018	-0.00022	289.14996	0.2	0.3
18	HVB1 *	285.16140	0.00007	285.16147	0.1	0.1
19	501_2015	284.54808	0.00014	284.54822	0.1	0.1
20	501n_2015	284.70755	0.00015	284.70770	0.1	0.2
21	VB2	285.14440	0.00016	285.14456	0.1	0.2
22	501_2014	284.54960	0.00012	284.54972	0.1	0.2
23	501n_2014	284.70924	0.00007	284.70931	0.1	0.2
24	501_2013	284.55100	0.00025	284.55125	0.1	0.2
25	VB3_2014	290.17750	-0.00037	290.17713	0.2	0.3
26	501_2012	284.55240	-0.00018	284.55222	0.1	0.2

Adjusted observations

i	standpoint	target	observed value	adjusted [m g]	std.dev	conf.i. [mm cc]
===== value ===== [m g] ===== [mm cc] ==						
1	S1	VB31 h dif	-1.12730	-1.12732	0.2	0.3
2	VB31	HVB4 h dif	-0.73447	-0.73442	0.1	0.3
3	HVB4	502 h dif	-0.47590	-0.47595	0.1	0.1
4	502	VB1 h dif	0.50548	0.50550	0.1	0.2
5	VB33	539 h dif	-0.20123	-0.20123	0.1	0.2
6	539	538 h dif	-0.84887	-0.84887	0.1	0.2
7	538	537 h dif	1.93798	1.93798	0.1	0.2
8	S4	VB32 h dif	0.51116	0.51116	0.1	0.2
9	VB1	501_2016 h dif	-1.19589	-1.19587	0.1	0.1
10		HVB2 h dif	-0.58965	-0.58956	0.0	0.1
11	HVB2	501_2016 h dif	-0.60630	-0.60632	0.1	0.1
12	537	VB34 h dif	0.33128	0.33128	0.1	0.2
13	501_2016	VB3_2016 h dif	5.63047	5.63047	0.2	0.3
14	537	HVB2 h dif	-42.57313	-42.57301	0.4	0.8
15	S1	VB33 h dif	39.26108	39.26337	0.5	0.9
16		S4 h dif	18.89793	18.89793	0.8	1.6
17	HVB4	531 h dif	2.90298	2.90318	0.1	0.3
18		531 h dif	2.90337	2.90318	0.1	0.3
19	VB31	532 h dif	2.70211	2.70200	0.2	0.3
20	HVB4	532 h dif	3.43632	3.43643	0.2	0.3
21	HVB1	HVB2 h dif	-0.00795	-0.00795	0.0	0.1
22		HVB2 h dif	-0.00790	-0.00795	0.0	0.1
23	HVB2	501_2015 h dif	-0.60525	-0.60530	0.0	0.1
24		501_2015 h dif	-0.60539	-0.60530	0.0	0.1
25	501_2015	HVB1 h dif	0.61322	0.61325	0.1	0.1
26	HVB1	VB1 h dif	0.58158	0.58161	0.0	0.1
27		VB1 h dif	0.58156	0.58161	0.0	0.1
28	HVB2	501n_2015 h dif	-0.44578	-0.44581	0.1	0.1

29	501_2015	501n_2015	h dif	0.15945	0.15948	0.1	0.1
30		VB1	h dif	1.19496	1.19486	0.1	0.1
31	HVB2	VB1	h dif	0.58933	0.58956	0.0	0.1
32	HVB1	VB2	h dif	-0.01707	-0.01691	0.1	0.1
33		501_2014	h dif	-0.61179	-0.61175	0.1	0.1
34	VB2	501_2014	h dif	-0.59479	-0.59483	0.1	0.1
35	HVB1	501n_2014	h dif	-0.45216	-0.45216	0.1	0.2
36		502	h dif	0.07603	0.07611	0.1	0.2
37	502	HVB4	h dif	0.47596	0.47595	0.1	0.1
38		HVB4	h dif	0.47609	0.47595	0.1	0.1
39	HVB1	501_2013	h dif	-0.61022	-0.61022	0.1	0.2
40		VB2	h dif	-0.01690	-0.01691	0.1	0.1
41		VB3_2014	h dif	5.01576	5.01566	0.1	0.3
42		502	h dif	0.07615	0.07611	0.1	0.2
43	502	HVB4	h dif	0.47586	0.47595	0.1	0.1
44	HVB1	501_2012	h dif	-0.60925	-0.60925	0.1	0.2
45		VB2	h dif	-0.01659	-0.01691	0.1	0.1
46		VB3_2014	h dif	5.01556	5.01566	0.1	0.3

Residuals and analysis of observations

i	standpoint	target	f [%]	v	v'	e-obs.	e-adj.
=====				[mm cc]	=====	[mm cc]	==
1	S1	VB31 h dif	0.4 w	-0.018	1.3		
2	VB31	HVB4 h dif	13.2	0.049	0.6	0.2	0.2
3	HVB4	502 h dif	50.0	-0.055	0.6	-0.1	-0.0
4	502	VB1 h dif	39.5	0.018	0.1	0.0	0.0
5	VB33	539 h dif	0.1 u	0.005			
6	539	538 h dif	0.1 u	0.005			
7	538	537 h dif	0.1 u	0.005			
8	S4	VB32 h dif	0.0 u	0.000			
9	VB1	501_2016 h dif	23.9	0.016	0.3	0.0	0.0
10		HVB2 h dif	43.5	0.093	1.4	0.1	0.0
11	HVB2	501_2016 h dif	23.9	-0.016	0.3	-0.0	-0.0
12	537	VB34 h dif	0.0 u	0.000			
13	501_2016	VB3_2016 h dif	0.0 u	0.000			
14	537	HVB2 h dif	2.4 w	0.119	1.3		
15	S1	VB33 h dif	73.5	2.286	1.3	2.5	0.2
16		S4 h dif	0.0 u	0.000			
17	HVB4	531 h dif	29.3	0.195	1.4	0.4	0.2
18		531 h dif	29.3	-0.195	1.4	-0.4	-0.2
19	VB31	532 h dif	21.2	-0.105	0.9	-0.3	-0.2
20	HVB4	532 h dif	21.2	0.105	0.9	0.3	0.2
21	HVB1	HVB2 h dif	48.0	-0.001	0.0	-0.0	-0.0
22		HVB2 h dif	48.0	-0.051	0.7	-0.1	-0.0
23	HVB2	501_2015 h dif	45.9	-0.050	0.7	-0.1	-0.0
24		501_2015 h dif	45.9	0.090	1.3	0.1	0.0
25	501_2015	HVB1 h dif	36.8	0.031	0.5	0.1	0.0
26	HVB1	VB1 h dif	45.4	0.027	0.4	0.0	0.0
27		VB1 h dif	45.4	0.047	0.7	0.1	0.0
28	HVB2	501n_2015 h dif	24.3	-0.035	0.7	-0.1	-0.0
29	501_2015	501n_2015 h dif	24.3	0.035	0.7	0.1	0.0
30		VB1 h dif	64.9	-0.103	0.7	-0.1	-0.0
31	HVB2	VB1 h dif	71.8	0.227	1.5	0.2	0.0
32	HVB1	VB2 h dif	55.3	0.158	1.1	0.2	0.0
33		501_2014 h dif	16.3	0.044	1.0	0.1	0.1
34	VB2	501_2014 h dif	16.3	-0.044	1.0	-0.1	-0.1
35	HVB1	501n_2014 h dif	0.0 u	0.000			
36		502 h dif	41.6	0.078	0.6	0.1	0.0
37	502	HVB4 h dif	50.0	-0.005	0.1	-0.0	-0.0
38		HVB4 h dif	50.0	-0.135	1.4	-0.2	-0.0
39	HVB1	501_2013 h dif	0.0 u	0.000			
40		VB2 h dif	55.3	-0.012	0.1	-0.0	-0.0
41		VB3_2014 h dif	29.3	-0.100	0.7	-0.2	-0.1
42		502 h dif	41.6	-0.042	0.3	-0.1	-0.0

43	502	HVB4 h dif	50.0	0.095	1.0	0.1	0.0
44	HVB1	501_2012 h dif	0.0 u	0.000			
45		VB2 h dif	55.3	-0.322	2.3 mc	-0.4	-0.1
46		VB3_2014 h dif	29.3	0.100	0.7	0.2	0.1

Outlying observations

i	standpoint	target	f [%]	v	v'	e-obs.	e-adj.
=====				[mm cc]	=====	[mm cc]	===
45	HVB1	VB2 h dif	55.3	-0.322	2.3 mc	-0.4	-0.1

Test of normality of homogenised residuals

=====

Test Kolmogorov-Smirnov : 64.6 %

Příloha č. 5

Nivelační údaje nových bodů důlního výškového bodového pole

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	HVB2			285,154 m	2016

Místopisný popis:

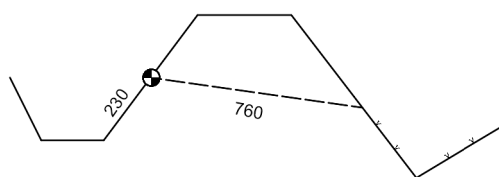
Vpravo od vstupních portálů

Místopis:



Poznámka:

Značka ve výšce 0,6 m nad zemí



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:	321100704	Vlastník:	
Okres:	Příbram	UEF Josef	
Obec:			
Kat. území:	Čelina		

ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1			
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK		
Č	Druh stab.	UEF Josef			Y	753396,856	dig.
					X	1081621,459	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba
14° 20' 59,4"		49° 43' 52,7"					-2 mgal

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	VB1			285,743 m	2016

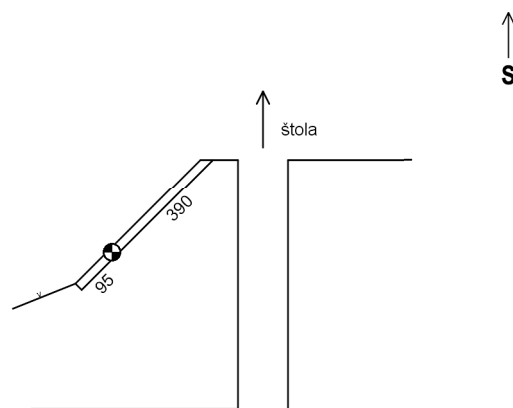
Místopisný popis:

Vlevo na opěrné zdi

Poznámka:

Značka ve výšce 1 m nad zemí

Místopis:



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:	321100704	Vlastník:	
Okres:	Příbram	UEF Josef	
Obec:			
Kat. území:	Čelina		

ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1			
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK		
H		UEF Josef			Y	753425,891	dig.
	Druh stab.				X	1081608,640	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba
14° 20' 57,9"		49° 43' 53,0"					-2 mgal

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	VB31			286,448 m	2016

Místopisný popis:

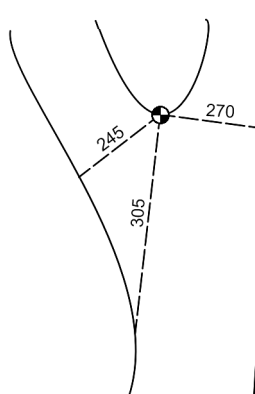
ČV, poblíž schodiště

Místopis:

← S

Poznámka:

Značka ve výšce 0,1 m nad zemí



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:	321100704	Vlastník:	
Okres:	Příbram	UEF Josef	
Obec:			
Kat. území:	Čelina		

ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1			
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK		
Č		UEF Josef			Y	753296,968	dig.
	Druh stab.		X	1081464,055			
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmožská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	S1			287,575 m	2016

Místopisný popis:

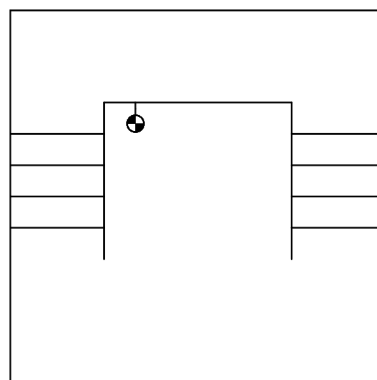
ČV, úroveň 0, na konstrukci schodiště

Místopis:

S →

Poznámka:

Značka ve výšce 1m nad zemí



Stav a stáří objektu:

Schodiště z roku 2015

Úz. jednotka:		321100704			Vlastník:	
Okres:		Příbram			UEF Josef	
Obec:						
Kat. území:		Čelina				
ZM-50	12-44			SMO-5	Krásná Hora 1-1	
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval		Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK
Č mini		UEF Josef			Y	753305,019
	Druh stab.			X	1081472,257	dig.
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn	
					Ba	

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmožská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	S4			306,473 m	2016

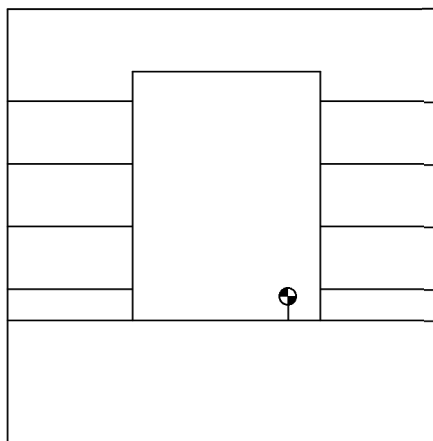
Místopisný popis:

ČV, úroveň 20, na konstrukci schodiště

Místopis:

← S

Poznámka:



Stav a stáří objektu:

Schodiště z roku 2015

Úz. jednotka:		321100704			Vlastník:		
Okres:		Příbram			UEF Josef		
Obec:							
Kat. území:		Čelina					
ZM-50	12-44			SMO-5	Krásná Hora 1-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval		Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK	
Č mini		UEF Josef			Y	753305	dig.
	Druh stab.				X	1081472	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	VB32			306,984 m	2016

Místopisný popis:

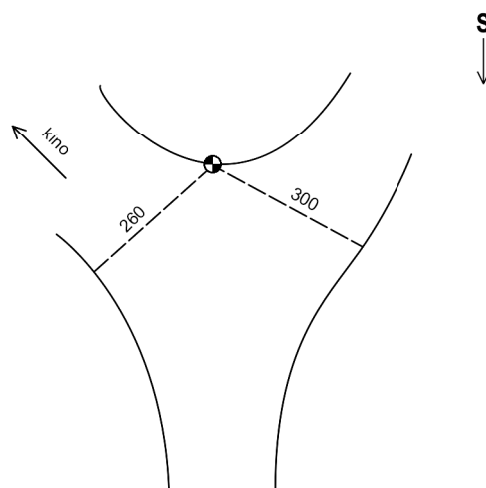
ČV, úroveň 20, u katedrály

Poznámka:

Značka ve výšce 0,6 m nad zemí

Stav a stáří objektu:

Místopis:



Úz. jednotka:	321100704			Vlastník:			
Okres:	Příbram			UEF Josef			
Obec:							
Kat. území:	Čelina						
ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1			
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK		
Č		UEF Josef			Y	753302,929	dig.
	Druh stab.				X	1081484,845	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	VB33			326,839 m	2016

Místopisný popis:

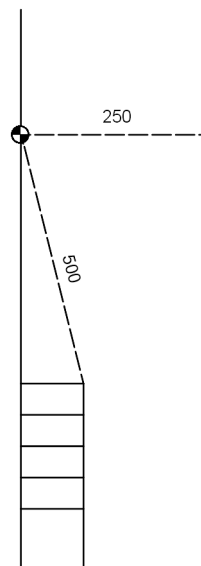
ČV, úroveň 40, u schodiště

Místopis:

S →

Poznámka:

Značka ve výšce 0,2 m nad zemí



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:		321100704			Vlastník:		
Okres:		Příbram			UEF Josef		
Obec:							
Kat. území:		Čelina					
ZM-50	12-44			SMO-5	Krásná Hora 1-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval		Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK	
Č	Druh stab.	UEF Josef			Y	753312,178	dig.
					X	1081474,244	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	539			326,637 m	2016

Místopisný popis:

ČV, úroveň 40

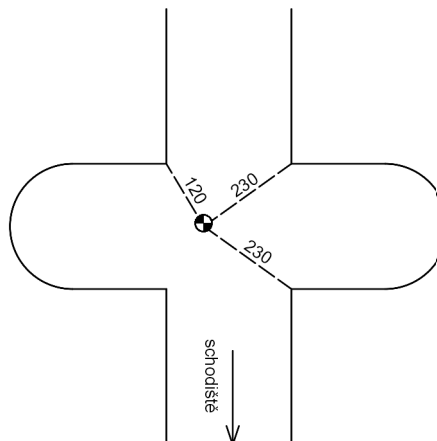
Poznámka:

v počvě

Stav a stáří objektu:

Místopis:

S →



Úz. jednotka:	321100704	Vlastník:	
Okres:	Příbram	UEF Josef	
Obec:			
Kat. území:	Čelina		

ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1			
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK		
H		UEF Josef			Y	753324,293	dig.
	Druh stab.			X	1081473,579		
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn	Ba	

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	538			325,789 m	2016

Místopisný popis:

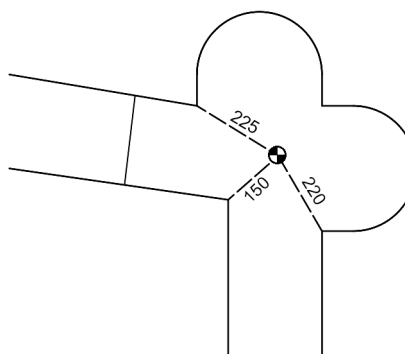
ČV, úroveň 40 u komína

Místopis:

S →

Poznámka:

v počvě



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:		321100704			Vlastník:		
Okres:		Příbram			UEF Josef		
Obec:							
Kat. území:		Čelina					
ZM-50	12-44			SMO-5	Krásná Hora 1-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval		Druh bodu		Souřadnice v S-JTSK	
H		UEF Josef			Y	753373,030	dig.
	Druh stab.			X	1081470,200		
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn		Ba

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	537			327,727 m	2016

Místopisný popis:

5 m před vstupem do štoly v úrovni 40

Místopis:



Poznámka:

v zemi



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:	321100704	Vlastník:	
Okres:	Příbram	UEF Josef	
Obec:			
Kat. území:	Čelina		

ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
H		UEF Josef		Y	753374,339	dig.
	Druh stab.			X	1081565,795	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G	Gn	Ba	
14° 21' 0,1"		49° 43' 54,6"				-2 mgal

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad:

Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku
		oddílu	od počátku		
	VB34			328,058 m	2016

Místopisný popis:

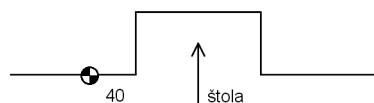
Vlevo od vstupu do štoly v úrovni 40

Poznámka:

Značka ve výšce 0,2 m nad zemí

Místopis:

↑
S



Stav a stáří objektu:

Úz. jednotka:	321100704	Vlastník:	
Okres:	Příbram	UEF Josef	
Obec:			
Kat. území:	Čelina		

ZM-50	12-44		SMO-5	Krásná Hora 1-1		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č		UEF Josef		Y	753374,909	dig.
	Druh stab.			X	1081560,566	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	G		Gn	Ba
14° 21' 0,1"		49° 43' 54,7"				-2 mgal

Příloha č. 6

Fotografie stabilizací nových bodů důlního výškového bodového pole



Čepová značka bodu HVB2



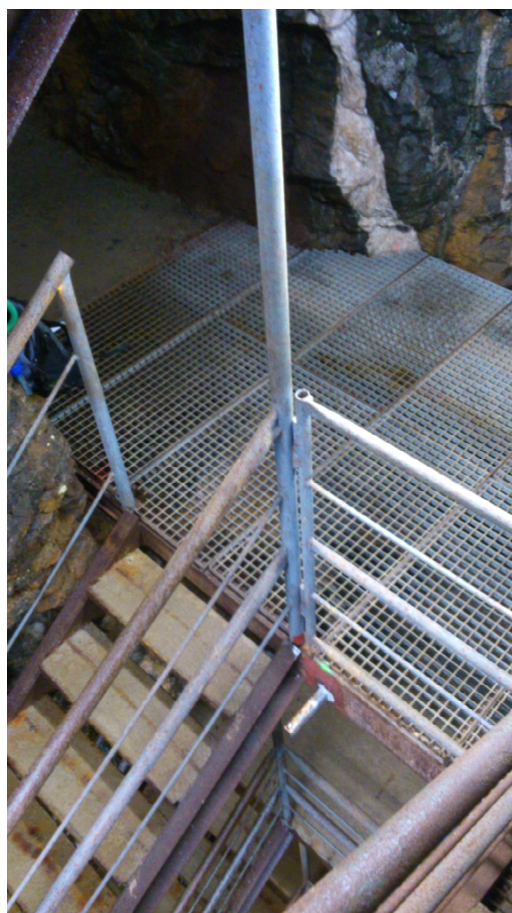
Hřebová značka bodu VB1



Čepová značka bodu VB31



Čepová mini značka bodu S1



Čepová mini značka bodu S4



Čepová značka bodu VB32



Čepová značka bodu VB33



Hřebová značka bodu 539



Hřebová značka bodu 538



Hřbová značka bodu 537



Čepová značka bodu VB34