

Obnova a doplnění části základního důlního bodového pole ve štole Josef

Restoration and extension of main surveying points in Josef mine

diplomová práce

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie

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

Bc. Vojtěch Pětník

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Pětník</u>	Jméno: <u>Vojtěch</u>	Osobní číslo: <u>410918</u>
Zadávací katedra: <u>K 154 - Katedra speciální geodézie</u>		
Studijní program: <u>Geodézie a kartografie (N3645)</u>		
Studijní obor: <u>Geodézie a kartografie (3646T003)</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Obnova a doplnění části základního důlního bodového pole ve štole Josef</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Restoration and extension of main surveying points in Josef mine</u>	
Pokyny pro vypracování: Obnova a doplnění základního důlního bodového pole v oblasti Mokrsko - západ štole Josef. Příprava a realizace plánovaného rozšíření bodového pole do oblasti Mokrsko - východ. Zaměření všech bodů, vyrovnání celé sítě v této oblasti s nově naměřenými daty a s daty z předchozích měření. Porovnání jednotlivých etap, vyhodnocení případných posunů a celkové vyrovnání pro zpřesnění souřadnic původních bodů a určení souřadnic nových bodů. Vyhotovení geodetických údajů k novým bodům.	
Seznam doporučené literatury: - Vyhláška 435/1992 sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem - Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>10.2.2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>21.5.2017</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
<hr/> Podpis vedoucího práce	<hr/> Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>16. 02. 2017</u>	
<hr/> Datum převzetí zadání	<hr/> Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Tato diplomová práce pojednává o měřických a výpočetních pracích provedených pro obnovu a doplnění části základního důlního bodového pole v oblasti Mokrsko – západ, štoly Josef. Součástí práce je také příprava a realizace plánovaného rozšíření bodového pole do oblasti Mokrsko – východ. Práce se konkrétně týká zaměření všech bodů, vyrovnaní celé sítě v dané oblasti s nově naměřenými daty a s daty z předchozích měření. Porovnání jednotlivých etap, vyhodnocení případných posunů a celkové vyrovnaní pro zpřesnění souřadnic původních bodů a určení souřadnic nových bodů.

Klíčová slova

důlní bodové pole, vyrovnaní, síť, geodézie, totální stanice, nivelace

Abstract

This thesis deals with surveying and computational work carried out for the restoration and extension of main surveying points in Mokrsko – west part of Josef mine. The work also includes the preparation and implementation of the planned expansion of surveying points in Mokrsko – east. Thesis specifically focus on measuring, network computation and adjustment, implementation previously measured data. Comparison of individual computation stages, evaluation of potential point shifts and overall computation to determine refined coordinates of points in the network.

Key words

surveying points, adjustment, network, geodesy, total station, leveling



Prohlášení

Já, Bc. Vojtěch Pětník, prohlašuji, že jsem autor této bakalářské práce, kterou jsem napsal pod vedením Ing. Tomáše Jiřikovského, Ph.D., za použití zdrojů uvedených v seznamu.

Souhlasím s dalším využitím mé práce na ČVUT Fakultě stavební, v souladu se zákonem č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne:

podpis:

Praha 2017

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Tomášovi Jiřikovskému, Ph.D. za rady a pomoc, které mi poskytl v průběhu tvorby této práce, což činil s trpělivostí a ochotou. Dále bych chtěl také poděkovat rodině, která mi poskytla morální i hmotné zázemí nejen v průběhu tohoto, ale i v průběhu všech předchozích semestrů. A nakonec bych chtěl poděkovat Bc. Davidu Hofmanovi, Lukáši Kosovi a Petru Ondřeji Vaníčkovi za pomoc při měření. Bez těchto lidí by tvorba této práce byla mnohem těžší.

Rád bych také tímto poděkoval prof. Ing. Martinu Štronerovi, Ph.D. za ochotné poskytnutí licence k programu EasyNET a za rady poskytnuté k jeho užití.

Obsah

Úvod.....	8
1 Štola Josef.....	10
1.1 Obecný popis.....	10
1.2 Historie.....	12
1.2.1 Počátky těžby.....	13
1.2.2 Hlavní rozkvět.....	13
1.2.3 20. století a současnost.....	13
2 Bodové pole.....	14
2.1 Základní důlní polohové bodové pole.....	14
2.2 Ostatní body, podrobné důlní bodové pole.....	16
2.3 Základní důlní výškové bodové pole.....	17
2.4 Nově stabilizované body.....	18
2.5 Historické bodové pole.....	21
3 Měření bodového pole v minulosti.....	22
3.1 rok 2012.....	22
3.2 rok 2013.....	23
3.3 rok 2014.....	24
3.4 rok 2015.....	25
3.5 rok 2016.....	25
4 Použitá technologie.....	27
4.1 Měřicí technika.....	27
4.2 Programové nástroje.....	28
5 Měření 2017.....	30
5.1 Měřické práce v terénu.....	30
5.1.1 Polohové měření.....	30
5.1.2 Nivelace.....	32
5.2 Zpracování polohového měření.....	33
5.2.1 Analýza měřených dat.....	34

5.2.2	Testování protisměrných měření	39
5.2.3	Testování dle vyhlášky č. 435/1992 Sb.....	42
5.2.4	Redukce délek	44
5.3	Zpracování nivelačního měření	46
6	Vyrovnání sítě.....	52
6.1	Vyrovnání lokální – Mokrsko.....	52
6.1.1	EasyNet	52
6.1.2	GAMA – local.....	61
6.1.3	Porovnání výsledků.....	62
6.2	Celkové vyrovnání – S-JTSK	64
6.3	S-Josef.....	66
6.4	Porovnání výsledků	68
	Závěr	71
	Použité zdroje a literatura	74
	Seznam zkratk.....	76
	Seznam obrázků	78
	Seznam tabulek	79
	Seznam příloh.....	80

Úvod

Tato diplomová práce pojednává o obnově a zaměření části základního důlního bodového pole (dále jen ZDBP). Pro účely údržby, ražby nových chodeb a pro všechny geodetické práce ve štole Josef je velmi důležité trvale stabilizované, vhodně umístěné a přesně zaměřené základní důlní bodové pole, jenž se již ve zmiňovaném důlním díle nachází. Účelem této práce je částečná údržba a rozšíření ZDBP v oblasti Mokrsko, ale také snaha o přezkoumání, analýzu a celkové vyrovnání pokud možno co největší části ZDBP s využitím předešlých měření odpovídající přesnosti a nového měření.

V první části práce jsou uvedeny obecné informace o Podzemní laboratoři Josef a historii tohoto díla.

V druhé kapitole je popsáno bodové pole, nacházející se ve štole Josef a v jeho blízkém okolí, a obecně popsány druhy stabilizace se zhodnocením jeho stavu.

Třetí část shrnuje měření základního důlního bodového pole v minulosti, které provedli studenti při svých závěrečných pracích, neboť tato práce využívá mnohá naměřená data z jejich měření.

Čtvrtá kapitola popisuje technologii použitou při tvorbě této práce a to jak měřickou, tak také výpočetní a programovou.

Pátá kapitola je jednou ze dvou hlavních a věnuje se zejména samotnému terénnímu měření v oblasti Mokrsko, při kterém bylo použito totální stanice (dále jen TS) Trimble S8 HP na stávajících bodech ZDBP 505, 506, 507, 521, 522, 523 ,524, na nově stabilizovaném bodě ZDBP 541 a na nově stabilizovaném pomocném bodě 4006. Doplnkově bylo provedeno nivelační měření pro ověření stability nadmořské výšky bodů 505 a 506 a dále pro určení nadmořské výšky

nově stabilizovaného bodu 524. Dále je zde popsán způsob analýzy měření, zhodnocení dosažené přesnosti měření a také redukce délek.

Ve stěžejní kapitole této práce, jenž je označena jako šestá, je popsáno vyrovnaní sítě. Nejprve je popsáno vyrovnaní samotného měření (uskutečněného v rámci této práce v roce 2017) v místním systému a následná transformace do JTSK pro ověření správnosti a konzistence měření. Dále je pak měření začleněno do sady měření s minulých let a je provedeno celkové vyrovnaní v systému JTSK a S-Josef.

1 Štola Josef

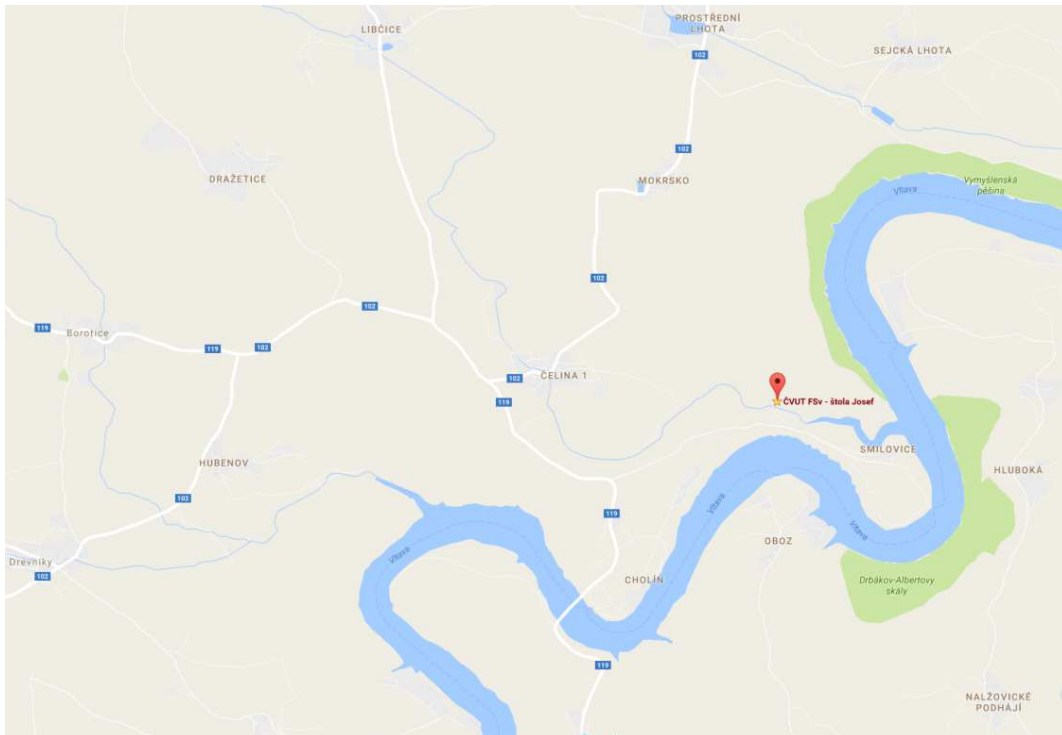
1.1 Obecný popis

V blízkosti přehrady Slapy mezi vesnicemi Čelina a Mokrsko se nachází štola Josef. Celá oblast se nachází přibližně 50 km jižně od Prahy. Zeměpisné souřadnice portálu štoly jsou N: 49°43'50" E: 14°20'55". Toto podzemní dílo je tvořeno páteřní štolou o délce přibližně 1800 m vedoucí pod Veselým vrchem, na jejímž konci je větrací nevystrojený komín. Na páteřní štolu navazují postranní rozrážky, které dohromady mají délku kolem 6000 m a slouží zejména k experimentům a výukové činnosti. V současné době nejsou všechny chodby zpřístupněny. [1]



Obr. 1 – schéma štoly Josef [1]

Dílo je součástí zlatorudného revíru Psí hory a z geologického hlediska tvoří okolní prostředí zejména různé druhy vulkanických a vulkanosedimentálních hornin (bazalty, andezity, ryolity, tufy a tufity) s průniky mladších hornin (granodiority, žuly). Výška nadloží osahuje až 180 m. [1]



Obr. 2 – umístění štoly Josef [2]

V roce 2003 byl na ČVUT v Praze vznesen návrh na obnovení a praktické využití štoly Josef a v roce 2005 pak podepsala Fakulta stavební ČVUT v Praze smlouvu s Ministerstvem životního prostředí České republiky (vlastník díla) o zapůjčení. V letech 2005 až 2007 byla štola Josef postupně znovuotevřena a vzniklo Podzemní výukové středisko Josef (UEF Josef). Dnes se Podzemní výukové středisko jmenuje Podzemní laboratoř Josef a provozuje ho Centrum experimentální geotechniky Fakulty stavební ČVUT v Praze (CEG). V návaznosti vzniklo URC Josef, což je Regionální výzkumné centrum. Spolupráce UEF Josef URC Josef vytváří velmi kvalitní prostředí pro výzkum, vývoj a výuku. [1]

Ve štole Josef probíhají experimenty zaměřené na výzkum vlastností hornin, stavebních materiálů, ale především výzkum týkající se uskladnění radioaktivního odpadu. [1]

DOPAS – Mezinárodní evropský projekt, jehož cílem je ve skutečném měřítku vystavět v různých geologických podmínkách čtyři experimentální zátky, určené pro konstrukci hlubinného úložiště. [1]

Mock-Up Josef – První fyzikální model v České republice, simulující v in-situ prostředí vertikálního uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem v úložné studni. [1]

PETRUS II – Evropský projekt se pokusil vytvořit celoevropskou koncepci přípravy odborníků pro oblast nakládání s radioaktivními odpady. V rámci projektu se uskutečnily i dva praktické výukové kurzy, organizované CEG v areálu štoly Josef. [1]

Timodaz – Mezinárodní projekt byl realizován na dvou fyzikálních modelech a zabýval se vlivem dlouhodobého tepelného zatížení na ostění úložného tunelu pro kontejnery s vyhořelým jaderným palivem. [1]

1.2 Historie

Na Novoknínsku se nachází zlatorudný revír Psí hory, který je jedním z dalších revírů v okolí Nového Knína, kde se v minulosti těžilo zlato (libčický revír, kozohorský revír, novoknínský revír). V minulosti hrála těžba zlata velkou roli. Ruda těžená v oblasti Nového Knína byla využívána pro ražbu florénů, což byly lucemburské dukáty.

1.2.1 Počátky těžby

Písemných důkazů o těžbě v oblasti Psích hor není příliš, ale důkazy hmotné, které je možno najít dodnes ukazují, že se zde zlato těžilo již za dob Keltů a to zejména v 2. a 1. stol. př.n.l., kdy se zlato získávalo z rýžovišť a rozsypů.

1.2.2 Hlavní rozkvět

Hlavní rozmach těžby zlata na Psích horách přišel společně se středověkem, a to konkrétně ve 14. století. V té době se již zlato těžilo v pozemních dílech pomocích štol a šachtic v průměrné hloubce 20m. V oblasti těžby bylo z té doby k nalezení mnoho zařízení souvisejících se samotným dobýváním. Například kovárna a mlýny na drcení rudy. Těžba pokračovala až do přelomu 14. a 15. století, kdy provozní náklady a vydolování dobře přístupných částí způsobily nevýhodnost těžby v této oblasti a tím ukončení dobýváním. Částečná obnova těžby proběhla v 15. až 16. století, ale nedosáhla předešlých rozměrů a na dobro ustala v druhé polovině 16. století.

1.2.3 20. století a současnost

Psí hory zůstaly na rozdíl od ostatních okolních revírů nedotčeny až do konce 20. století, kdy archeologické průzkumy objevily důkazy o historické těžbě. V té době byly také provedeny nové geologické průzkumy až do hloubky 600 metrů. Bylo objeveno nové ložisko v oblasti Mokrsko – západ k již známému ložisku v oblasti Mokrsko – východ. Celkově bylo odhadnuto, že se v oblasti nachází až 130 tun zlata a tím se tato oblast řadí k nejbohatším ložiskům zlata v Evropě a je to více, než kolik se vytěžilo celkem na území České republiky v historii. K samotné těžbě zlata nebylo přistoupeno, neboť by se jednalo o rozsáhlou povrchovou těžbu s velmi neblahým dopadem na životní prostředí.

2 Bodové pole

Bodové pole ve štole Josef je tvořeno základním důlním polohovým bodovým polem (ZDPBP) a základním důlním výškovým bodovým polem (ZDVBP), přičemž některé body figurují v obou skupinách. Body jsou většinou označeny červenou, někdy růžovou barvou a to čárami (cca 20 – 40 cm dlouhými) na stěnách v blízkosti bodů. Poklopy u bodů ZDPBP jsou též nabarveny obdobným druhem barvy. U bodů ZDPBP a ZDVBP jsou vyhotoveny geodetické resp. nivelační údaje s místopisným náčrtem a oměrnými mírami pro případné vyhledání zasypaných a znečistěných bodů, které lze najít v přílohách závěrečných prací z minulosti.

2.1 Základní důlní polohové bodové pole

Body jsou číslovány číselnou řadou od 501, kdy body 501 – 507 jsou umístěny v páteřní štole. Body 511 a 512 se nacházejí v západní větvi Čelina – západ. V další západní odbočce z páteřní štoly se nacházejí body 521 – 524. V tomto duchu číslování pokračuje v oblasti Čelina – východ (531 a dále) a Mokrsko – východ (541 a dále).

Bod 501 je jediný bod, nacházející se mimo důlní dílo, a je tedy nejdůležitějším bodem pro celé připojení sítě. Je stabilizován v betonovém kvádru přibližně 50m od portálu štoly. Souřadnice bodu 501 byly určeny dlouhými observacemi aparaturami GNSS a dalšími připojeními na okolní bodové pole, čímž se zabývaly předešlé bakalářské a diplomové práce. Dříve se v okolí bodu 501 nacházel bod 4001, který byl také určen observacemi GNSS aparaturou a který byl užit pro orientaci. Bod 4001 již neexistuje. Orientační body nad portály v současnosti též již neexistují, plánuje se však jejich obnova.



Obr. 3 – bod 501 umístěný před portálem štoly

U bodu 507, poslední bod v páteřní štole, byla v minulosti měřena orientace na báňskou olovnici spuštěnou větracím komínem a tím bylo provedeno připojení na konci polygonu. V minulosti se tím zabývala bakalářská práce Ing. Lukáše Vaise. [3]

Stabilizace je realizována mosaznými nebo bronzovými značkami, zalitými v betonu přibližně 10 cm pod úroveň podlahy. Beton by měl být vylit až na pevné podloží a tím by měla být zajištěna stabilita bodů ZDPBP. Body jsou přikryty kovovými poklopy, které byly původně přišroubovány čtyřmi šrouby. Bohužel uvnitř díla je téměř pořád 100% vlhkost a šrouby podlehly korozi a bylo nutno tedy závitové tyče i s matkami silou vyjmout. Pouze několik šroubů zachovalo svoji funkci.

Pro ZDPBP a měřické práce uvnitř štoly byly použity zásady dané vyhláškou Českého báňského úřadu č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech, prováděných hornickým způsobem. [4] Ovšem pro účely výuky, výzkumu a částečně také testování

možností techniky byly požadavky na přesnost zvýšeny a bylo snahou dosáhnout přesnosti v souřadnicích bodů (alespoň při vyrovnání sítí v lokálních systémech) v řádu jednotek milimetrů.

2.2 Ostatní body, podrobné důlní bodové pole

Jelikož by body ZDPBP vzdálené od sebe někdy více jak 500 m, nepostačovaly pro měřické práce a také pro zhuštění sítě a tím možnost dosažení lepších výsledků zejména v odbočkách z páteřní štoly, bylo ZDPBP doplněno ostatními body. Tyto body se nacházejí zejména v místech větvení, kde napomáhají zpevnění sítě bodů, lepší provázanosti a možnosti kontroly, a také v okolí bodů ZDPBP, kde slouží jako orientační body (využívat pro orientaci bod vzdálený více jak 200 m není vždy praktické a hospodárné). Body jsou souhrnně označovány jako podrobné důlní bodové pole.

Trnové značky zavrtané ve stěnách a stropě díla uspořádané někdy v celých profilech a někdy samostatně jsou uzpůsobeny pro nasazení odrazných hranolů (např. Leica GMP101), nebo tunelových terčů. Jsou označeny číselnou řadou 7000. Některé trny jsou zakryty plastovými návleky s napsaným označením, ovšem u velkého počtu trnových značek se již tato ochrana nenachází.

Odrasné štítky Leica (40x40 mm a 20x20 mm) a Sokkia (30x30 mm) jsou rozmístěny zejména v okolí bodů ZDPBP a slouží pro orientaci a dodatečně zpevnění sítě. Původně nebyl předpoklad, že by v tak vlhkém prostředí tyto nalepené odrazné štítky vydržely delší dobu, ale valná většina štítků stále pevně drží a osvědčila se jako výborný způsob zhuštění ZDPBP. Označení těchto bodů je tvořeno číselnou řadou 6000.

V neposlední řadě je několik doplňkových bodů stabilizováno důlkem o průměru 2mm vyvrtaným v kolejnici. Jelikož postranní chodby nenavazují

kolmo, ale pozvolnou odbočkou z páteřní štoly (kvůli užití kolejové dopravy nelze vytvořit kolmou odbočku) bylo nutno využít tyto doplňkové body jako stanoviška pro postavení TS. Tyto body jsou označeny číselnou řadu 4000.

2.3 Základní důlní výškové bodové pole

Výškové bodové pole ve štole Josef je tvořeno klasickými litinovými čepovými značkami, umístěnými cca 30 – 60 cm nad počvou. Body jsou označeny jako HVB a VB s doplněním čísla bodu. Jelikož se dílo nenachází pouze v jedné výškové úrovni, bylo propojení mezi body v různých úrovních realizováno hloubkovým připojením (svěšení pásma jamou) a také nivelací po schodišti (velmi náročné). Niveláčnické body jsou umístěny u portálu štoly a v odbočkách. Páteřní štola je přibližně rovinná a nivelace v ní není v tomto smyslu komplikovaná. Co velmi komplikuje výšková (niveláčnická) měření, je nedostatek světla a tudíž nutnost při valné většině niveláčnických měření použití umělého světla pro osvětlení niveláčnických latí.



Obr. 4 – detail umístění bodu VB1



Obr. 5 – detail umístění bodu HVB2

Na Obr. 4 a Obr. 5 jsou ukázány výškové body u portálu štoly, které jsou stěžejní pro výškové připojení celého ZDPBP.

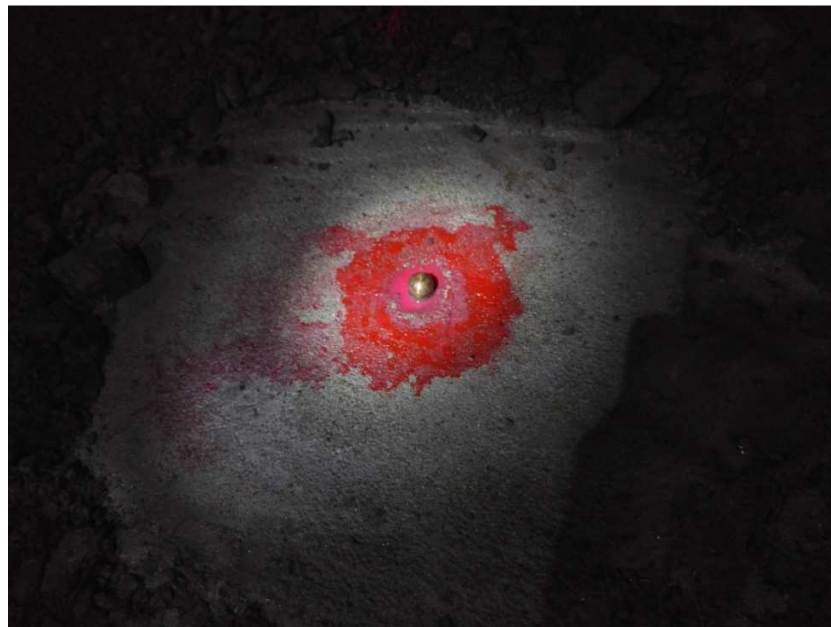
2.4 Nově stabilizované body

V rámci této diplomové práce, jenž se věnuje oblasti Mokrska a přípravě bodového pole do oblasti Mokrsko – východ, bylo nutno vybudovat dva nové body. Toto bylo zadáno technikům Podzemní laboratoře Josef [1].

První a nejdůležitější nově stabilizovaný bod je bod ZDPBP s číslem 541, čímž je pokračováno ve zvolené systematické číslování. Bod je tvořen bronzovou hřebovou měřickou značkou s kulovým vrchlíkem a vyvrtanou dírkou na vrcholku, zabetonovanou v počvě štoly. Bod se nachází v odbočce z páteřní štoly do oblasti Mokrsko – východ. Na Obr. 6 a Obr. 7 lze vidět umístění bodu.



Obr. 6 – umístění bodu 541 v odbočce z páteří štoly

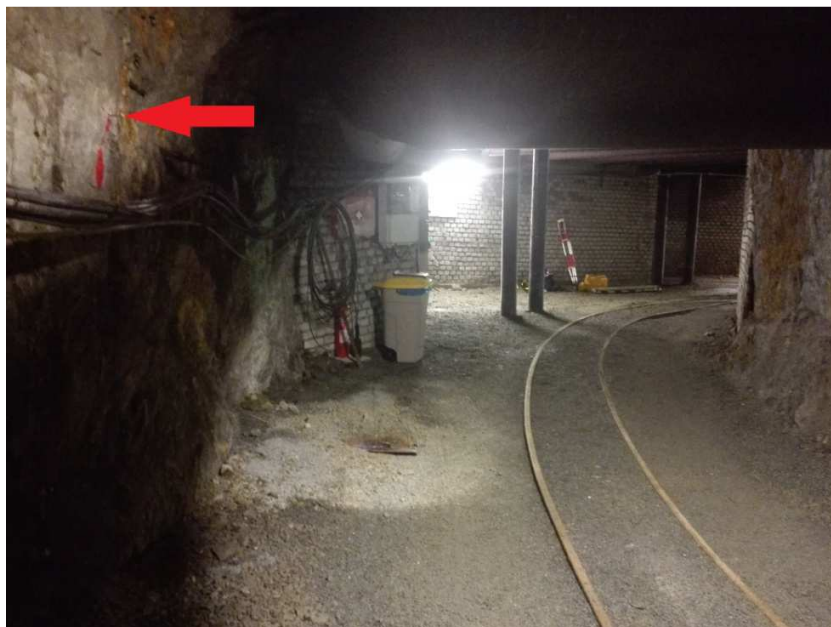


Obr. 7 – detail stabilizace bodu 541

Druhý, nově vytvořený bod je stabilizován trnem zabetonovaným ve stěně odbočky z páteřní štoly do oblasti Mokrsko – západ. Číslo nového bodu je 7908.



Obr. 8 – umístění bodu 7908 při pohledu do postranní chodby



Obr. 9 – umístění bodu 7908 při pohledu z postranní chodby k páteřní štole

Na Obr. 8 i Obr. 9 lze kromě bodu 7908 vidět ve spodní části také odkrytý bod 521. Bod 4908 je označen červenou barvou stejně jako ostatní body, ale nebyla na něj zatím umístěna plastová krytka.

Pro oba nově stabilizované body byly vyhotoveny geodetické údaje, jež jsou uvedeny v přílohách práce. Souřadnice bodu 541 jsou jedním z hlavních výstupů této práce a jsou uvedeny v závěru. Souřadnice bodu 7908 jsou uvedeny v přílohách dokumentu.

2.5 Historické bodové pole

I přes značnou dobu od vzniku těchto bodů se stále v objektu štoly Josef zachovaly původní body používané při ražbě. Stabilizace historických bodů byla realizována zejména stropní stabilizací, tvořenou kolíkem zaraženým ve stropě, jenž měl v sobě kovovou nebo plastovou značku, na kterou bylo možno zavěsit olovnici pro možnost centrace přístroje pod takovýmto bodem. Při měření v terénu byly některé tyto body nalezeny a jeden v blízkosti bodu 541 byl také zaměřen bezhranolovým měřením.

3 Měření bodového pole v minulosti

V této kapitole bude velmi stručně shrnuta historie měření základního důlního bodového pole ve štole Josef, které realizovali studenti v rámci svých závěrečných prací. Měření některých z nich tvoří sadu dat, ke které je již několik let přidáváno nové měření a díky tomu je možno síť vyrovnávat jako celek, určovat případné posuny a celkově vytvořit velmi dobře provázanou síť bodů s velkým množstvím nadbytečných hodnot.

V této práci bylo použito velké množství dat a hodnot určených v závěrečných pracích zhotovených v minulosti. Nejdůležitější zdroje byly závěrečné práce uvedené v kapitolách 3.3, 3.4 a 3.5. Výše uvedené je také jeden z důvodů, proč byla vytvořena celá tato kapitola týkající se měření v minulosti. Snahou bylo čtenáři shrnout, přiblížit a uvést do souvislostí celkové měření ve štole Josef.

3.1 rok 2012

Na podnět tehdy výukového střediska Josef byla vybudována pod záštitou Fakulty stavební ČVUT v Praze síť základního polohového důlního bodového pole. V rámci dvou diplomových prací bylo provedeno prvotní zaměření tohoto základního důlního bodového pole. Obě diplomové práce byly vedeny Ing. Tomášem Jiřikovským, Ph.D.

Ing. Novotný Michal

Cílem práce bylo výškové zaměření bodů základního důlního bodového pole pro potřeby výzkumu, nové ražby a údržby díla. Při vytvoření této práce byla vytvořena (navržena a vybudována) síť bodů základního důlního výškového bodového pole, která byla připojena k České státní nivelační síti (dále jen ČSNS). Body základního důlního bodového pole byly výškově připojeny prostřednictvím

již zmíněné sítě výškových bodů, vytvořené na povrchu. Jelikož byla při měření použita metoda velmi přesné nivelace, bylo zde také nutno přihlídnout k problematice normálních Moloděnského výšek. [5]

Ing. Varyš Jan

Tato diplomová práce měla za cíl prvotní polohové zaměření základního důlního bodového pole. Zdrojem dat pro určení souřadnic ZDPBP bylo měření GNSS vně štoly a dále pak měření v polygonovém pořadu uvnitř štoly. Pro zpřesnění celého měření bylo na konci páteřní štoly měření připojeno pomocí důlní olovnice, spuštěné ve větracím komínu. Celá síť byla nakonec vyrovnána. [6]

3.2 rok 2013

Bc. Boháč Roman

Tato práce navazuje na závěrečnou práci Ing. Michala Novotného z roku 2012 a zpracovává navazující výškové měření. V tomto měření bylo provedeno připojení na body ČSNS nivelačním pořadem pomocí metody velmi přesné nivelace. Jako další krok v této práci bylo provedeno opětovné výškové zaměření ZDVBP a výškových bodů (stabilizovaných litinovými čepovými značkami). V závěru práce byly označeny body 4a a 501 jako nestabilní z důvodů častého namáhání přejížděním nákladních vozidel. [7]

Bc. Dífková Petra

Ve štole Josef se stále nachází množství starých měřických bodů, realizovaných většinou stropní stabilizací, které byly v této práci dokumentovány a byly také určeny jejich souřadnice. Jednou z hlavních částí této práce bylo pracné vyhledávání původních měřických dokumentací, důlních map a dalších pramenů, týkajících se původního důlního bodového pole. Další

částí této práce bylo zaměření nalezených bodů, jejich dokumentace a výpočet jejich souřadnic v systému JTSC. V závěrečné části práce byly zkoumány rozdíly mezi souřadnicemi nově určenými a původními a byla zkoumána domněnka, týkající se zřejmého nepoužívání délkových redukcí při původním měření. [8]

Bc. Martin Fencí

Závěrečná bakalářská práce Bc. Martina Fencle pojednává o polohovém měření základního důlního bodového pole ve štole Josef. V rámci práce bylo provedeno měření GNSS aparaturou a dále měření polygonu v páteřní štole. Hlavním jádrem práce pak bylo zpracování dat měřených, ale také dat z prvotního zaměření z roku 2012. V závěru práce byla měření označena jako velmi přesná a body ZDBP nebyly podezřelé z nestability. Za zmínku také stojí, že v této práci byl poprvé implementován souřadnicový systém S-Josef, který je v této práci využíván a jsou zde také popsány jeho výhody. [9]

3.3 rok 2014

Bc. Holíková Lucie

V této bakalářské závěrečné práci bylo provedeno měření polygonového pořadu v páteřní štole. Z měřených dat byly určeny souřadnice bodů ZDBP a porovnány se souřadnicemi určenými v minulých letech. V závěru práce bylo prohlášeno, že síť ZDBP není nestabilní. [10]

Bc. Svačinová Petra

Při měření této práce došlo k dalšímu, již třetímu výškovému připojení ZDBP štole Josef k ČSNS metodou velmi přesné nivelace. V závěru této práce je poukázáno na nesprávnost výpočtu normálních výšek z let 2012 a 2013. Dále byly body 4a, 501 a 521 označeny jako nestabilní (na což bylo poukázáno již v předchozích pracích). [11]

Bc. Vais Lukáš

Cílem této práce byla realizace zcela nového měření v oblasti ohlubně větrací šachty na konci páteřní štoly dolu Josef. Byl proveden návrh a stabilizace čtyř bodů mikrosítě na povrchu v oblasti ohlubně větrací šachty. Poloha bodů mikrosítě byla určena měřením aparaturou GNSS a to statickým měřením. Mikrosítě byla následně proměřena totální stanicí, na což navazovalo vyrovnání celé mikrosítě, která slouží pro polohové připojení na konci páteřní štoly (zejména pomocí důlní olovnice). [3]

3.4 rok 2015

Ing. Fencel Martin

V návaznosti na svou bakalářskou práci se ve své diplomové práci Ing. Martin Fencel opět věnuje bodovému poli ve štole Josef a možnostem jeho připojení a usměrnění. [12]

Bc. Velíšek Jan

Tématu analýzy přesnosti tunelového měření se Bc. Jan Velíšek věnoval ve své bakalářské práci a některá jeho měřená data byla použita při celkovém vyrovnání sítě ZDBP ve štole Josef. [13]

3.5 rok 2016

Bc. Srp Miloslav

Autor založil svou bakalářskou práci na tématu tunelového měření, které je ve štole Josef velmi dobře realizovatelné díky profilům osazeným trny pro nasazení odrazných hranolů. [14]

Ing. Vais Lukáš

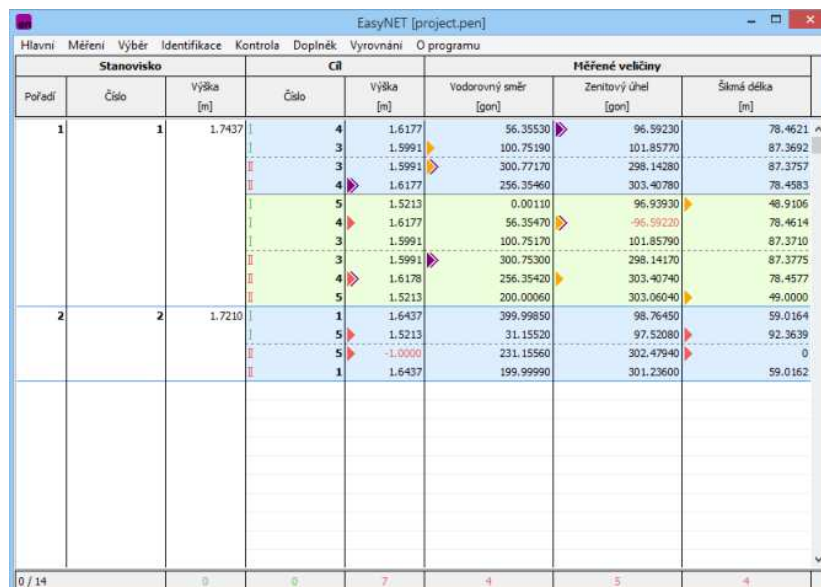
Ing. Lukáš Vais se ve své diplomové práci věnoval vybudování ZDBP v oblasti Čelina – východ, kde bylo provedeno také připojení důlní olovnice, ale také celkovému vyrovnání ZDBP ve štole Josef. [15]

Ing. Hanousek David

Posledním výškovým měřením, provedeným do této doby, bylo měření realizované v rámci diplomové práce Ing. Davida Hanouska v oblasti Čelina – východ. Nadmořské výšky bodů určené v této práci byly použity i v této práci, jelikož se jedná o data nejaktuálnější. [16]

4.2 Programové nástroje

Prvním z nástrojů pro zpracování této práce byl program EasyNET, který byl vytvořen Ing. Pavlem Třasákem, Ph.D. Jedná se o softwarovou aplikaci, sloužící ke zpracování přesných geodetických měření. Program je schopen analýzy měřických dat při vložení měření, robustního vyrovnávání s detekcí odlehklých měření a dále také grafických výstupů s vykreslením geodetických sítí s chybovými elipsami. Dalším nadstavbovým programem je EasyNET Analyser, jenž slouží ke zpracování etapových měření. Tento program umí vyhodnocovat posuny bodů mezi etapami, ale také další geometrické vztahy mezi body v síti a mezi etapami. Tento programový nástroj je skvělým pomocníkem při zpracovávání velkých souborů s měřenými daty a při vyrovnávání větších sítí, jelikož ještě před samotným vyrovnáním dokáže program odhalit velké množství odlehklých měření (z rozdílů skupin apod.). Další výhodou je grafické znázornění měřických skupin, velké množství intuitivních nastavení pro kontroly, vyrovnání a transformace a dále grafické náhledy na výsledky. [17]



EasyNET [project.pcn]							
Hlavní Měření Výběr Identifikace Kontrola Doplněk Vyrovnání O programu							
Stanovisko			Cíl		Měřené veličiny		
Pořadí	Číslo	Výška [m]	Číslo	Výška [m]	Vodorovný směr [gon]	Zenitový úhel [gon]	Šikmá délka [m]
1	1	1.7437	I 4	1.6177	56.35530	96.59230	78.4621
			I 3	1.5991	100.75190	101.85770	87.3692
			II 3	1.5991	300.77170	298.14280	87.3757
			II 4	1.6177	256.35460	303.40780	78.4583
			I 5	1.5213	0.00110	96.93930	48.9106
			I 4	1.6177	56.35470	-95.59220	78.4614
			I 3	1.5991	100.75170	101.85790	87.3710
			II 3	1.5991	300.75300	298.14170	87.3775
			II 4	1.6178	256.35420	303.40740	78.4577
			II 5	1.5213	200.00060	303.06040	49.0000
2	2	1.7210	I 1	1.6437	399.99850	98.76450	59.0164
			I 5	1.5213	31.15520	97.52080	92.3639
			II 5	-1.0000	231.15560	302.47940	0
			II 1	1.6437	199.99990	301.23600	59.0162
0 / 14		0	0	7	4	5	4

Obr. 10 – náhled zpracování měřených dat v programu EasyNET [17]

Dalším nástrojem je GaMa – local, což je volně distribuovaný a otevřený program, jenž byl vytvořen Prof. Ing. Alešem Čepkem, CSc. z katedry Geomatiky. Tento program slouží stejně jako EasyNET k vyrovnání geodetických sítí a to jak prostorových, tak i plošných (pouze Y a X), čehož bylo v této práci využito. Dalším důvodem pro využití tohoto nástroje bylo jeho využití v minulosti a tedy velká výhodnost při užití dat z minulosti [18].

```
<point id="ARC721" adj="xy"/>
<point id="ARC722" adj="xy"/>
<point id="ARC723" adj="xy"/>
<point id="ARC724" adj="xy"/>
<point id="ARC725" adj="xy"/>
<point id="ARC726" adj="xy"/>
<point id="ARC727" adj="xy"/>

<!-- MOKRSKO 2017 -->

<obs from="505">
  <direction to="506" val="0.00059" stdev="2"/>
  <distance to="506" val="677.5021" stdev="1.0"/>

  <direction to="7802" val="3.34232" stdev="2"/>
  <distance to="7802" val="39.3549" stdev="1.0"/>

  <direction to="504" val="199.42281" stdev="2"/>
  <distance to="504" val="271.0645" stdev="1.0"/>
</obs>
```

Obr. 11 – ukázka vstupního souboru pro program GaMa – local

5 Měření 2017

Jednou z hlavních částí této práce bylo samotné měření ZDBP a ostatních bodů v oblasti Mokrsko pomocí totální stanice Trimble S8 HP. Toto měření probíhalo ve dnech 24. a 25. 3. 2017. Dále bylo také provedeno nivelační měření pro ověření stability bodů 505, 506 a 524, ale také pro určení nadmořské výšky nového bodu 54, které proběhlo dne 19.4.2017.

5.1 Měřické práce v terénu

5.1.1 Polohové měření

Dne 24. 3. 2017 byly odejmuty kryty na požadovaných bodech a samotné stabilizace byly očištěny. Tento den byla také změřena osnova směrů na bodě 507 a to ve třech skupinách. Dne 25. 3. 2017 byl změřen zbytek požadovaných observací, což znamenalo měření na bodech 505 (3 sk.), 506 (5 sk.), 521 (3 sk.), 522 (3 sk.), 523 (3 sk.), 541 (3 sk.) a 4006 (5 sk.). Stativy byly centrovány a horizontovány vždy v předstihu, a to pomocí optického centrovače vysoké přesnosti Freiburger FGL-30. Na každém bodě byla měřena teplota, tlak a vlhkost a tyto hodnoty byly posléze zadány do totální stanice, která provedla redukci délek (atmosférické korekce). Při měření na každém stanovisku byl vyhotoven náčrt observace s vyznačením směrů a místopisu, dále bylo zaznamenáno pořadí směrů s údaji o typu cíle (hranol + druh/odrazná fólie), adiční konstantě a výšce cíle. Tento záznam z měření se dále ukázal jako velmi nápomocný při zpracování měření a vyrovnání sítě a je proto doporučeno ho v budoucnu používat pro podobná měření. Samotné cílení na body probíhalo dvěma způsoby. Zaprvé se buď jednalo o odrazný štítek nebo odrazný hranol ve velké vzdálenosti (více jak 600 m), kdy bylo nutno použít ruční cílení. Druhá možnost byla, že se jednalo o odrazné hranoly všech druhů v dostupné vzdálenosti (1 – cca 600 m), tehdy probíhalo cílení automatizovaně.

Automatické cílení bylo možné použít ve dvou variantách. Varianta "autolock" byla použita pro cíle v malé vzdálenosti (1 – cca 6 m). Pro cíle ve vzdálenosti větší než zmíněných přibližně 6 m bylo použito automatizované cílení s názvem "finelock", které by mělo mít vyšší přesnost než první varianta automatického cílení a byla proto snaha tuto variantu využívat přednostně. Výšky cílů a přístroje byly měřeny pomocí měřítka výšky přístroje od firmy Leica (typ GHT196), přičemž byla zaváděna oprava o změnu délky metru vlivem změny teploty. Výrobce udává použitelnost automatického cílení do vzdálenosti 800 m, což se nepodařilo při měření realizovat (na bod ve vzdálenosti přibližně 600 m bylo již nutno cílit ručně). Rozhraní pro použití metod automatického cílení "autolock" a "finelock" udává výrobce jako 20 m, což se při měření ukázalo jako nepravdivé. Hranice použitelnosti obou metod cílení byla přibližně 10 m.



Obr. 12 – ilustrační foto z měření – Mokrsko

5.1.2 Nivelace

Dne 19. 4. 2017 bylo provedeno výškové měření, které bylo provedeno metodou velmi přesné nivelace. Celé měření mělo za účel určit nadmořskou výšku nově stabilizovaného bodu 541 a také ověřit nadmořské výšky několika bodů ZDVBP. Pro měření byl použit jako referenční dokument metodiky Návod pro správu geodetických základů České republiky. [19]

Hlavní pozornost při ověřování výškové stability byla věnována bodu 501. Při měření týkající se tohoto bodu byla určena tři převýšení, kterými byla VB1 – 501, HVB2 – 501 a HVB2 – VB1. Tímto postupem bylo možno ověřit stabilitu bodu 501, ale také bodů VB1 a HVB2, které k tomu byly použity. Dalším ověřovaným bodem ZDBP byl bod 504, jehož výška byla ověřována měřením převýšení mezi ním a HVB5. Poslední měření byla vykonána v oblasti Mokrsko. Ověřovací měření bylo provedeno pro body 506 a 521, což bylo realizováno určením převýšení mezi body HVB6 – 506 a HVB6 – 521. Nakonec byla určena nadmořská výška nového bodu 541, což bylo provedeno určením převýšení HVB6 – 541.

Při měření byly použity přístroje a metodika odpovídající velmi přesné nivelaci, což mělo za cíl dosáhnout odpovídající přesnosti zvolené při minulých měřeních. Kritéria odpovídala měření v II. řádu ČSNS (České státní nivelační síť). Převýšení byla měřena vždy dvakrát, a to v obou směrech, přičemž rozdíl nesměl překročit mezní hodnotu rozdílu Δ_m^h výše zmíněné metodiky. [19]

$$\Delta_m^h = 2,25 \cdot \sqrt{R_{[km]}} \quad (5.1)$$



Obr. 13 – ilustrační foto z Nivelačního měření

5.2 Zpracování polohového měření

Surová data byla exportována do různých formátů, pro možnost lepší manipulace s daty v budoucnu. Surová data byla překontrolována a pro zpracování v programu EasyNET [17] je bylo nutno upravit. Prvním krokem bylo vytvoření průměrných hodnot z měření na počátek a uzávěr (stejný bod). Dalším krokem bylo seřazení dat, aby odpovídalo měření v řadách a skupinách, tedy aby odpovídalo schématu měření 1 2 3 .. 3 2 1. Jelikož ale tímto způsobem probíhalo měření v terénu, byl tento krok spíše realizován jako kontrola. Nakonec bylo formálně nutno doplnit znaky určující začátek a konec stanoviště a jiné. Takto upravený soubor ve formátu .asc byl načten do programu EasyNet.

4006	13,8387	1,5907	5,17442	100,86197
522	68,0852	1,5886	136,72349	99,89402
7908	2,2526	0,0000	181,93524	94,22026
6004	15,4251	0,0000	396,74703	99,46747
6004	15,4247	0,0000	196,74795	300,53393
7908	2,2529	0,0000	381,94517	305,72554
522	68,0844	1,5886	336,72415	300,10592
4006	13,8387	1,5907	205,17939	299,13690
506	11,1169	1,6962	200,01398	299,39219
/				
1	522	1,5886		
-1				
521	68,0852	1,7375	399,99990	100,10599
523	225,6389	1,6955	204,02824	99,60834
523	225,6388	1,6955	4,02650	300,39251
521	68,0852	1,7375	200,00078	299,89385
521	68,0849	1,7375	0,00003	100,10602
523	225,6390	1,6955	204,02816	99,60820
523	225,6388	1,6955	4,02652	300,39258
521	68,0846	1,7375	200,00085	299,89390
521	68,0852	1,7375	0,00005	100,10605
523	225,6386	1,6955	204,02836	99,60822
523	225,6394	1,6955	4,02671	300,39258
521	68,0851	1,7375	200,00089	299,89387
/				
1	523	1,6955		
-1				
522	225,6388	1,5886	0,00019	100,39396
7290	111,7422	0,0000	199,01944	99,22421
524	148,6679	1,6670	199,54413	99,69113
524	148,6680	1,6670	399,54497	300,30888
7290	111,7420	0,0000	399,02054	300,77579
522	225,6385	1,5886	200,00007	299,60666
522	225,6384	1,5886	0,00001	100,39396

Obr. 14 – náhled formátu dat pro vstup do programu EasyNET

Pro užití dat v programu GaMa – local byly měření ze skupin zprůměrovány a šikmé délky byly redukovány na vodorovné, neboť v programu GaMa – local [18] bylo vyrovnání provedeno pouze pro polohovou složku. Již v minulosti byla všechna měření takto využita v programu GaMa – local a bylo tedy žádoucí v tomto trendu pokračovat pro využití dat v celkovém vyrovnání.

5.2.1 Analýza měřených dat

K celkové analýze měřených dat na jaře 2017 byl použit programový nástroj Microsoft Excel z balíku kancelářských aplikací Microsoft Office (verze 2007). Měřená data byla sice analyzována programem EasyNET před a při vyrovnání geodetické sítě, ale pro podrobné zjištění jednotlivých výběrových směrodatných odchylek konkrétních měřených hodnot bylo nutno provést analýzu dat tímto způsobem [17].

Prvním krokem analýzy bylo rozřídění dat dle stanovisek, seřazení dat a uspořádání do tabulek. Dále bylo možno pro vodorovné směry určit průměry mezi polohami a průměry skupin. Díky tomu bylo pak možno určit opravy od průměru. Pro zenitové úhly probíhal postup obdobně, jen byla navíc určována indexová chyba. Pro délky byl pouze určen průměr z měření v jednotlivých polohách a skupinách a na to navazující opravy od daného průměru.

cíl	sk.	Hz [gon]	Hz _p [gon]	Hz _{sk} [gon]	v _i [mgon]	v _m [mgon]	vyhovuje	σ _{d0} [mgon]	σ _d [mgon]	cílení	σ _{d'} [mgon]
506	I	0,00000	0,00056	0,00055	-0,02	0,17	ANO	0,09	0,05	ručně	0,04
		200,00113									
	II	0,00000	0,00062		-0,08		ANO				
		200,00125									
	III	0,00000	0,00046		0,09		ANO				
		200,00091									
506-U	I	0,00008	0,00068	0,00062	-0,06	0,17	ANO	0,06	0,03	ručně	0,04
		200,00128									
	II	0,00039	0,00062		0,00		ANO				
		200,00086									
	III	0,00011	0,00057		0,06		ANO				
		200,00102									
7802	I	3,34057	3,34228	3,34232	0,04	0,17	ANO	0,04	0,02	automaticky	0,13
		203,34399									
	II	3,34099	3,34237		-0,04		ANO				
		203,34374									
	III	3,34091	3,34232		0,00		ANO				
		203,34373									
504	I	199,42397	199,42318	199,42281	-0,37	0,17	NE	0,33	0,19	automaticky	0,13
		399,42239									
	II	199,42342	199,42265		0,16		ANO				
		399,42188									
	III	199,42330	199,42259		0,22		NE				
		399,42187									

Obr. 15 – náhled zpracování měřených dat

V Obr. 15 je ilustrativně ukázáno zpracování měřených vodorovných směrů na stanovisku 505. V obrázku lze vidět rozdělení měření do jednotlivých skupin a jejich další zpracování. V následujícím textu budou popsány vzorce užití při analýze dat, přičemž pro ilustraci budou vzorce vztaženy ke zpracování vodorovných směrů ukázaných v obrázku.

Prvním výpočtem v analýze je určení průměru pro danou skupinu H_{z_p} a dále průměru ze všech skupin $H_{z_{sk}}$. Rozdílem průměru ze všech skupin a jednotlivých dílčích průměrů poloh byly určeny opravy v_i . Z oprav bylo možno určit výběrovou směrodatnou odchylku skupiny H_{z_p} , jenž je označena jako σ_{d0} .

$$\sigma_{d0} = \sqrt{\frac{[v_i \cdot v_i]}{n'}} \quad (5.2)$$

Ve vzorci (5.1) je v čitateli suma čtverců jednotlivých oprav a ve jmenovateli pak počet nadbytečných pozorování n' , tedy počet oprav n zmenšený o 1.

Obdobným způsobem je určena výběrová směrodatná odchylka celkového průměru ze skupin $H_{z_{sk}}$, jenže je označena jako σ_d .

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{[v_i \cdot v_i]}{n \cdot n'}} \quad (5.3)$$

Takto byly pro každou záměru určeny směrodatné odchylky z nichž bylo možno nakonec kvadratickým průměrem určit celkovou směrodatnou odchylku měření v celém souboru σ''_d pro vodorovné směry, zenitové úhly a šikmé vzdálenosti. Jelikož byla použita kombinace cílení automatizovaného a ručního, bylo nutno analýzu rozdělit do dvou skupin, kde se směrodatné odchylky určovaly zvlášť pro každý způsob cílení.

Tab. 1 – porovnání směrodatných odchylek z měřených dat

cílení	Hz	Z	D_{ξ}	i	
	σ_d'' [mgon]	σ_d'' [mgon]	σ_d'' [mgon]	i [mgon]	σ_i' mgon]
ručně	0,11	0,14	0,16	-0,57	0,41
automaticky	0,13	0,09	0,10	0,60	1,77
výrobce	0,15	0,15	0,8	-	-

V Tab. 1 jsou v řádcích označených "ručně" a "automaticky" shrnuty výběrové směrodatné odchylky, určené ze souboru měřených dat. Na konci těchto řádků je ještě jako doplňkový údaj vypsána průměrná indexová chyba a její směrodatná odchylka. V posledním řádku Tab. 1 jsou uvedeny hodnoty dané výrobcem. V Tab. 1 popisují určené směrodatné odchylky vnitřní přesnost.

Celkové směrodatné odchylky pro celý soubor lze testovat, zda jsou shodné, tedy přesněji, zda jsou shodné výběrové směrodatné odchylky pro automatické a ruční cílení. Testování bylo provedeno pomocí veličiny F .

$$F = \frac{\sigma_{d1}^2}{\sigma_{d2}^2} \quad (5.4)$$

Veličina F má Fischerovo rozdělení s $n_1 - 1$, resp. $n_2 - 1$ stupni volnosti. Testování bylo provedeno porovnáním veličiny F s kritickou hodnotou určenou inverzní funkcí. Hladina významnosti byla volena 5 %, ale jelikož se jedná o oboustranný test, byla kritická hodnota hledána pro hodnotu 2,5 %. Je nutno také stanovit nulovou hypotézu, která byla navržena takto: $H_0: \sigma_{d1}^2 = \sigma_{d2}^2$. Pokud testovací veličina F nepřekročila kritickou hodnotu $F_{\alpha/2}$, tedy $F < F_{\alpha/2}$, tak lze prohlásit, že nezamítáme nulovou hypotézu o shodnosti směrodatných odchylek. Pokud ale tomu bylo naopak, bylo prohlášeno, že zamítáme nulovou hypotézu a přijímáme alternativní hypotézu $H_1: \sigma_{d1}^2 \neq \sigma_{d2}^2$ o nerovnosti směrodatných odchylek. V Tab. 2 lze vidět výsledky testu.

Tab. 2 – testování shodnosti výběrových směrodatných odchylek

veličina	F	$F_{\alpha/2}$	vyhovuje
H _z	0,76	4,43	ANO
Z	2,81	4,43	ANO
D _§	2,58	4,43	ANO

Z výsledků testu lze usoudit, že výběrové směrodatné odchylky pro ruční a automatické cílení pocházejí ze stejného souboru.

Další možností, jak testovat zjištěné výběrové směrodatné odchylky souboru měření, bylo porovnávat je s hodnotou danou výrobcem, tedy s nominální hodnotou σ_{nom} . Nulová hypotéza pro tento test je stanovena jako: $H_0: \sigma_d = \sigma$. Testovacím kritériem byla veličina χ [20].

$$\chi^2 = \frac{n-1}{\sigma^2} \cdot \sigma_d^2 \quad (5.5)$$

Testovaná veličina má rozdělení chí-kvadrát opět se stupni volnosti n' . Jako u předchozího testu se jedná o oboustranný test a tudíž je při zvolené hladině významnosti 5 % počítáno kritérium pro hodnotu 2,5 %. Pokud by platilo, že $\chi^2 < \chi^2_{1-\alpha/2}$ nebo $\chi^2 > \chi^2_{\alpha/2}$, potom zamítáme nulovou hypotézu a přijímáme alternativní hypotézu. Výsledky testů jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3 – testování nominálních a výběrových směrodatných odchylek

hodnota	Hz	Z	D _ξ
z měření	0,12	0,12	0,13
nominální	0,15	0,15	0,8
n'	16	16	16
χ^2	10,29	9,42	0,44
$\chi^2_{1-\alpha/2}$	6,91	6,91	6,91
$\chi^2_{\alpha/2}$	28,85	28,85	28,85
vyhovuje	ANO	ANO	NE

Z výsledků testů lze vyvodit závěr, že měření, respektive výběrové směrodatné odchylky určené z měření odpovídají hodnotám daným výrobcem pro vodorovné směry a zenitové úhly. U délek zamítáme nulovou hypotézu a lze soudit, že měření dosáhlo vyšší přesnosti, což lze vysvětlit dvěma způsoby. Zaprvé se jedná o měření v konstantních podmínkách s téměř neměnnými atmosférickými parametry, a tudíž se jedná o téměř ideální prostředí pro měření. Za druhé se zde jedná pouze o analýzu dat vždy na jednom stanovisku, tedy hodnocení délky měřené z jednoho stanoviska několikrát

za sebou, což vypovídá pouze o vnitřní přesnosti měření. K posouzení vnější přesnosti je nutno analyzovat protisměrná měření, čemuž se věnuje následující část.

5.2.2 Testování protisměrných měření

Před samotným testováním protisměrně měřených veličin bylo nutno posoudit vnitřní přesnost ve skupině, což bylo realizováno testováním oprav od průměru skupiny. Tento test je nazván Pearson-Sekharův test [20].

$$v_m = K_G(\alpha, n) \cdot \sigma_{d0} \quad (5.6)$$

Mezní oprava je dána součinem kritické hodnoty K_G , která je dána tabulkou a výběrovou směrodatnou odchylkou jednoho měření σ_{d0} .

Tab. 4 – tabulka kritických hodnot [20]

α	n						
	3	4	5	6	7	8	10
5%	1,15	1,48	1,72	1,89	2,02	0,13	2,29
1%	1,15	1,5	1,76	1,97	2,14	2,27	2,48

Hodnoty oprav, které překročily mezní hodnotu byly označeny jako podezřelé, ale nebyly ihned vyloučeny z výpočtu, pouze jim při vyrovnání byla udělena jiná váha.

Protisměrně měřené veličiny (délky a zenitové úhly) byly testovány mezním rozdílem, jenž se řídí dle zákona hromadění chyb a směrodatných odchylek. Mezní rozdíl Δ_m je vypočten jako součin směrodatné odchylky rozdílu a koeficientu spolehlivosti U_p (volen 2 při použití hladiny významnosti 5%). Směrodatná odchylka rozdílu je vypočtena dle výše zmíněného zákona hromadění chyb a směrodatných odchylek.

$$\Delta_m = U_p \cdot \sigma_\Delta \quad (5.7)$$

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (5.8)$$

Směrodatné odchytky σ_1 a σ_2 , byly určeny z nominální hodnoty dané výrobcem a to dle vztahu (5.9). Hodnota nominální směrodatné odchytky je uvedena v Tab. 1 a je to 0,8 mm + 1 ppm (v konkrétních podmínkách v dole, tedy při nejdelší měřené délce 677,6 m, byla uvažována pouze konstantní část nominální směrodatné odchytky).

$$\sigma_i^2 = \frac{\sigma_{nom}^2}{poč. sk} \quad (5.9)$$

Tab. 5 – testování protisměrně měřených délek

spojnice	Tam [m]	Zpět [m]	Δ [mm]	Δ_M [mm]	test
505-506	677,6060	677,6077	1,7	1,3	NE
506-507	121,2759	121,2755	0,4	1,2	ANO
506-521	11,1168	11,1171	0,3	1,2	ANO
506-4006	2,9027	2,9026	0,1	1,0	ANO
507-4006	124,1189	124,1188	0,1	1,2	ANO
541-4006	21,5645	21,5639	0,6	1,2	ANO
521-522	68,0850	68,0850	0,0	1,3	ANO
522-523	225,6389	225,6385	0,5	1,3	ANO
523-524	148,6681	148,6680	0,0	1,3	ANO

V Tab. 5 jsou uvedeny výsledky testování rozdílů protisměrně měřených šikmých délek, kde lze vidět, že pouze při měření mezi body 505 a 506 byla překročena mezní hodnota rozdílů. Při bližším pohledu na hodnoty lze zjistit, že rozdíl délky měřené tam a zpět je 1,7 mm při měřené délce 667,606 m, tudíž lze pro tuto délku počítat s horší přesností měření než u ostatních délek, které jsou většinou

v řádech desítek metrů. Překročení mezního rozdílu o 0,4 mm lze tedy s určitou opatrností přejít.

Při dalším testování protisměrně měřených délek bylo postupováno obdobně, přičemž byl posuzován rozdíl součtu protisměrně měřených zenitových úhlů od hodnoty 200 gon, která vychází z geometrického principu měření. Ještě bylo nutno ke zmiňované hodnotě 200 gon přičíst u všech délek nad 200 m hodnotu odpovídající sbíhavosti tížnic.

Tab. 6 – test protisměrně měřených zenitových úhlů

spojnice	Tam [gon]	Zpět [gon]	suma [gon]	Δ [mgon]	Δ_M [mgon]	test
505-506	99,6819	100,3232	200,0051	1,7	4,1	ANO
506-507	99,5289	100,4714	200,0003	0,3	4,1	ANO
506-521	99,3933	100,6064	199,9997	0,3	4,1	ANO
506-4006	101,8013	98,2071	200,0083	8,3	4,1	NE
507-4006	100,5028	99,4976	200,0004	0,4	4,1	ANO
541-4006	100,2829	99,7165	199,9993	0,7	4,1	ANO
521-522	99,8941	100,1061	200,0001	0,1	4,1	ANO
522-523	99,6078	100,3937	200,0015	0,7	4,1	ANO
523-524	99,6915	100,3101	200,0016	1,6	4,1	ANO

Z Tab. 6 lze vidět, že požadované kritérium nesplnilo pouze měření mezi body 506 a 4006, kde je ovšem délka mezi body 2,9 m a tedy je rozdíl v řádech jednotek mgon zanedbatelný, neboť bylo při tomto cílení použito také automatizovaného cílení, které má na tuto vzdálenost horší přesnost. Při přepočtu rozdílu 8,3 mgon (pro výše zmíněnou spojnici) na délku oblouku při délce 2,9 m zjistíme, že se jedná o 0,4 mm (délka na oblouku vytnutá tímto úhlem při poloměru 2,9 m). Touto úvahou bylo dosaženo závěru, že překročení mezní hodnoty na spojnici 506 – 4006 nebude považováno za nějak alarmující a hodnoty zenitových úhlů budou užity při vyrovnání.

Z rozdílů protisměrných měření lze vypočítat vnější přesnost měření, která je také počítána programem EasyNET [17] a tyto hodnoty lze tedy porovnat.

Rozdíl je dán odlišnou metodikou výpočtu. EasyNET používá komplexní analýzy kde jsou zohledněny mnohé faktory, přičemž v této práci bylo užito jednoduchých výběrových směrodatných odchylek.

Tab. 7 – vnější přesnost měření

hodnota	ručně	EasyNET
σ_z^{vn} [mgon]	2,06	1,74
$\sigma_{Dš}^{vn}$ [mgon]	0,46	0,5

5.2.3 Testování dle vyhlášky č. 435/1992 Sb.

Dalším kritériem pro naměřená data bylo porovnání dosažených výsledků s mezními hodnotami danými vyhláškou č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. [4]

První testované kritérium je mezní rozdíl délek protisměrně měřených. V příloze č.1 vyhlášky 435/1992 Sb., konkrétně v kapitole 3.4, je uvedeno, že při použití dálkoměru nesmí střední relativní chyba měřené délky překročit hodnotu danou následující tabulkou.

Tab. 8 – kritéria pro rozdíl protisměrně měřených délek dle vyhl. č. 435/1992 Sb. [4]

měření	kritérium	mezní hodnota pro 100 m [mm]
velmi přesné	1 : 18 000	5,6
přesné	1 : 14 000	7,1
technické	1 : 10 000	10,0

Jelikož bylo na začátku ustanoveno, že bude snaha o dosažení co nejvyšší přesnosti při měření i výpočtech, bylo použito nejpřísnější kritérium pro velmi přesné práce.

Tab. 9 – test protisměrně měřených délek dle vyhlášky 435/1992 Sb. [4]

spojnice	Tam [m]	Zpět [m]	Δ [mm]	Δ_M [mm]	test
505-506	677,6060	677,6077	1,7	37,6	ANO
506-507	121,2759	121,2755	0,4	6,7	ANO
506-521	11,1168	11,1171	0,3	0,6	ANO
506-4006	2,9027	2,9026	0,1	0,2	ANO
507-4006	124,1189	124,1188	0,1	6,9	ANO
541-4006	21,5645	21,5639	0,6	1,2	ANO
521-522	68,0850	68,0850	0,0	3,8	ANO
522-523	225,6389	225,6385	0,5	12,5	ANO
523-524	148,6681	148,6680	0,0	8,3	ANO

Další kritérium pro testování měřených dat se týkalo mezního uzávěru při měření vodorovných směrů. V příloze č.1 vyhlášky 435/1992 Sb., konkrétně v kapitole 2.1, je uvedeno, že měření vrcholových úhlů v důlních polygonových pořadech by mělo být měřeno alespoň v jedné skupině, přičemž mezní povolená odchylka v uzávěru skupiny je uvedena pro různé druhy měření v následující tabulce.

Tab. 10 – kritéria pro uzávěry dle vyhlášky č.435/1992 Sb. [4]

měření	Uvp	
	["]	[mgon]
velmi přesné	5	1,54
přesné	10	3,09
technické	30	9,26

Opět bylo zvoleno nejpřísnější kritérium, tudíž uzávěr v žádné skupině nesměl překročit hodnotu $\pm 1,54$ mgon. Test všech uzávěrů ve všech skupinách je dokumentován níže.

Tab. 11 – test měřených uzávěrů dle vyhlášky 435/1992 Sb. [4]

st.	uzávěr měřený [mgon]					mezní uzávěr [mgon]	test				
	I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V
505	0,12	0,00	0,11	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
506	0,21	0,11	0,03	-0,02	0,13	1,54	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
507	-0,05	0,04	0,09	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
521	0,67	-0,01	0,03	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
522	0,04	0,04	0,01	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
523	0,23	0,00	-0,02	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
524	0,03	0,01	-0,03	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
541	-0,03	-0,02	0,12	-	-	1,54	ANO	ANO	ANO	-	-
4006	0,13	0,02	0,14	-0,14	0,12	1,54	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO

5.2.4 Redukce délek

Vyrovnaní sítě ZDBP bylo provedeno ve dvou verzích. První verzí je vyrovnaní v systému S-Josef, jenž je souřadnicový systém se souhlasným natočením os jaký má S-JTSK, ale s vložením souřadnic $Y = 5000$ m a $X = 10\,000$ m do bodu 501. Tento systém je používán z důvodu nulových matematických redukcí. Měřené délky se v tomto systému tedy redukují atmosférickými korekcemi. Redukce délky do nulového horizontu a redukce ze zobrazení se nepoužívá. Tento postup resp. tento souřadnicový systém je používán pro velkou výhodu, která vyplývá z předešlého textu, kterou je zachování skutečného rozměru sítě. Tedy vzdálenost určena ze souřadnic v tomto systému by měla odpovídat přesně délce (vodorovné) měřené dálkoměrem (se zavedením atmosférických korekcí), což je velmi žádané v oboru inženýrské geodézie a stavitelství.

V druhém výpočtu je použit státní souřadnicový systém JTSK, v kterém je nutno matematické redukce uplatnit. Po převedení šikmé délky na vodorovnou je nutno délku d redukovat do nulového horizontu, čímž získáme délku S_0 .

$$S_0 = d \cdot \frac{R}{R + H} \quad (5.10)$$

Do vzorce (5.9) vstupují kromě vodorovné délky určené měřením také hodnoty poloměru země označené R a průměrná nadmořská výška mezi koncovými body označená H . Dalším krokem je redukce délky do zobrazení, tedy určení délky S_{JTSK} přímo v zobrazovací rovině S-JTSK.

$$S_{JTSK} = S_0 \cdot m_{JTSK} \quad (5.11)$$

$$m_{JTSK} = 0,9999 + 1,22822 \cdot 10^{-14} \cdot \Delta R^2 - 3,154 \cdot 10^{-21} \cdot \Delta R^3 + \quad (5.12)$$

$$+ 1,848 \cdot 10^{-27} \cdot \Delta R^4 \cdot 10^{-33} \cdot \Delta R^5 \quad (5.13)$$

$$\Delta R = \sqrt{y^2 + x^2} - 1\,298\,039 \text{ m} \quad (5.14)$$

Redukci délky ze zobrazení lze jednoduše vyjádřit součinem délky v nulovém horizontu S_0 a čísla m_r , které má měřítkový charakter.

Pro jednoduchost, jednoznačnost a efektivitu byly všechny redukce délky zakomponovány do jednoho čísla m_r , které má měřítkový charakter a stačilo jím tedy měřené délky pouze vynásobit.

$$S_{JTSK} = d \cdot \frac{R}{R + H} \cdot m_{JTSK} = d \cdot m \quad (5.15)$$

$$m_r = 0,999859116824$$

Ve vztahu (5.15) je uveden postup pro výpočet celkového redukčního koeficientu m_r . Pro výpočet koeficientu byly jako vstupní hodnoty souřadnic a nadmořské výšky zvoleny hodnoty určené jako průměr mezi body 501 a 507,

kteří jsou na začátku a na konci páteřního polygonového pořadu. Použité souřadnice a nadmořská výška tedy jsou $Y = 753\,486,482$ m, $X = 1\,080\,721,762$ m a $H = 290,318$ m. Výsledná hodnota je uvedena ve vztahu (5.15).

5.3 Zpracování nivelačního měření

Tab. 12 – měřená převýšení

nivelační oddíl	převýšení		R [m]	Δ^h [mm]	Δ_m^h [mm]	vyhovuje
	tam [m]	zpět [m]				
VB1 - 501	-1,19656	1,1966	26,4	0,04	0,37	ANO
501 - HVB2	0,60671	-0,60675	35,9	0,04	0,43	ANO
HVB2 - VB1	0,58987	-0,58979	38,0	0,08	0,44	ANO
504 - HVB5	0,40059	-0,4006	4,9	0,01	0,16	ANO
HVB6 - 506	-0,19166	0,19168	10,7	0,02	0,23	ANO
HVB6 - 521	-0,12773	0,12778	30,0	0,05	0,39	ANO
HVB6 - 541	-0,12689	0,12688	19,4	0,01	0,31	ANO

V terénu bylo měření kontrolováno pomocí rozdílu mezi měřením tam a zpět. Mezní rozdíl Δ_m^h byl dán metodikou pro velmi přesnou nivelaci.

$$\Delta_m^h = 2,25 \cdot \sqrt{R_{[km]}} \quad (5.16)$$

Měřená převýšení bylo nutno před samotným výpočtem opravit o vliv teplotní roztažnosti laťového/invarového pásku a také o hodnotu určenou při kalibraci. Měřená data přímo v terénu jsou uvedena v Tab. 12. Pro opravu čtení na lati byl použit postup uvedený v diplomové práci Ing. Davida Hanouska [16], kde jsou opravovány až výsledná převýšení a ne přímo jednotlivá čtení na lati.

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha + \beta \cdot (t - t_0)) \quad (5.17)$$

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

Tab. 13 – opravy měřených převýšení

nivelační oddíl	převýšení		měřítka opravy	opravené převýšení		průměr [m]
	tam [m]	zpět [m]		tam [m]	zpět [m]	
VB1 - 501	-1,19656	1,1966	0,999970	-1,19652	1,19656	-1,19654
501 - HVB2	0,60671	-0,60675	0,999970	0,60669	-0,60673	0,60671
HVB2 - VB1	0,58987	-0,58979	0,999970	0,58985	-0,58977	0,58981
504 - HVB5	0,40059	-0,4006	0,999976	0,40058	-0,40059	0,40059
HVB6 - 506	-0,19166	0,19168	0,999976	-0,19166	0,19168	-0,19167
HVB6 - 521	-0,12773	0,12778	0,999976	-0,12773	0,12778	-0,12775
HVB6 - 541	-0,12689	0,12688	0,999975	-0,12689	0,12688	-0,12688

Z rozdílů měření tam a zpět lze určit jednotkovou kilometrovou směrodatnou odchylku obousměrné nivelace. Výpočet této hodnoty je uveden i s výsledkem v následujícím vztahu.

$$m_0^h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_R} \cdot \sum \frac{\Delta_h^2}{R}} = 0,12 \text{ mm} \quad (5.18)$$

- kde: n_R počet nivelačních oddílů
 Δ_h rozdíl tam a zpět
 R délka nivelačního pořadu [km]

Pro VPN II. řádu by hodnota m_0^h neměla přesáhnout hodnotu vypočtenou v následujícím vztahu. Vstupní hodnotou do vztahu je stejně jako výše počet nivelačních oddílů.

$$\bar{m}_0^h = 0,45 + \frac{0,8}{\sqrt{n_R}} = 0,75\text{mm} \quad (5.19)$$

Hodnota určená z měření je mnohem menší než mezní hodnota daná pro zvolenou přesnost měření. Tím je znovu dokázáno, že byla dodržena požadovaná přesnost měření. Je nutno ale také přihlídnout k tomu, že se jedná o malý soubor měření a tudíž nemá směrodatná odchylka určená z něj velkou vypovídající schopnost.

Jelikož se jedná o měření velmi přesné nivelace, je uvažovat také vliv normálních výšek. Pro zjednodušení byly pro převýšení VB1 – 501, 501 – HVB2 a HVB2 – VB1 převzaty přímo z diplomové práce Ing. Davida Hanouska, jelikož měřil přesně ta samá převýšení [16]. U ostatních převýšení nebyly tyto opravy uvažovány, jelikož přímé spojnice mezi body nepřesáhly délku 30m a u měření v podzemních prostorách štoly Josef se tato oprava nezavádí.

Tab. 14 – oprava převýšení o vliv normálních výšek

nivelační oddíl	dh _{měř} [m]	KΔg [mm]	dh _o [m]
VB1 - 501	-1,19654	-0,036	-1,19658
501 - HVB2	0,60671	0,018	0,60673
HVB2 - VB1	0,58981	0,018	0,58983
504 - HVB5	0,40059	-	0,40059
HVB6 - 506	-0,19167	-	-0,19167
HVB6 - 521	-0,12775	-	-0,12775
HVB6 - 541	-0,12688	-	-0,12688

Pro ověření správnosti měření a stability sítě byla měřená a opravená převýšení porovnána s převýšeními z let 2016, 2015 a 2014. Měření z let 2016

a 2015 pocházejí z diplomové práce Ing. Davida Hanouska [16]. Převýšení z roku 2014 byla převzata z bakalářské práce Bc. Petry Svačinové [11]. Přebírání ze dvou prací je zdůvodněno tím, že v letech 2016 a 2015 nebyla měřena všechna převýšení a proto bylo nutno čerpat ze starších měření, která požadovaná převýšení zahrnovala. Bohužel převýšení přímo mezi body HVB6 a 521 nebylo dříve měřeno, tudíž byl použit součet měřených převýšení mezi body HVB6 – 506 a 506 – 521.

$$\Delta_m^e = 2 + 2,25 \sqrt{R_{[km]}} \quad (5.20)$$

Z Tab. 15 lze soudit, že měření nevykazují výrazný rozdíl od měření z minulosti. V minulosti byly body 501 a 521 označeny jako nestabilní a kvůli tomu je silně doporučeno je dále sledovat a provádět kontrolní měření, i přestože se nyní neprokázal jejich svislý posun.

Tab. 15 – porovnání měřených převýšení

nivelační oddíl	dh 2017 [m]	dh - 2016 [m]	dh - 2015 [m]	dh - 2014 [m]	Δ_{17-16} [mm]	Δ_{17-15} [mm]	Δ_{17-14} [mm]	Δ_m^e [mm]
VB1 - 501	-1,19658	-1,19589	-1,19496	-	-0,69	-1,62	-	2,37
501 - HVB2	0,60673	0,60630	0,60532	-	0,43	1,41	-	2,43
HVB2 - VB1	0,58983	0,58965	0,58933	-	0,18	0,50	-	2,44
504 - HVB5	0,40059	-	-	0,40051	-	-	0,08	2,16
HVB6 - 506	-0,19167	-	-	-0,19153	-	-	-0,14	2,23
HVB6 - 521	-0,12775	-	-	-0,12631	-	-	-1,44	2,39
HVB6 - 541	-0,12688	-	-	-	-	-	-	-

Po úspěšném testování převýšení mohly být vypočítány nadmořské výšky pozorovaných bodů ZDBP. Jako výchozí body byly brány body VB1, HVB2, HVB5 a HVB6. Výšky těchto bodů byly přebrány z diplomové práce Ing. Davida Hanouska jakožto nejaktuálnější hodnoty [16]. U bodu 501 byla nadmořská výška určena jako průměr ze dvou měření.

Tab. 16 – nadmořské výšky vztažných bodů [16]

bod	H ₂₀₁₆ (Bpv) [m]
VB1	285,7430
HVB2	285,1540
HVB5	289,8530
HVB6	295,3910

Tab. 17 – určené nadmořské výšky pozorovaných bodů

bod	z bodu	H (Bpv) [m]	H _p (Bpv) [m]
501	VB1	284,5464	284,5468
501	HVB2	284,5473	
504	HVB5	289,4524	289,4524
506	HVB6	295,1993	295,1993
521	HVB6	295,2632	295,2632
541	HVB6	295,2641	295,2641

Jako poslední krok bylo provedeno ještě porovnání nadmořských výšek určených v rámci této práce a nadmořských výšek z roku 2016, což je shrnuto v Tab. 18.

Pro představu o dodržení, či nedodržení mezních hodnot rozdílu bylo nutno určit směrodatné odchylky nadmořských výšek uvedených bodů. Hodnocení dosažené přesnosti nivelačního měření je prováděno analýzou měřených převýšení a ne nadmořských výšek. Bylo tedy nutno určit směrodatné odchylky nadmořských výšek pomocí zákona hromadění směrodatných odchylek a to následujícím postupem. Celé ZDVBP je v zásadě volným nivelačním pořadem začínajícím u vstupního portálu. Pro nivelační měření ve štole Josef jsou použity zásady a metodika odpovídající měření v II. řádu ČSNS [19]. Pro zmíněná měření je dána mezní hodnota střední kilometrové chyby obousměrné nivelace, která je uvedena ve vztahu (5.19). Z mezní hodnoty je možno vydělením koeficientem spolehlivosti ($U_p = 2$) určit směrodatnou odchylku pro jeden kilometr obousměrného nivelačního pořadu viz. vztah (5.21).

$$\sigma_0^h = \frac{\bar{m}_0^h}{U_p} = 0,38 \text{ mm} \quad (5.21)$$

Pokud jsou známé délky nivelačních pořadů od bodů VB1 a HVB2 (portál štoly), které bereme nyní jako bezchybné (samozřejmě bezchybné nejsou, ale jsou zde počátkem zmiňovaného volného nivelačního pořadu), můžeme určit směrodatnou odchylku převýšení od počátku pořadu po konkrétní bod. Tento výpočet je uveden ve vztahu (5.22). Takto určená směrodatná odchylka převýšení je rovna směrodatné odchylce nadmořské výšky daného bodu (uvažujeme směrodatnou odchylku bodů VB1 a HVB2 jako nulovou). Jednoduchou aplikací zákona hromadění směrodatných odchylek (vynásobení druhou odmocninou dvou a koeficientem spolehlivosti) lze vypočíst mezní hodnotu rozdílu dvou nadmořských výšek (5.23).

$$\sigma_{Ri}^h = \sigma_0^h \cdot R_{[km]}^i \quad (5.22)$$

$$\Delta_m^{Hi} = U_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{Ri}^h \quad (5.23)$$

Tab. 18 – porovnání nadmořských výšek 2017-2016

bod	H (Bpv)		Δ_H [mm]	Δ_m^{Hi} [mm]
	2017 [m]	2016 [m]		
501	284,547	284,547	-0,2	0,03
504	289,452	289,452	0,4	0,79
506	295,199	295,200	-0,7	1,81
521	295,263	295,265	-1,8	1,81
541	295,264	-	-	-

Z výsledků lze zhodnotit, že body 504, 506 a 521 nejsou podezřelé z poklesů. Bod 501 je dle tohoto testu podezřelý z poklesů, což potvrzuje závěry z minulých let, které taktéž tento bod označují jako podezřelý z nestability.

6 Vyrovnání sítě

V této kapitole bude celkově popsáno vyrovnání sítě bodů ZDBP a ostatních bodů. Nejdříve bude popsáno vyrovnání lokální pro měření realizované na jaře 2017 a po té celkové vyrovnání celé sítě se všemi daty.

6.1 Vyrovnání lokální – Mokrsko

Na rozdíl od celkového vyrovnání bude v této kapitole síť vyrovnávána jako prostorová, což je podle mého názoru mnohem sofistikovanější a komplexnější způsob, kdy lze odhalit nepřesnosti v jednotlivých veličinách (zenitový úhel a šikmá délka). V celkovém vyrovnání je síť vyrovnávána jako polohová a jsou používány pouze vodorovné délky, do jejichž výpočtu vstupují nepřesnosti zenitového úhlu a šikmé délky a v případě, že jedna z těchto veličin je chybně měřena, tak je výsledná vodorovná délka chybná a bude znehodnocena.

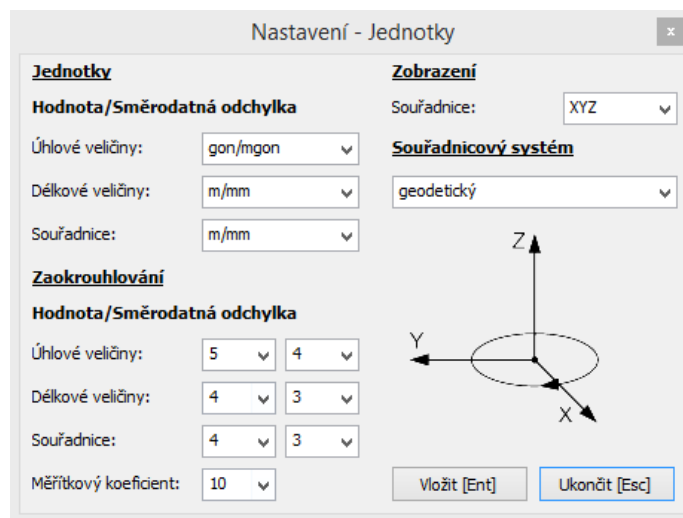
6.1.1 EasyNet

EasyNET je program pro robustní vyrovnání prostorových sítí, vyvíjený Ing. Pavlem Třasákem, Ph.D. na katedře speciální geodézie. Tato aplikace má na rozdíl od programu GaMa – local výhodu grafického uživatelského rozhraní a navíc obsahuje celkový rozbor a robustní analýzu měření před vyrovnáním. Do tohoto programu lze zadávat opakovaná měření ve skupinách a pak jim i jednotlivě přidělovat určité specifické směrodatné odchylky (a tím měnit jejich váhu při vyrovnání) při odhalení nesrovnalostí. Celkový postup vyrovnání v programu EasyNET je tvořen následujícími kroky a procesy [17].

- **spuštění a nastavení programu**

Po zapnutí samotného programu EasyNET je nutno před samotným načtením dat provést nastavení programu. Prvním elementární nastavení

se týká jednotek, kde je možnost nastavit jednotky úhlových a délkových jednotek, ale také souřadnic, s čímž je spojen také počet desetinných míst užitých při zaokrouhlování. Poslední nastavení v tomto oddílu se týká nastavení posloupnosti souřadnic (XYZ /YXZ) a souřadnicových os, tedy zda se bude jednat o geodetický nebo matematický systém.



Obr. 16 – nastavení programu EasyNET – jednotky

V dalším dialogu nastavení je uživateli poskytnuta možnost určit mezní hodnoty rozdílů mezi polohami, skupinami, protisměrně měřenými a mezi měřeními mezi body sítě. Toto nastavení slouží k pozdějšímu označení nevyhovujících hodnot a tím upozornění uživatele na případné chybné hodnoty měření.

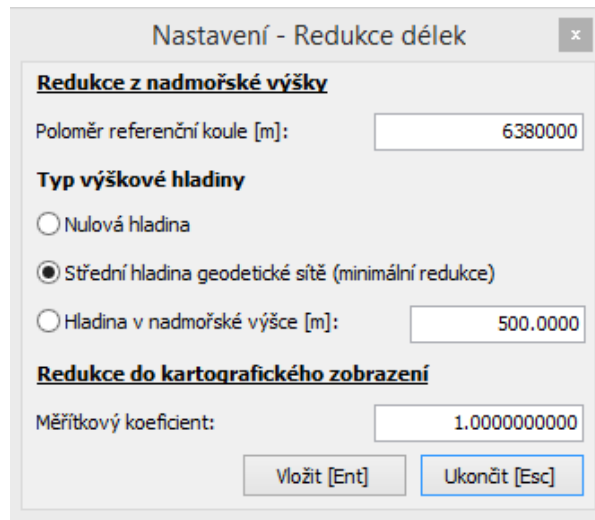
Nastavení - Kontrola

Mezní rozdíly měřených veličin

Rozdíl poloh dalekohledu		Rozdíl mezi body sítě	
Vodorovný směr [gon]:	<input type="text" value="0.05000"/>	Šikmá délka [m]:	<input type="text" value="0.0050"/>
Zenitový úhel [gon]:	<input type="text" value="0.05500"/>	Směrník [gon]:	<input type="text" value="0.05000"/>
Šikmá délka [m]:	<input type="text" value="0.0030"/>	Převýšení [m]:	<input type="text" value="0.1000"/>
Rozdíl skupin		Svislé provažování [m]:	<input type="text" value="0.1000"/>
Vodorovný směr [gon]:	<input type="text" value="0.00400"/>	Maximální hodnoty měřených veličin	
Zenitový úhel [gon]:	<input type="text" value="0.00330"/>	Šikmá délka [m]:	<input type="text" value="2000.0000"/>
Šikmá délka [m]:	<input type="text" value="0.0015"/>	Výška stanoviška [m]:	<input type="text" value="2.0000"/>
Rozdíl protisměrných hodnot		Výška cíle [m]:	<input type="text" value="2.0000"/>
Vodorovný směr [gon]:	<input type="text" value="0.00100"/>	Převýšení [m]:	<input type="text" value="100.0000"/>
Zenitový úhel [gon]:	<input type="text" value="0.00100"/>		
Šikmá délka [m]:	<input type="text" value="0.0010"/>		

Obr. 17 – nastavení programu EasyNET – kontrola

Další a velmi důležité nastavení se týká redukce délek. Zde je kromě možnosti nastavení poloměru referenční koule a měřítkového koeficientu kartografického zobrazení také možnost nastavení druhu redukce. Buď je možnost redukovat délky do nulové hladiny, což je výhodné při automatizovaném použití v systému JTSK, nebo do hladiny v zadané výšce. Nejužitečnější je ale možnost redukce do střední hladiny sítě, což znamená, že se proloží body sítě hladina (v průměrné výšce) do níž se budou délky redukovat, což znamená, že délky budou ovlivněny minimálně. Tato možnost je velmi užitečná při vyrovnání lokálních sítí v inženýrské geodézii s velmi vysokou přesností, kde je požadavek, aby délka mezi vyrovnanými body sítě odpovídala reálné vzdálenosti mezi body, a ne vzdálenosti v určitém kartografickém zobrazení. Při tomto vyrovnání byla využita poslední možnost, jelikož délky byly redukovány před samotným vložením do prostředí aplikace EasyNET.



Nastavení - Redukce délek

Redukce z nadmořské výšky

Poloměr referenční koule [m]:

Typ výškové hladiny

Nulová hladina

Střední hladina geodetické sítě (minimální redukce)

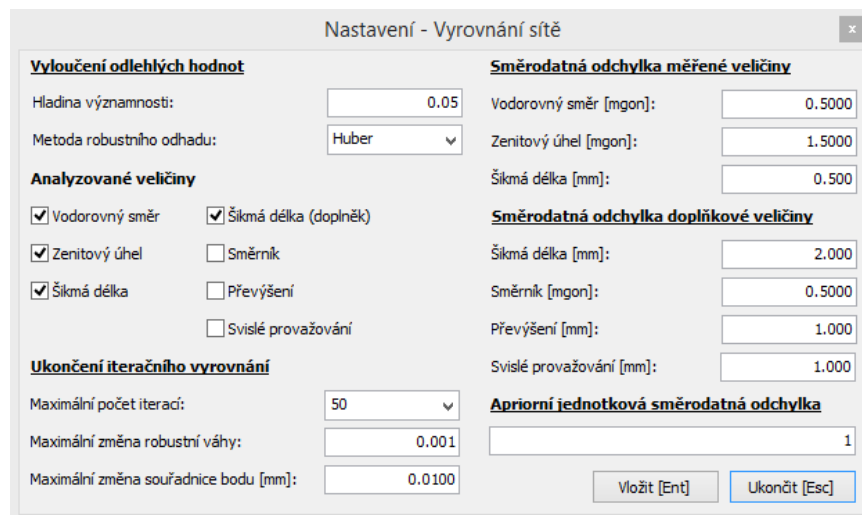
Hladina v nadmořské výšce [m]:

Redukce do kartografického zobrazení

Měřitkový koeficient:

Obr. 18 – nastavení programu EasyNET – redukce délek

Zřejmě stěžejním je nastavení samotného vyrovnání sítě. Zde je možnost určení hladiny významnosti a metody robustního odhadu, které velmi ovlivňují metodiku a rozpoznání odlehlých měření. Další nastavení se týkají volby analyzovaných veličiny a určení jejich směrodatných odchylek. Je zde také volba hodnoty apriorní jednotkové směrodatné odchylky, jenž bývá volena jako 1.



Nastavení - Vyrovnání sítě

Vyloučení odlehlých hodnot

Hladina významnosti:

Metoda robustního odhadu:

Analyzované veličiny

Vodorovný směr Šikmá délka (doplněk)

Zenitový úhel Směrník

Šikmá délka Převýšení

Svislé provažování

Ukončení iteračního vyrovnání

Maximální počet iterací:

Maximální změna robustní váhy:

Maximální změna souřadnice bodu [mm]:

Směrodatná odchylka měřené veličiny

Vodorovný směr [mgon]:

Zenitový úhel [mgon]:

Šikmá délka [mm]:

Směrodatná odchylka doplňkové veličiny

Šikmá délka [mm]:

Směrník [mgon]:

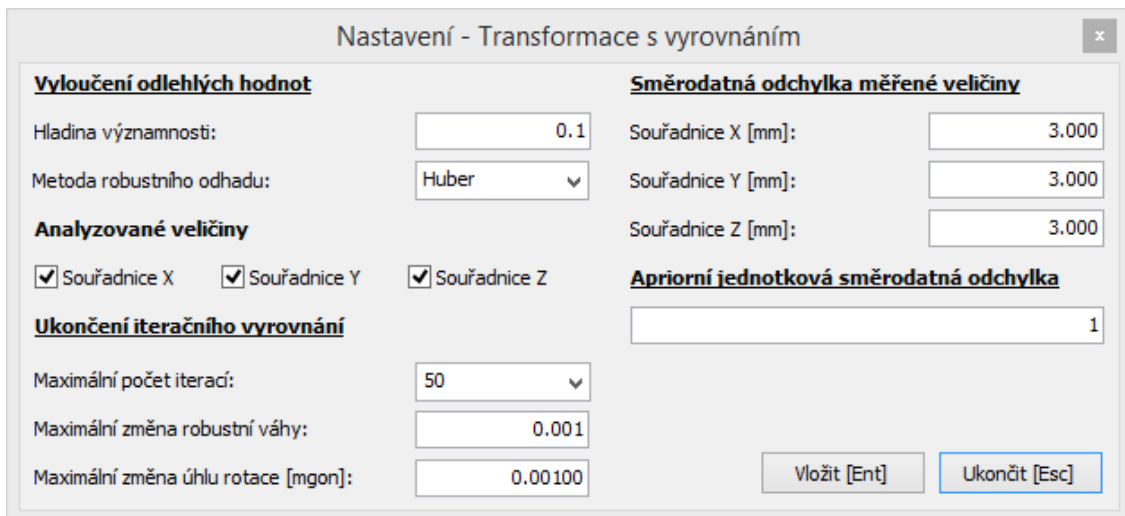
Převýšení [mm]:

Svislé provažování [mm]:

Apriorní jednotková směrodatná odchylka

Obr. 19 – nastavení programu EasyNET – vyrovnání sítě

Po vyrovnání sítě je v programu možnost transformace, čehož se týká předposlední nastavení. V mnohých ohledech se jedná o podobné nastavení jako pro vyrovnání sítě, neboť se jedná o transformaci s vyrovnáním s robustním odhadem odlehlých hodnot. Je zde také související volba apriorních směrodatných odchylek souřadnic.



Obr. 20 – nastavení programu EasyNET – transformace

Další nastavení programu je spíše doplňkové a informační.

- **načtení měření**

V hlavním menu je možnost načtení měřených dat, což je možné ve formátech *.asc a *.mtx. Velmi praktické je použití formátu *.asc, jenž je možný exportovat přímo z totálních stanic někdy pod označením "MAPA 2".

h	507	1,6936		
-1				
506	121,2581144	1,6962	399,99994	100,471915
7901	64,7765 0,0000	1,15147	99,65194	
7905	13,7056 0,0000	197,43537		97,62235
6005	14,4833 0,0000	197,43573		98,29506
6006	3,4366 0,0000	261,71793		97,97596
7906	25,9355 0,0000	299,57534		98,21587
7907	28,2194 0,0000	305,72002		98,18605
6007	28,2524 0,0000	305,97240		99,49842
6008	4,9628 0,0000	337,89332		100,21501
4006	124,1012	1,5907	399,69821	100,5033
4006	124,1016	1,5907	199,69795	299,49729
6008	4,9644 0,0000	137,89256		299,78524
6007	28,2519 0,0000	105,97241		300,50131
7907	28,2197 0,0000	105,72273		301,81282
7906	25,9359 0,0000	99,58074		301,78379
6006	3,4376 0,0000	61,71789		302,02504
6005	14,4837 0,0000	397,43662		301,70485
7905	13,7059 0,0000	397,44521		302,37628
7901	64,7766 0,0000	201,15138		300,34781
506	121,2586643	1,6962	199,999875	299,528675

Obr. 21 – ukázka vstupního souboru pro program EasyNET

- **zpracování dat**

Po načtení dat je možnost detekce měřických skupin, která se v minulosti ukázala jako praktická při nedokonalé setříděném souboru měření. Program také provede kontrolu rozdílů mezi polohami a skupinami a další, což je posléze označeno barevnými značkami. Pro pokračování k dalším krokům je nutno dosáhnout stavu, kdy není nalezena žádná hodnota označená jako chybná dle této kontroly.

- **redukce veličin**

V tomto kroku program automatizovaně redukuje měřené veličiny na spojnicí stabilizačních znaků (kámen – kámen) a dále provede nastavené redukce délek.

- **výpočet přibližných souřadnic bodů sítě**

Pro vyrovnání sítě je nutné, aby program znal přibližné souřadnice všech bodů sítě a mohl provádět iterační proces. Kvůli tomu probíhá krok před samotným vyrovnáním, kdy jsou automatizovaně pomocí základních geodetických úloh určeny souřadnice všech bodů sítě, alespoň přibližně.

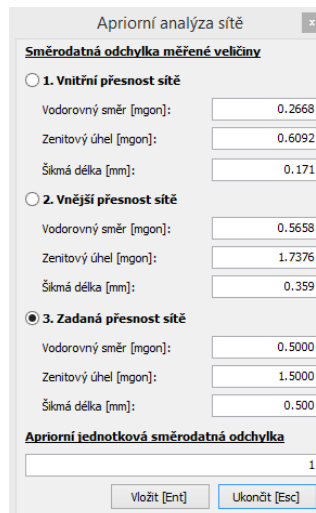
Uživateli stačí zadat alespoň dva body, aby bylo možno vůbec krok určení přibližných souřadnic provést.

- **kontrola**

V tomto kroku je provedena kontrola dat porovnáním měřených dat s hodnotami určenými z přibližných souřadnic.

- **analýza sítě**

Program určí apriorní směrodatné odchylky měřených veličin pro správné nastavení vah při vyrovnání. Toto je provedeno například určením úhlového uzávěru v trojúhelnících a podobně. Před vyrovnáním je možno zvolit, zda se mají při výpočtu použít směrodatné odchylky z vnitřní, či vnější analýzy sítě (vnitřní – určeno například z opakovaných měření jedné veličiny, vnější – uzávěry v trojúhelníku apod.) a nebo hodnoty přímo zadané uživatelem. V Obr. 22 lze vidět výsledky analýzy a zvolené parametry, které budou vstupovat do výpočtu.



Směrodatná odchylka měřené veličiny	
<input type="radio"/> 1. Vnitřní přesnost sítě	
Vodorovný směr [mgon]:	0.2668
Zenitový úhel [mgon]:	0.6092
Šikmá délka [mm]:	0.171
<input type="radio"/> 2. Vnější přesnost sítě	
Vodorovný směr [mgon]:	0.5658
Zenitový úhel [mgon]:	1.7376
Šikmá délka [mm]:	0.359
<input checked="" type="radio"/> 3. Zadaná přesnost sítě	
Vodorovný směr [mgon]:	0.5000
Zenitový úhel [mgon]:	1.5000
Šikmá délka [mm]:	0.500
Apriorní jednotková směrodatná odchylka	
1	
<input style="float: left;" type="button" value="Vložit [Ent]"/> <input style="float: right;" type="button" value="Ukončit [Esc]"/>	

Obr. 22 – výsledky apriorní analýzy sítě

- **detekce odlehlých hodnot**

Robustními metodami, které jsou stěžejním prvkem toho programu, jsou určeny odlehlé hodnoty, které jsou vyloučeny z vyrovnání, což je ale nutno po vyrovnání kontrolovat uživatelsky a případně zadávat individuální směrodatné odchylky jednotlivých měření a snažit se celkově o co nejmenší počet vyloučených hodnot.

- **vyrovnaní sítě**

V tomto kroku proběhne samotné vyrovnání vázané, nebo volné sítě pomocí metody nejmenších čtverců. Většinou je vhodné proces provést s různými nastaveními a volbou individuálních směrodatných odchylek jednotlivých měření (při odhalení méně přesného měření apod.).

Základní informace o vyrovnání sítě			
<u>Vyloučení odlehlých hodnot</u>		<u>Vyrovnaní sítě</u>	
Metoda robustního odhadu:	Huber	Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Hladina významnosti:	0.05	Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.693
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	0/510 [0.000]	Počet fixních bodů:	0
Vodorovný směr:	0/170 [0.000]	Počet vyrovnaných bodů:	26
Zenitový úhel:	0/170 [0.000]	Počet vyrovnaných orientačních posunů:	9
Šikmá délka:	0/170 [0.000]	Počet vyrovnaných měření:	510
Šikmá délka (doplňk):	-	Vodorovný směr:	170
Směrník:	-	Zenitový úhel:	170
Převýšení:	-	Šikmá délka:	170
Svislé provažování:	-	Šikmá délka (doplňk):	0
		Směrník:	0
		Převýšení:	0
		Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
		Počet nadbytečných měření:	427

Obr. 23 – výsledné parametry vyrovnání

Z Obr. 23 lze vidět že nebyla vyloučena žádná měření a bylo dosaženo aposteriorní jednotkové směrodatné odchylky 0.693, přičemž apriorní hodnota byla zvolena jako 1.

- **transformace**

Po vyrovnání souřadnic je při volbě vyrovnání sítě jako volné (žádné body nejsou fixní) většinou celá síť posunuta a otočena jako vedlejší produkt iteračního procesu. Z tohoto důvodu je zde možnost transformace sítě a to dvěma metodami. První metoda spočívá pouze v posunutí na jeden bod a otočení do daného směru. Druhá možnost je transformace s vyrovnáním, která spočívá ve shodnostní transformaci, kdy je transformační klíč vypočten z identických bodů tak, aby opravy na identických bodech byly minimální (metoda nejmenších čtverců). I v tomto kroku je možnost nastavená transformace, jenž byla popsána v prvních odstavcích této kapitoly. Při vyrovnání transformačního klíče jsou vyloučeny odlehlé hodnoty (jednotlivé souřadnice bodů), což je možno ovlivnit metodou robustního odhadu, volbou směrodatných odchylek souřadnic a zadáním jaké množství hodnot se má vyloučit (pomocí procent). Pro transformaci byly použity jako identické body 505, 506, 507, 521, 522 a 523, jejichž souřadnice byly převzaty z diplomové práce Ing. Martina Fencla [12], jelikož jsou považovány za nejaktuálnější. Výšky těchto bodů byly převzaty z diplomové práce Ing. Davida Hanouska [16] jakožto nejaktuálnější hodnoty ve výškové složce.

Výsledné souřadnice jsou uvedeny v kapitole 6.1.3 a zde budou jen pro dokreslení uvedeny výsledné směrodatné odchylky všech tří souřadnic.

Tab. 19 – směrodatné odchylky souřadnicové – EasyNET

bod	σ_{xy} [mm]	bod	σ_{xy} [mm]
504	1,1	6005	0,3
505	0,7	6006	0,3
506	0,2	6007	0,3
507	0,3	6008	0,3
521	0,2	6021	1,3
522	0,2	7290	1,1
523	0,7	7802	0,7
524	1,3	7901	0,3
541	0,2	7905	0,3
741	0,3	7906	0,3
742	0,3	7907	0,3
4006	0,2	7908	0,2
6004	0,2	7909	0,2

6.1.2 GAMA – local

Jak již bylo v této práci uvedeno, jedná se o akademický projekt prof. Ing. Aleše Čepka, CSc. [18] a je to volně dostupný a otevřený program.

Použití tohoto programu spočívá nejprve ve vytvoření vstupního souboru s koncovkou .gkf, jehož struktura byla naznačena v Obr. 11. Na rozdíl od vyrovnaní v programu EasyNET [17] vstupují do tohoto programu již průměrné hodnoty (průměry z více skupin), což není nutné, ale tento postup je již léta používán pro vyrovnaní základního polohového důlního bodového pole. V tomto vyrovnaní lokálním, kdy se jedná o prostorovou síť, jsou vstupem vodorovné úhly, zenitové vzdálenost, šikmé délky a výšky stroje a cíle pro každou záměru zvlášť. Pro jednotnost byly při tomto vyrovnaní zvoleny stejné hodnoty apriorních směrodatných odchylek jednotlivých měřených hodnot. Program po spuštění v příkazovém řádku provede obdobnou proceduru jako EasyNET (analýzu, redukce veličin, odlehlá měření apod.) a to včetně transformace na konci procesu. Body fixní a opěrné se zadávají přímo ve vstupním souboru. V tomto vyrovnaní byly všechny body vyrovnavány

a pouze body 505, 506, 507, 521, 522 a 523 byly jako opěrné, jelikož jim byly zadány souřadnice a výšky (stejný zdroj souřadnic a výšek jako u vyrovnání v programu EasyNET [12] [15] [17]). U programu GaMa – local je použita Helmertova transformace, která posouvá těžiště na sebe (těžiště určené ze zadaných opěrných bodů).

Při vyrovnání lokální prostorové sítě v oblasti Mokrsko v aplikaci GaMa – local bylo dosaženo aposteriorní jednotkové směrodatné odchylky 1.8, při apriorní hodnotě zvolené jako 1. Při vyrovnání byly některé hodnoty vyloučeny z vyrovnání a některým byla udělena horší směrodatná odchylka a tím menší váha při vyrovnání. Výsledné souřadnice jsou uvedeny v kapitole 6.1.3, přičemž zde jsou alespoň uvedeny polohové a souřadnicové směrodatné odchylky.

Tab. 20 – směrodatné odchylky souřadnicové – GaMa – local

bod	σ_{xy} [mm]	bod	σ_{xy} [mm]
504	0,6	6005	0,6
505	0,4	6006	0,4
506	0,1	6007	0,1
507	0,2	6008	0,2
521	0,2	6021	0,2
522	0,2	7290	0,2
523	0,4	7802	0,4
524	0,7	7901	0,7
541	0,2	7905	0,2
741	0,4	7906	0,4
742	0,4	7907	0,4
4006	0,2	7908	0,2
6004	0,2	7909	0,2

6.1.3 Porovnání výsledků

Pro vyrovnání prostorové lokální sítě v oblasti mokrsko a transformace do JTSK mohlo být provedeno porovnání výsledků, které by teoreticky měly být

totožné, jelikož pocházejí z totožných měřených hodnot. Hodnoty ale nebudou totožné, neboť do programu GaMa – local byly zadávány průměrné hodnoty ze stanovisek a do programu EasyNET jednotlivé měřené hodnoty, což je z hlediska celkového vyrovnání komplexnější a lze tak vytrdit jednotlivá měření, která by měla mít nižší váhu a ponechat měření která se jeví jako korektní.

Tab. 21 – porovnání souřadnic – Mokrsko

bod	Gama - local (S-JTSK, Bpv)			EasyNET (S-JTSK, Bpv)			rozdíly [mm]		
	X [m]	Y [m]	H [m]	X [m]	Y [m]	H [m]	Δ_x	Δ_y	Δ_H
504	1080871,140	753416,117	289,446	1080871,141	753416,116	289,453	-1,0	1,0	-7,0
505	1080602,179	753449,822	291,836	1080602,180	753449,821	291,837	-1,0	1,0	-1,0
506	1079929,198	753527,959	295,201	1079929,198	753527,960	295,201	0,0	-1,0	0,0
507	1079808,853	753542,791	296,101	1079808,853	753542,791	296,101	0,0	0,0	0,0
521	1079920,870	753535,321	295,265	1079920,871	753535,322	295,265	-1,0	-1,0	0,0
522	1079930,855	753602,660	295,527	1079930,855	753602,661	295,528	0,0	-1,0	-1,0
523	1079949,771	753827,468	296,813	1079949,769	753827,469	296,813	2,0	-1,0	0,0
524	1079963,295	753975,498	297,565	1079963,293	753975,498	297,565	2,0	0,0	0,0
541	1079915,346	753513,268	295,264	1079915,347	753513,268	295,264	-1,0	0,0	0,0
741	1079913,982	753496,949	296,651	1079913,984	753496,949	296,651	-2,0	0,0	0,0
742	1079917,106	753497,674	296,246	1079917,107	753497,674	296,246	-1,0	0,0	0,0
4006	1079931,945	753527,028	295,224	1079931,945	753527,029	295,224	0,0	-1,0	0,0
6004	1079931,886	753524,529	297,131	1079931,886	753524,530	297,132	0,0	-1,0	-1,0
6005	1079794,566	753545,139	298,182	1079794,567	753545,139	298,183	-1,0	0,0	-1,0
6006	1079806,577	753540,217	297,904	1079806,578	753540,217	297,904	-1,0	0,0	0,0
6007	1079808,039	753514,551	298,017	1079808,040	753514,551	298,017	-1,0	0,0	0,0
6008	1079811,112	753538,371	297,778	1079811,113	753538,371	297,778	-1,0	0,0	0,0
6021	1079955,734	753977,943	299,846	1079955,731	753977,943	299,846	3,0	0,0	0,0
7290	1079960,850	753938,637	299,870	1079960,847	753938,637	299,870	3,0	0,0	0,0
7802	1080562,902	753452,303	294,423	1080562,903	753452,303	294,424	-1,0	0,0	-1,0
7901	1079873,276	753536,032	298,148	1079873,276	753536,033	298,149	0,0	-1,0	-1,0
7905	1079795,338	753545,011	298,306	1079795,338	753545,011	298,306	0,0	0,0	0,0
7906	1079805,511	753517,081	298,521	1079805,512	753517,081	298,522	-1,0	0,0	-1,0
7907	1079807,929	753514,598	298,598	1079807,930	753514,598	298,599	-1,0	0,0	-1,0
7908	1079919,673	753537,218	297,206	1079919,673	753537,219	297,206	0,0	-1,0	0,0
7909	1079927,612	753522,594	297,346	1079927,612	753522,595	297,346	0,0	-1,0	0,0

Z pohledu na výsledky a rozdíly mezi jednotlivými vyrovnáními lze vidět, že na většině bodů se jedná o nulový rozdíl, u některých dosahuje rozdíl

maximálně jednotek milimetrů. Tento fakt byl zdůvodněn již výše. Celý tento proces lokálního vyrovnání má spíše demonstrativní charakter a je také dobrým ukazatelem vysoké přesnosti měřených hodnot. Do dalšího celkového vyrovnání tento výpočet nezasahuje, pouze používá měřené hodnoty.

6.2 Celkové vyrovnání – S-JTSK

Pro celkové vyrovnání byla základem sada dat z předešlých let a to jak z bakalářských, tak i z diplomových prací, které se týkaly přímo bodového pole, připojení důlní olovnice, či tunelového měření. Většina měření obsahovala měření na bodech ZDBP s orientacemi na okolní body ZDBP a ostatní body bodového pole, což jsou důležitá data, která v celkovém měřítku zhušťují síť a tvoří velký počet nadbytečných pozorování. V minulosti se vyrovnáním celého souboru dat dosáhlo pozorování posunů na bodech a nově určované body nejsou určovány pouze jako rajóny s měřením orientací na daném stanovisku, ale jsou přímo rovnou provázány do celé sítě bodů nejen ZDBP ale i ostatních bodů důlního bodového pole.

Pro vyrovnání celé sítě byl použit program GaMa – local. Celá síť je vyrovnávána jako polohová, jelikož výšková složka je pro body zajištěna měřením velmi přesné nivelace, jejíž výsledky poskytují vyšší přesnost. Postup vyrovnání je obdobný jako v kapitole 6.1.2, přičemž je použit jeden vstupní soubor. Vstupní soubor pro vyrovnání byl vytvořen kombinací vstupních souborů od tvůrců závěrečných prací z minulých let. Tvorba vstupních souborů úplně znovu by byla nejen velmi zdlouhavá, ale především k ní není dostatek informací. Jednotliví měřiči měli informace o konkrétních podmínkách při jednotlivých měřeních a jednotlivých záměrech, což jim dávalo jedinečnou možnost při vyrovnání zadat například záměře, kde byla v tu dobu špatná viditelnost, menší váhu a obdobně tak učinit v dalších situacích. Tohoto nelze

dosáhnout bez znalostí jednotlivých podmínek při jednotlivých měřeních, tudíž jsou použity vstupní hodnoty přímo užitá v minulých letech.

Do takto vytvořeného celkového souboru s přidanými aktuálními daty z této závěrečné práce, bylo provedeno vyrovnaní několikrát, přičemž byly po každém vyrovnaní analyzovány označené odlehlé hodnoty a individuálně byly upravovány směrodatné odchylky jednotlivých měření. Celá síť musí být umístěna do systému S-JTSK, což je realizováno volbou fixních a opěrných bodů. Volba těchto bodů byla stejná jako v minulých letech. Bod 501, jenž se nachází před portálem štoly Josef, je pevným bodem, jehož poloha byla určena několikahodinovými observacemi GNSS aparaturami v několika letech po sobě. Body 537, 4001, 9001 a 9103 jsou voleny jako opěrné a byly určeny v minulých letech pomocí provažování důlní olovnicí. Tyto opěrné body se nacházejí jednak na konci páteřní štoly v oblasti Mokrska a jednak v oblasti Čelina – východ. Souřadnice pevného bodu 501 a opěrných bodů byly převzaty z diplomové práce Ing. Lukáše Vaise [15] opět z důvodu volby nejaktuálnějších možných dat.

Při vyrovnaní je počítáno s celkovým počtem 719 pozorování, přičemž je vyrovnaváno 307 neznámých. Počet nadbytečných pozorování je tedy 412. Apriorní jednotková směrodatná odchylka je volena jako 1. Po konečném vyrovnaní bylo docíleno aposteriorní jednotkové směrodatné odchylky o hodnotě 1,22. Konfidenční interval byl použit 95 %. Bylo dosaženo maximální souřadnicové směrodatné odchylky 3,1 mm a průměrné souřadnicové směrodatné odchylky 1,4 mm. Výsledné souřadnice všech bodů jsou uvedeny v přílohách. Zde budou uvedeny pouze výsledné souřadnice bodů ZDBP a nově určovaných bodů, protože určení jejich souřadnic bylo hlavním cílem práce.

Tab. 22 – výsledné souřadnice bodů

bod	Y [m]	X [m]	σ_{xy} [mm]	elipsy chyb		
				a [mm]	b [mm]	α [gon]
501	753430,171	1081634,672	-	-	-	-
502	753377,284	1081511,475	0,4	0,5	0,3	127,1
503	753363,046	1081309,220	0,7	0,9	0,3	114,2
504	753416,114	1080871,138	1,1	1,5	0,4	103,9
505	753449,819	1080602,177	1,1	1,5	0,5	103,2
506	753527,958	1079929,197	0,5	0,6	0,3	198,6
507	753542,789	1079808,854	0,6	0,7	0,4	14,6
511	753446,580	1081449,520	0,7	0,8	0,5	118,4
512	753523,452	1081446,950	0,9	0,9	0,8	45,1
521	753535,319	1079920,871	0,5	0,6	0,3	198,2
522	753602,658	1079930,856	0,6	0,8	0,3	192,8
523	753827,465	1079949,772	1,3	1,9	0,3	191,8
524	753975,493	1079963,298	1,9	2,7	0,4	192,4
531	753347,850	1081452,139	0,8	1	0,7	112,3
532	753297,982	1081453,541	1,2	1,4	0,8	162,4
533	753299,022	1081471,901	1,1	1,3	0,9	176,5
537	753374,340	1081565,795	0,8	1	0,5	144,2
538	753373,029	1081470,198	1,1	1,2	1,1	77,6
539	753324,292	1081473,578	1,1	1,2	0,9	142,3
541	753513,266	1079915,346	0,6	0,8	0,4	18,3
7908	753537,216	1079919,674	0,5	0,7	0,4	185,9

6.3 S-Josef

Ve štole Josef je zaveden místní souřadnicový systém s názvem S-Josef. Tento souřadnicový systém je dán souřadnicemi bodu 501 ($Y = 5000\text{m}$ a $X = 10\,000\text{m}$), přičemž má stejné natočení jako S-JTSK. Rozdílem je, že v S-Josef nejsou délky redukovány do nulového horizontu a z kartografického zobrazení. Tudiž délka určená ze souřadnic by měla odpovídat měřené délce.

Souřadnice v tomto systému jsou určeny pomocí podobnostní transformace, přičemž identickými body jsou, po vzoru minulých let, body ZDPBP, tedy body 501 – 524 (bez bodu 541, jelikož ten je nově určen). Identické body v S-JTSK mají souřadnice určené celkovým vyrovnáním. Souřadnice

identických bodů v S-Josef jsou přebrány z bakalářské práce Bc. Martina Fencla [9]. Transformační klíč je spočítán v rámci této závěrečné práce a není přebírán z jiných zdrojů.

Tab. 23 – identické body pro transformaci do S-Josef

bod	S - JTSK		S - Josef	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
501	753430,171	1081634,672	5000,000	10000,000
502	753377,284	1081511,475	4947,106	9876,785
503	753363,046	1081309,220	4932,867	9674,502
504	753416,114	1080871,138	4985,942	9236,358
505	753449,819	1080602,177	5019,652	8967,360
506	753527,958	1079929,197	5097,801	8294,286
507	753542,789	1079808,854	5112,635	8173,927
511	753446,580	1081449,520	5016,410	9814,823
512	753523,452	1081446,950	5093,293	9812,252
521	753535,319	1079920,871	5105,164	8285,958
522	753602,658	1079930,856	5172,512	8295,942
523	753827,465	1079949,772	5397,351	8314,853
524	753975,493	1079963,298	5545,400	8328,375

Tab. 24 – transformační klíč pro přechod z S-JTSK do S-Josef

Δ_y [m]	748430,155
Δ_x [m]	1071634,814
m	1,000143193
α [gon]	0,0000

Logickou úvahou lze dojít k tomu, že měřítko při podobnostní transformaci by mělo mít stejně velký, pouze opačný účinek, jako měřítko pro redukcí měřených vodorovných délek do S-JTSK. Tedy při přepočtu klíče určeného v kapitole 5.2.4 (odečtení od hodnoty 1 a přičtení hodnoty 1) bychom měli dostat hodnotu velmi podobnou měřítkovému koeficientu, určenému při transformaci. Hodnoty nebudou úplně stejné, neboť je výsledná hodnota ovlivněna opakovaným zaměřením a výpočtem a až poté výpočtem transformačního klíče.

Tab. 25 – porovnání měřítkových koeficientů

m - trans	1,000143193
m - red	1,000140883
Δ (ppm)	2

Z porovnání v Tab. 25 je vidět, že měřítkové koeficienty se liší jen o velmi malou hodnotu, která odpovídá 2 mm na vzdálenosti 1 km.

6.4 Porovnání výsledků

Posledním krokem ve výpočtu bylo porovnání výsledných souřadnic z letošního roku se souřadnicemi z minulého kompletního vyrovnání, tedy z roku 2016 [15].

Tab. 26 – porovnání souřadnic v systému S-JTSK

bod	2017		2016		rozdíl	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Δ_y [mm]	Δ_x [mm]
501	753430,171	1081634,672	753430,171	1081634,672	0	0
502	753377,284	1081511,475	753377,284	1081511,474	0	1
503	753363,046	1081309,220	753363,047	1081309,220	-1	0
504	753416,114	1080871,138	753416,115	1080871,138	-1	0
505	753449,819	1080602,177	753449,821	1080602,177	-2	0
506	753527,958	1079929,197	753527,960	1079929,198	-2	-1
507	753542,789	1079808,854	753542,791	1079808,855	-2	-1
511	753446,580	1081449,520	753446,580	1081449,520	0	0
512	753523,452	1081446,950	753523,452	1081446,950	0	0
521	753535,319	1079920,871	753535,322	1079920,872	-3	-1
522	753602,658	1079930,856	753602,661	1079930,855	-3	1
523	753827,465	1079949,772	753827,468	1079949,768	-3	4
524	753975,493	1079963,298	753975,495	1079963,292	-2	6
531	753347,850	1081452,139	753347,851	1081452,139	-1	0
532	753297,982	1081453,541	753297,982	1081453,541	0	0
533	753299,022	1081471,901	753299,022	1081471,901	0	0
537	753374,340	1081565,795	753374,339	1081565,795	1	0
538	753373,029	1081470,198	753373,030	1081470,200	-1	-2
539	753324,292	1081473,578	753324,293	1081473,579	-1	-1
541	753513,266	1079915,346	-	-	-	-

Z Tab. 26 lze vidět, že rozdíly na většině bodů jsou v rozmezí 0 až 2 mm (bráno v absolutní hodnotě), což podává důkaz o dosažení vysoké přesnosti. Největší odchylky jsou na bodech 523 a 524 v souřadnici X. Tento rozdíl je dán tím, že boční větev v oblasti Mokrsko – západ je vlastně volným polygonovým pořadem úplně na konci páteřní štol, která je sama o sobě vetknutým polygonovým pořadem pouze s opěrnými body na koncích. Souřadnice X odpovídá příčnému směru v této boční chodbě, tudíž se jedná o nejkritičtější místo, kde se projeví všechny chyby a odchylky nashromážděné během měření.

Tab. 27 – porovnání souřadnic v systému S-Josef

bod	2017		2016		rozdíl	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Δ_Y [mm]	Δ_X [mm]
501	5000,000	10000,000	5000,000	10000,000	0	0
502	4947,106	9876,785	4947,106	9876,785	0	0
503	4932,867	9674,502	4932,867	9674,502	0	0
504	4985,942	9236,358	4985,942	9236,358	0	0
505	5019,652	8967,360	5019,652	8967,360	0	0
506	5097,801	8294,286	5097,801	8294,286	0	0
507	5112,635	8173,927	5112,635	8173,927	0	0
511	5016,410	9814,823	5016,410	9814,823	0	0
512	5093,293	9812,252	5093,293	9812,252	0	0
521	5105,164	8285,958	5105,164	8285,958	0	0
522	5172,512	8295,942	5172,512	8295,942	0	0
523	5397,351	8314,853	5397,351	8314,853	0	0
524	5545,400	8328,375	5545,400	8328,375	0	0
531	4917,668	9817,442	4917,666	9817,444	2	-2
532	4867,793	9818,844	4867,790	9818,846	3	-2
533	4868,833	9837,206	4868,830	9837,208	3	-2
537	4944,162	9931,114	4944,158	9931,116	4	-2
538	4942,851	9835,503	4942,849	9835,507	2	-4
539	4894,107	9838,884	4894,105	9838,887	2	-3
541	5083,107	8280,428	-	-	-	-

V Tab. 27 lze vidět rozdíly souřadnic v systému S-Josef určených v letech 2017 a 2016. Tab. 27 ukazuje minimální rozdíly, což je ale dáno tím, že souřadnice na bodech ZDBP byly brány jako identické a tedy dané a i když

z nich byl pouze vypočten klíč a poté byly samotné identické body také transformovány, tak síť s vysokou vnitřní přesností neprojevila žádné odchylky a souřadnice bodů ZDBP zůstaly téměř stejné. Jediné odchylky byly zjištěny u bodů 531 – 539, které se nacházejí v oblasti Čelina – východ a nebyly brány jako body identické pro výpočet transformačního klíče.

Z výsledků vyrovnaní a porovnání souřadnic lze hodnotit celou síť bodů základního důlního bodového pole jako kvalitně navrženou a zaměřenou s vysokou přesností, nyní již s vysokým počtem nadbytečných pozorování.

Závěr

Prvním úkolem práce bylo provést měření totální stanicí v oblasti Mokrsko. Z analýzy měření a dle testování výsledků lze usoudit, že přesnost měření splnila očekávání a požadavky. Dále bylo provedeno výškové měření, které splnilo zadanou přesnost odpovídající měření v II. řádu ČSNS.

Druhým úkolem práce bylo celkové vyrovnání sítě ZDBP a ostatních bodů důlního bodového pole ve štole Josef, přičemž byly určeny nově vybudované body 541 a 7908. Vyrovnání předcházela celková analýza dat s ověřením splnění zadaných přesností a splnění požadavků vyhlášky [4] a metodického návodu pro správu geodetických základů České republiky [19]. Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka o hodnotě 1,22 celkového vyrovnání je uspokojivá hodnotu při volené apriorní jednotkové směrodatné odchylce o velikosti 1. Do vyrovnání byla zahrnuta všechna měřená data, nashromážděná studenty FSv ČVUT v Praze, při realizaci jejich závěrečných prací z posledních pěti let. Při práci byla použita zejména data z diplomové práce Ing. Lukáše Vaise [15], bakalářské a diplomové práce Ing. Martina Fencla [9], [12], bakalářské práce Bc. Petry Svačinové [11] a diplomové práce Ing. Davida Hanouska [16].

Výsledkem této práce jsou zejména souřadnice bodů základního důlního polohového bodového pole (ZDPBP) s nově zbudovaným bodem 541 a taktéž nově zbudovaného bodu 7908. Výsledkem jsou souřadnice v S-JTSK, ale také v S-Josef. Nadmořská výška bodu 541 byla určena metodou velmi přesné nivelace z bodu HVB6 a nadmořská výška bodu 7908 byla určena v rámci prostorového vyrovnání lokální sítě v oblasti Mokrsko.

Nadmořské výšky všech bodů ZDPBP byly určovány a ověřovány v rámci jiných závěrečných prací a nejsou proto zde uváděny ani počítány, výšky jsou

uvedeny pouze u nově určených bodů. Stejně tak geodetické údaje byly vyhotoveny a jsou zde uvedeny pouze u nově vytvořených bodů 541 a 7908.

Tab. 28 – výsledné souřadnice a výšky

bod	S - JTSK		S - Josef		H (Bpv) [m]
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
501	753430,171	1081634,672	5000,000	10000,000	-
502	753377,284	1081511,475	4947,106	9876,785	-
503	753363,046	1081309,220	4932,867	9674,502	-
504	753416,114	1080871,138	4985,942	9236,358	-
505	753449,819	1080602,177	5019,652	8967,360	-
506	753527,958	1079929,197	5097,801	8294,286	-
507	753542,789	1079808,854	5112,635	8173,927	-
511	753446,580	1081449,520	5016,410	9814,823	-
512	753523,452	1081446,950	5093,293	9812,252	-
521	753535,319	1079920,871	5105,164	8285,958	-
522	753602,658	1079930,856	5172,512	8295,942	-
523	753827,465	1079949,772	5397,351	8314,853	-
524	753975,493	1079963,298	5545,400	8328,375	-
531	753347,850	1081452,139	4917,668	9817,442	-
532	753297,982	1081453,541	4867,793	9818,844	-
533	753299,022	1081471,901	4868,833	9837,206	-
537	753374,340	1081565,795	4944,162	9931,114	-
538	753373,029	1081470,198	4942,851	9835,503	-
539	753324,292	1081473,578	4894,107	9838,884	-
541	753513,266	1079915,346	5083,107	8280,428	297,206
7908	753537,216	1079919,674	5107,060	8284,757	295,264

Všechny úkoly této diplomové práce byly úspěšně splněny. Přestože bylo dosaženo velmi dobrých výsledků a síť ZDPBP a ostatních bodů vykazuje vysokou přesnost, bylo by velice vhodné provádět v budoucnu opakovaná měření a to především u bodů 501 – 506 a 521, neboť tyto body jsou velmi zatíženy dopravou. Dále by bylo vhodné vybudovat síť zajišťovacích bodů v okolí portálu štoly Josef z důvodu sledování posunů bodu 501 a pro lepší připojování a orientaci ZDBP v páteřní štole. Nakonec by bylo velmi vhodné určit fixní nebo další opěrné body na konci páteřní štoly v oblasti Mokrsko, případně provést další připojovací měření pro dosažení lepších výsledků, týkajících

se absolutní polohy sítě v S-JTSK. Dalším možným měřením, které by mohlo mít pozitivní přínos, pokud by bylo správně provedeno, by bylo opakované určení azimutů na koncích bočních chodeb.

Použité zdroje a literatura

- [1] **Centrum experimentální geotechniky - CEG.** *Centrum experimentální geotechniky.* [Online] Copyright © 2014. [Citace: 26. 03 2017.] <http://ceg.fsv.cvut.cz/>.
- [2] **Google.** Google Maps. [Online] Copyright © 2017. [Citace: 26. 03 2017.] www.googlemaps.com.
- [3] **Vais, Lukáš.** Vybudování a zaměření připojovací mikrosítě na ohlubni větrací šachty štoly Josef. *bakalářská práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2014.
- [4] Vyhláška č. 435/1992 Sb. *O důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem.* místo neznámé : Český báňský úřad, 1992. vyd. Praha.
- [5] **Novotný, Michal.** Výškové připojení a zaměření základního důlního bodového pole štoly Josef. *diplomová práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2012.
- [6] **Varyš, Jan.** Polohové připojení a zaměření základního důlního bodového pole štoly Josef. *diplomová práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2012.
- [7] **Boháč, Roman.** Výškové zaměření a připojení základního důlního bodového pole štoly Josef. *bakalářská práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2013.
- [8] **Dífková, Petra.** Dokumentace a zaměření starých bodových polí ve štole Josef. *bakalářská práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2013.
- [9] **Fencel, Martin.** Polohové zaměření a připojení základního bodového pole štoly Josef. *bakalářská práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2013.
- [10] **Holíková, Lucie.** Zaměření a připojení základního polohového důlního bodového pole štoly Josef. *bakalářská práce.* Praha : ČVUT v Praze, 2014.

- [11] **Svačinová, Petra.** Zaměření a připojení základního výškového důlního bodového pole podzemní laboratoře Josef. *bakalářská práce*. Praha : ČVUT v Praze, 2014.
- [12] **Fencel, Martin.** Možnosti připojení a usměrnění základního důlního bodového pole v Podzemní laboratoři Josef. *diplomová práce*. Praha : ČVUT v Praze, 2015.
- [13] **Velíšek, Jan.** Analýza přesnosti tunelového měření v UEF Josef. *bakalářská práce*. Praha : ČVUT v Praze, 2015.
- [14] **Srp, Miloslav.** Tunelové měření v UEF Josef s využitím Trimble S8. *bakalářská práce*. Praha : ČVUT v Praze, 2016.
- [15] **Vais, Lukáš.** Vybudování základního důlního bodového pole v oblasti Čelina - východ ve štole Josef. *diplomová práce*. Praha : ČVUT v Praze, 2016.
- [16] **Hanousek, David.** Výškové zaměření a připojení důlního bodového pole části štoly Josef. *diplomová práce*. Praha : ČVUT v Praze, 2016.
- [17] **Adjust Solutions © 2016.** Adjust Solutions. [Online] [Citace: 30. 03 2017.] <http://adjustsolutions.cz/>.
- [18] **GNU - Gama.** [Online] [Citace: 1. 4 2017.] <https://www.gnu.org/software/gama/>.
- [19] **Zeměměřický úřad.** *Návod pro správu geodetických základů České republiky*. Praha : Český úřad zeměměřický a katastrální, 2015. ISBN 978-80-86918-86-0.
- [20] **Hampacher, Miroslav a Štroner, Martin.** *Zpracování a analýza měření inženýrské geodézii*. Praha : ČVUT v Praze, 2015. ISBN 987-80-01-05843-5.

Seznam zkratk

CEG	Centrum experimentální geotechniky
ČVUT	České vysoké učení technické
ČSNS	Česká státní nivelační síť
TS	totální stanice
URC	Underground research centre
UEF	Underground educational facility
ZDPBP, ZDVBP	Základní důlní polohové, výškové bodové pole
d	měřená délka – vodorovná
$D_{\check{s}}, D_{\check{s}P}$	šikmá délka měřená v jedné poloze, v jedné skupině
$D_{\check{s}sk}$	šikmá délka měřená ve více skupinách
H_0, H_1	nulová hypotéza, alternativní hypotéza
H	nadmořská výška
H_z, H_{zP}	vodorovný směr měřený v jedné poloze, v jedné skupině
H_{zsk}	vodorovný směr měřený ve více skupinách
i	indexová chyba
l, l_0	čtení na lati redukované, čtení na lati měřené
m	měřítkový koeficient transformace
m_r	měřítkový koeficient pro redukci délky
m_{JTSK}	měřítkový koeficient pro redukci délky ze zobrazení
m_0^h	jednotková kilometrová směrodatná odchylka obousměrné nivelace
n'	nadbytečný počet pozorování

n_R	počet nivelačních oddílů
R	poloměr Země (redukce délek)/délka nivelačního pořadu
S_{JTSK}	délka v rovině zobrazení JTSK
S_0	délka v redukovaná do nulového horizontu
t, t_0	teplota při měření, teplota při kalibraci
U_P	koeficient jistoty (většinou volen 2)
v_i	oprava od průměru
v_m	mezní oprava
Z, Z_P	zenitový úhel měřený v jedné poloze, v jedné skupině
Z_{sk}	zenitový úhel měřený ve více skupinách
α	oprava délky laťového metru zjištěná při kalibraci
β	koeficient délkové teplotní roztažnosti
Δ, Δ_m	rozdíl hodnot, mezní hodnota rozdílu hodnot
Δ^h, Δ_m^h $Z_{pět}$	rozdíl převýšení Tam – Zpět, mezní rozdíl převýšení Tam – Zpět
Δ^e, Δ_m^e	rozdíl převýšení měřených v jednotlivých letech, mezní rozdíl
σ_{d0}	výběrová směrodatná odchylka měření v jedné skupině
σ_d	výběrová směrodatná odchylka měření ve více skupinách
σ'_d	výběrová směrodatná odchylka měření pro stanoviště
σ''_d	výběrová směrodatná odchylka měření pro celý soubor měření
σ_{nom}	směrodatná odchylka daná výrobcem
F, χ^2	testované hodnoty

Seznam obrázků

Obr. 1 – schéma štoly Josef [1]	10
Obr. 2 – umístění štoly Josef [2]	11
Obr. 3 – bod 501 umístěný před portálem štoly.....	15
Obr. 4 – detail umístění bodu VB1	17
Obr. 5 – detail umístění bodu HVB2.....	18
Obr. 6 – umístění bodu 541 v odbočce z páteřní štoly	19
Obr. 7 – detail stabilizace bodu 541	19
Obr. 8 – umístění bodu 7908 při pohledu do postranní chodby	20
Obr. 9 – umístění bodu 7908 při pohledu z postranní chodby k páteřní štole	20
Obr. 10 – náhled zpracování měřených dat v programu EasyNET [17].....	28
Obr. 11 – ukázka vstupního souboru pro program GaMa – local.....	29
Obr. 12 – ilustrační foto z měření – Mokrsko	31
Obr. 13 – ilustrační foto z Nivelačního měření	33
Obr. 14 – náhled formátu dat pro vstup do programu EasyNET.....	34
Obr. 15 – náhled zpracování měřených dat.....	35
Obr. 16 – nastavení programu EasyNET – jednotky	53
Obr. 17 – nastavení programu EasyNET – kontrola	54
Obr. 18 – nastavení programu EasyNET – redukce délek.....	55
Obr. 19 – nastavení programu EasyNET – vyrovnání sítě	55
Obr. 20 – nastavení programu EasyNET – transformace	56
Obr. 21 – ukázka vstupního souboru pro program EasyNET	57
Obr. 22 – výsledky apriorní analýzy sítě.....	58
Obr. 23 – výsledné parametry vyrovnání.....	59

Seznam tabulek

Tab. 1 – porovnání směrodatných odchylek z měřených dat	36
Tab. 2 – testování shodnosti výběrových směrodatných odchylek	37
Tab. 3 – testování nominálních a výběrových směrodatných odchylek	38
Tab. 4 – tabulka kritických hodnot [20].....	39
Tab. 5 – testování protisměrně měřených délek.....	40
Tab. 6 – test protisměrně měřených zenitových úhlů	41
Tab. 7 – vnější přesnost měření	42
Tab. 8 – kritéria pro rozdíl protisměrně měřených délek dle vyhl. č. 435/1992 Sb. [4].....	42
Tab. 9 – test protisměrně měřených délek dle vyhlášky 435/1992 Sb. [4].....	43
Tab. 10 – kritéria pro uzávěry dle vyhlášky č.435/1992 Sb. [4]	43
Tab. 11 – test měřených uzávěrů dle vyhlášky 435/1992 Sb. [4].....	44
Tab. 12 – měřená převýšení	46
Tab. 13 – opravy měřených převýšení	47
Tab. 14 – oprava převýšení o vliv normálních výšek	48
Tab. 15 – porovnání měřených převýšení	49
Tab. 16 – nadmořské výšky vztažných bodů [16]	50
Tab. 17 – určené nadmořské výšky pozorovaných bodů.....	50
Tab. 18 – porovnání nadmořských výšek 2017-2016.....	51
Tab. 19 – směrodatné odchylky souřadnicové – EasyNET	61
Tab. 20 – směrodatné odchylky souřadnicové – GaMa – local	62
Tab. 21 – porovnání souřadnic – Mokrsko	63
Tab. 22 – výsledné souřadnice bodů	66
Tab. 23 – identické body pro transformaci do S-Josef	67
Tab. 24 – transformační klíč pro přechod z S-JTSK do S-Josef.....	67
Tab. 25 – porovnání měřítkových koeficientů	68
Tab. 26 – porovnání souřadnic v systému S-JTSK	68
Tab. 27 – porovnání souřadnic v systému S-Josef	69
Tab. 28 – výsledné souřadnice a výšky.....	72

Seznam příloh

Příloha č.1	Seznam souřadnic – S-JTSK, S-Josef
Příloha č.2	Přehledka základního důlního bodového pole – Mokrsko
Příloha č.3	Přehledka základního důlního bodového pole – Čelina
Příloha č.4	Přehledka bodového pole – Mokrsko – Střed
Příloha č.5	Přehledka bodového pole – Mokrsko – Západ
Příloha č.6	Geodetické údaje bodů 541 a 7908
Příloha č.7	Ukázka zápisníku z měření
Příloha č.8	Ukázka protokolu z vyrovnání – GaMa – celkové 2017
Příloha č.9	Ukázka protokolu z vyrovnání – EasyNET – Mokrsko 2017
Příloha č.10	Protokol z transformace – S-JTSK – S-Josef

Digitální přílohy

1__Mereni	všechna měřená data	.zip
2__Zapisniky	zápisníky z měření	.zip
3__GU	geodetické údaje bodů 541 a 7908	.pdf
4__EasyNET__I	uložený projekt z programu EasyNET pro vyrovnání prostorové sítě v oblasti Mokrsko s protokoly	.zip
5__GAMA__I	vstupní a výstupní soubory z programu GAMA pro vyrovnání prostorové sítě v oblasti Mokrsko	.zip
6__GAMA	vstupní a výstupní soubory z programu GAMA pro celkové vyrovnání	.zip
7__Diplomova__prace	diplomová práce	.pdf

Příloha č. 1 – Seznam souřadnic – S-JTSK, S-Josef

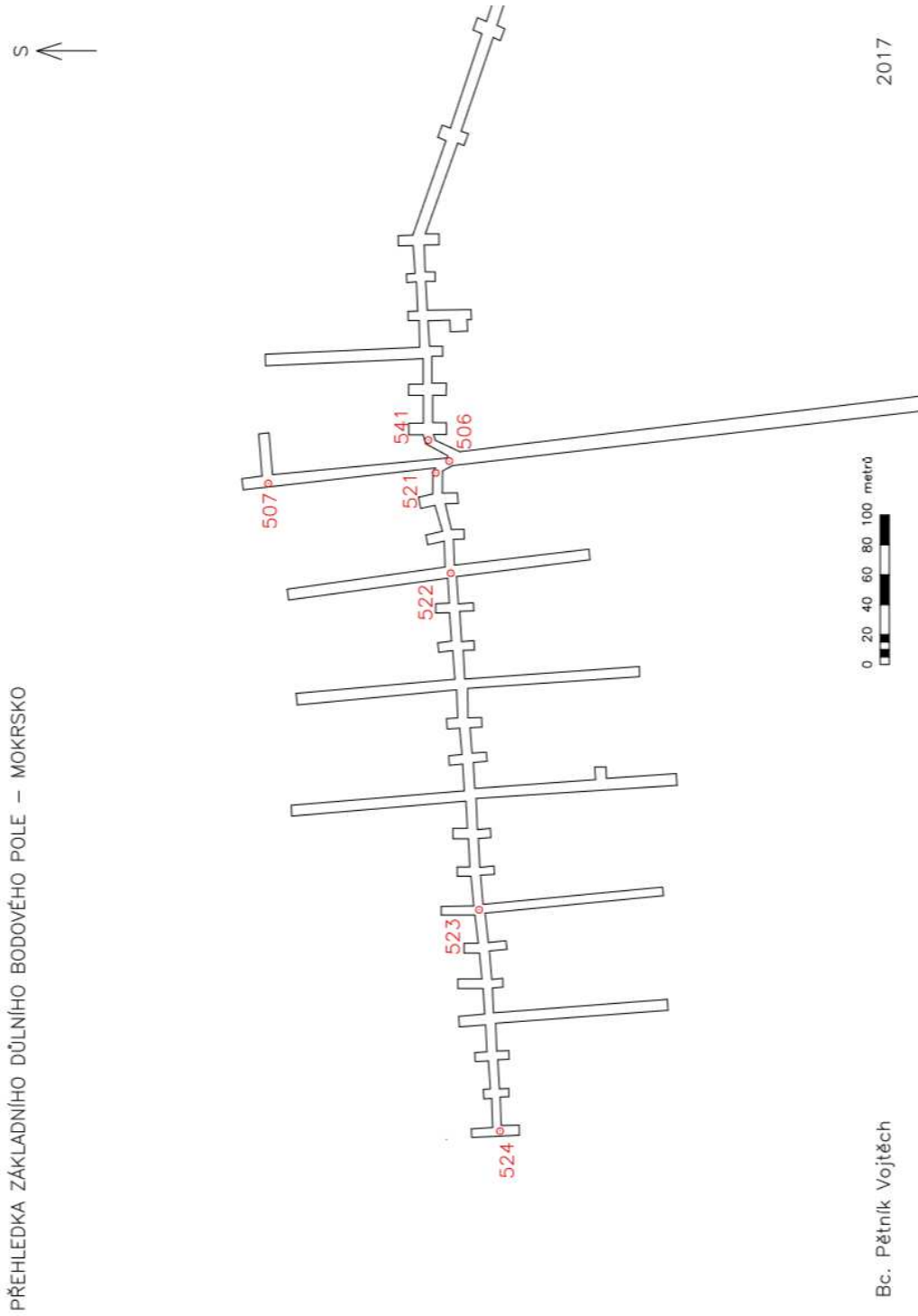
bod	S - JTSK		S - Josef		poznámka
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	
130	753448,452	1081485,815	5018,285	9851,122	pomocný bod
501	753430,171	1081634,672	5000,000	10000,000	ZDPBP
502	753377,284	1081511,475	4947,106	9876,786	ZDPBP
503	753363,046	1081309,220	4932,866	9674,502	ZDPBP
504	753416,114	1080871,138	4985,941	9236,357	ZDPBP
505	753449,819	1080602,177	5019,651	8967,358	ZDPBP
506	753527,958	1079929,197	5097,801	8294,281	ZDPBP
507	753542,789	1079808,854	5112,634	8173,921	ZDPBP
511	753446,580	1081449,520	5016,412	9814,822	ZDPBP
512	753523,452	1081446,950	5093,295	9812,252	ZDPBP
521	753535,319	1079920,871	5105,163	8285,954	ZDPBP
522	753602,658	1079930,856	5172,511	8295,941	ZDPBP
523	753827,465	1079949,772	5397,351	8314,859	ZDPBP
524	753975,493	1079963,298	5545,400	8328,387	ZDPBP
531	753347,850	1081452,139	4917,668	9817,442	ZDPBP
532	753297,982	1081453,541	4867,793	9818,844	ZDPBP
533	753299,022	1081471,901	4868,833	9837,206	ZDPBP
537	753374,340	1081565,795	4944,162	9931,114	ZDPBP
538	753373,029	1081470,198	4942,851	9835,503	ZDPBP
539	753324,292	1081473,578	4894,107	9838,884	ZDPBP
541	753513,266	1079915,346	5083,107	8280,428	ZDPBP
741	753496,947	1079913,983	5066,785	8279,065	trnová značka
742	753497,672	1079917,106	5067,510	8282,189	trnová značka
4001	753370,649	1081693,428	4940,471	10058,765	bod v kolejnici
4002	753406,016	1081576,729	4975,843	9942,049	bod v kolejnici
4003	753373,429	1081457,279	4943,251	9822,582	bod v kolejnici
4006	753527,027	1079931,945	5096,870	8297,030	bod v kolejnici
5001	753373,476	1081549,016	4943,298	9914,332	PDBP
5002	753374,042	1081465,450	4943,864	9830,754	PDBP
5003	753361,072	1081453,613	4930,892	9818,916	PDBP
5010	753300,946	1081490,961	4870,757	9856,269	PDBP
5011	753383,155	1081450,200	4952,978	9815,502	PDBP
5012	753305,115	1081482,445	4874,927	9847,752	PDBP
5013	753285,708	1081487,946	4855,517	9853,254	PDBP
5014	753305,992	1081478,446	4875,804	9843,752	PDBP

6001	753419,602	1081607,638	4989,430	9972,963	odrazný štítek
6002	753406,049	1081614,001	4975,876	9979,327	odrazný štítek
6004	753524,527	1079931,886	5094,369	8296,971	odrazný štítek
6005	753545,137	1079794,567	5114,982	8159,632	odrazný štítek
6006	753540,215	1079806,579	5110,059	8171,646	odrazný štítek
6007	753514,551	1079808,041	5084,392	8173,108	odrazný štítek
6008	753538,370	1079811,113	5108,214	8176,180	odrazný štítek
6011	753282,566	1081490,693	4852,375	9856,001	odrazný štítek
6021	753977,937	1079955,737	5547,844	8320,825	odrazný štítek
7011	753410,239	1081583,019	4980,066	9948,340	trnová značka
7013	753406,844	1081583,534	4976,671	9948,855	trnová značka
7021	753397,082	1081553,093	4966,907	9918,410	trnová značka
7023	753393,985	1081555,408	4963,810	9920,725	trnová značka
7031	753380,259	1081516,527	4950,082	9881,839	trnová značka
7033	753377,873	1081517,794	4947,695	9883,106	trnová značka
7041	753377,868	1081504,993	4947,690	9870,303	trnová značka
7042	753376,597	1081505,280	4946,419	9870,590	trnová značka
7043	753375,087	1081505,461	4944,909	9870,771	trnová značka
7051	753376,455	1081478,467	4946,277	9843,773	trnová značka
7053	753373,511	1081478,934	4943,333	9844,240	trnová značka
7213	753826,970	1079943,008	5396,856	8308,094	trnová značka
7233	753827,915	1079934,521	5397,801	8299,606	trnová značka
7290	753938,632	1079960,852	5508,534	8325,941	trnová značka
7511	753313,293	1081451,562	4883,106	9816,865	trnová značka
7512	753311,892	1081453,152	4881,705	9818,455	trnová značka
7513	753313,867	1081454,063	4883,680	9819,366	trnová značka
7522	753297,801	1081461,524	4867,612	9826,828	trnová značka
7531	753301,322	1081484,778	4871,133	9850,085	trnová značka
7532	753303,960	1081494,100	4873,772	9859,409	trnová značka
7541	753337,216	1081471,722	4907,033	9837,027	trnová značka
7542	753338,136	1081473,008	4907,953	9838,314	trnová značka
7543	753338,165	1081473,347	4907,982	9838,653	trnová značka
7802	753452,301	1080562,900	5022,133	8928,075	trnová značka
7901	753536,030	1079873,276	5105,874	8238,352	trnová značka
7905	753545,009	1079795,339	5114,854	8160,404	trnová značka
7906	753517,080	1079805,513	5086,921	8170,580	trnová značka
7907	753514,597	1079807,931	5084,438	8172,998	trnová značka
7908	753537,216	1079919,674	5107,060	8284,757	trnová značka
7909	753522,592	1079927,612	5092,434	8292,696	trnová značka
9001	753512,541	1079806,025	5082,381	8171,092	provázení
9103	753512,579	1079806,037	5082,419	8171,104	provázení
4001_14	753370,656	1081693,444	4940,478	10058,781	bod z 2014

5011_11	753384,394	1081449,998	4954,217	9815,300	bod z 2011
5011_12	753384,568	1081450,001	4954,391	9815,303	bod z 2012
5011_14	753383,155	1081450,200	4952,978	9815,502	bod z 2014
501n	753430,996	1081632,905	5000,826	9998,233	501 - posun
ARC721	753824,652	1079945,985	5394,537	8311,072	Arcadis Praha
ARC722	753826,980	1079943,014	5396,866	8308,100	Arcadis Praha
ARC723	753827,795	1079938,843	5397,681	8303,929	Arcadis Praha
ARC724	753830,365	1079935,874	5400,251	8300,959	Arcadis Praha
ARC725	753828,696	1079946,190	5398,582	8311,277	Arcadis Praha
ARC726	753825,354	1079959,400	5395,239	8324,488	Arcadis Praha
ARC727	753822,090	1079951,472	5391,975	8316,559	Arcadis Praha
D	753304,386	1081472,229	4874,198	9837,534	pomocný bod
HR1	753516,223	1079917,176	5086,064	8282,259	hřeb ve stěně
HVB2	753396,856	1081621,459	4966,681	9986,786	ZDVBP
HVB4	753372,311	1081461,812	4942,133	9827,116	ZDVBP
HVB5	753420,709	1080872,679	4990,537	9237,899	ZDVBP
K1	753281,559	1081494,555	4851,368	9859,864	trnová značka
K2	753285,069	1081486,636	4854,878	9851,944	trnová značka
K3	753281,614	1081505,027	4851,423	9870,337	trnová značka
K4	753289,621	1081502,763	4859,431	9868,073	trnová značka
K5	753283,491	1081511,102	4853,300	9876,413	trnová značka
K6	753289,683	1081508,676	4859,493	9873,987	trnová značka
L	753304,011	1081472,097	4873,823	9837,402	provažování
P02002	753371,980	1081416,771	4941,802	9782,068	pomocný bod
P03002	753363,045	1081309,221	4932,865	9674,503	pomocný bod
S1	753305,018	1081472,257	4874,830	9837,562	pomocný bod
T01	753303,235	1081472,818	4873,047	9838,124	odrazný štítek
T02	753305,207	1081471,275	4875,019	9836,580	odrazný štítek
T21	753304,763	1081472,643	4874,575	9837,949	odrazný štítek
T41	753304,438	1081472,456	4874,250	9837,762	odrazný štítek
T42	753303,159	1081473,593	4872,971	9838,899	odrazný štítek
TB6	753511,925	1079916,136	5081,765	8281,219	historický bod
VB1	753425,891	1081608,640	4995,720	9973,965	ZDVBP
VB31	753296,967	1081464,055	4866,778	9829,359	nivelační značka
VB32	753302,928	1081484,845	4872,740	9850,152	nivelační značka
VB33	753312,177	1081474,244	4881,990	9839,550	nivelační značka
VB34	753374,910	1081560,566	4944,732	9925,884	nivelační značka

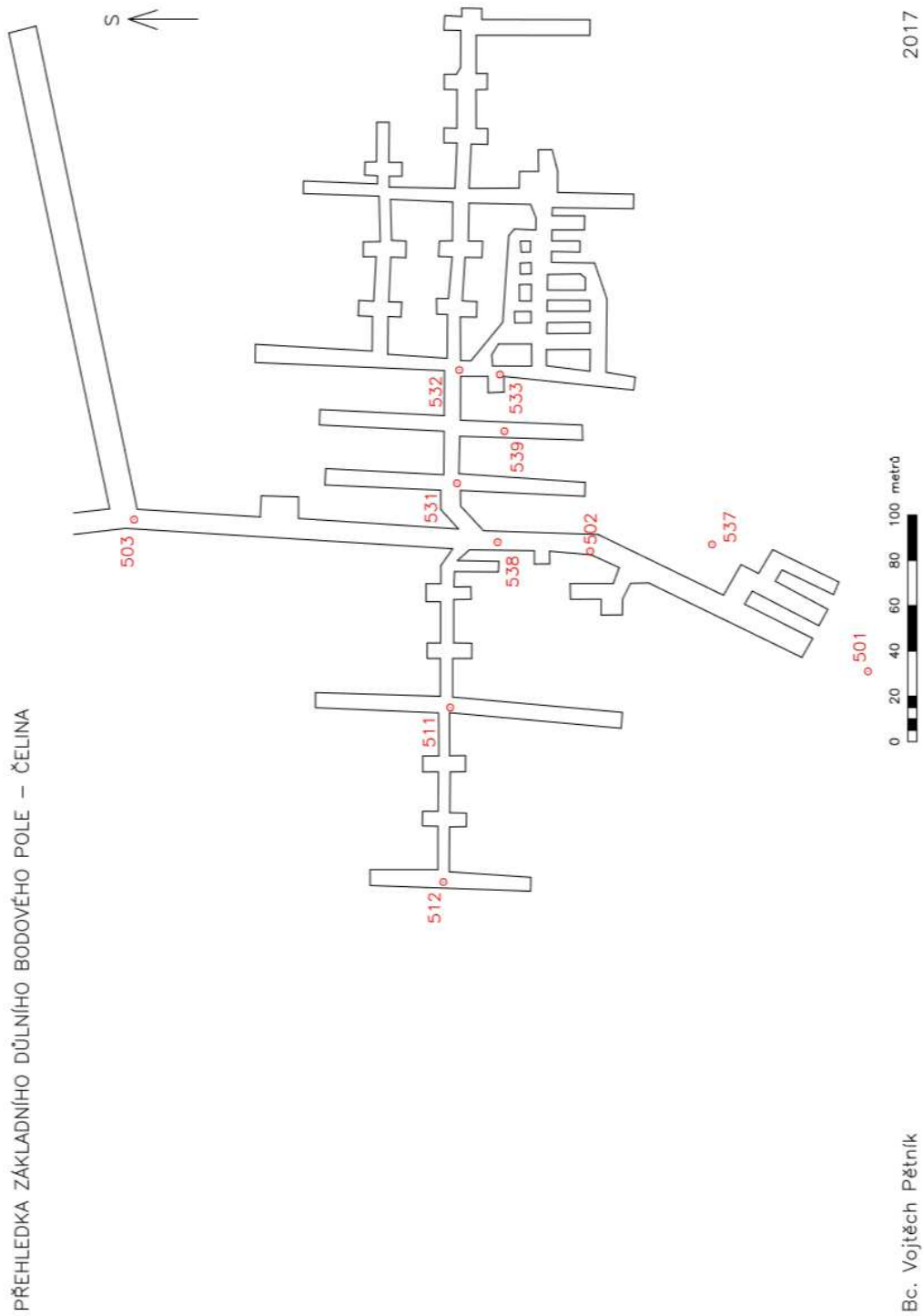


Příloha č. 2 – Přehledka základního důlního bodového pole – Mokrsko



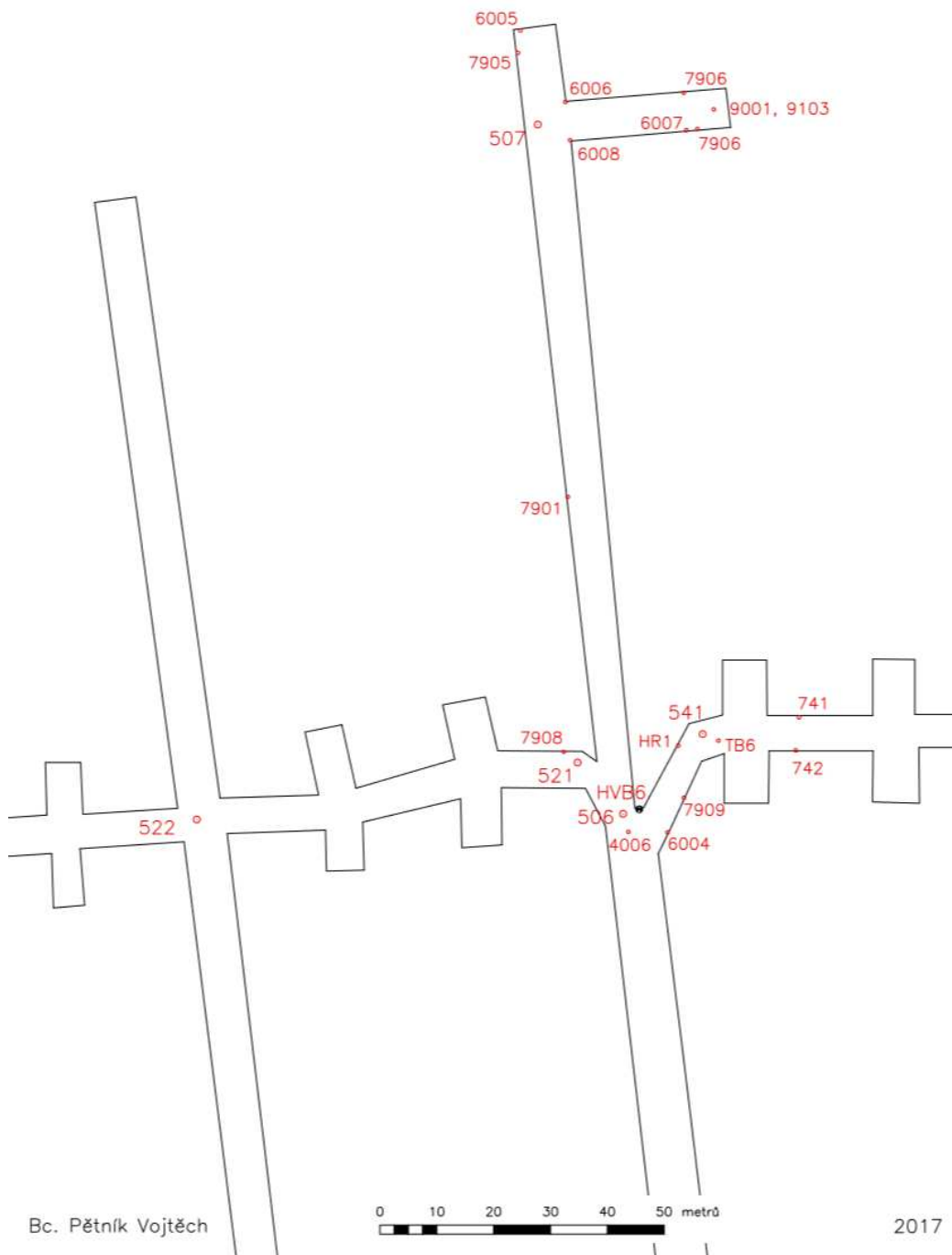


Příloha č. 3 – Přehledka základního důlního bodového pole – Čelina

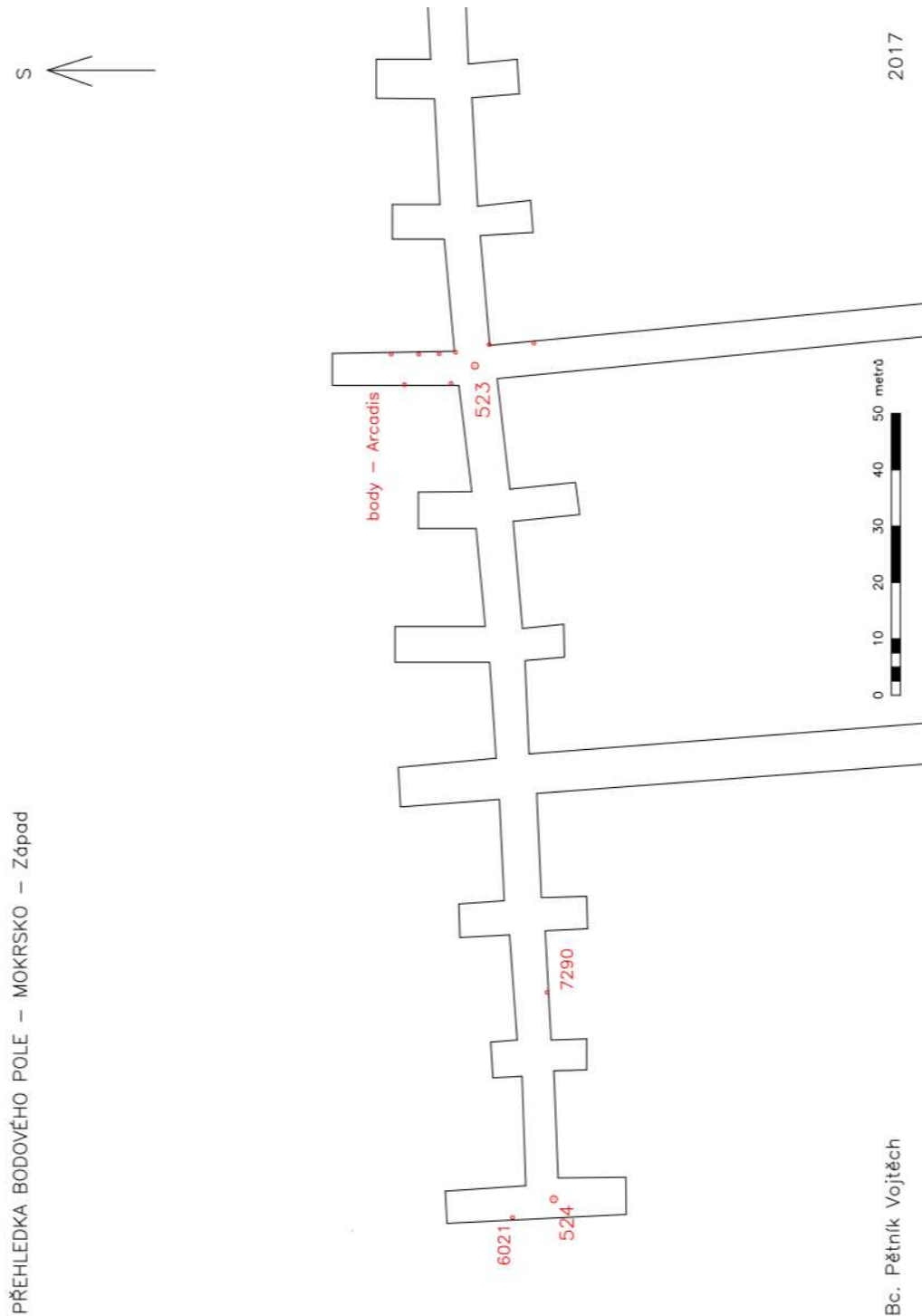


Příloha č. 4 – Přehledka bodového pole – Mokrsko – Střed

PŘEHLEDKA BODOVÉHO POLE – MOKRSKO – Střed



Příloha č. 5 – Přehledka bodového pole – Mokrsko – Západ

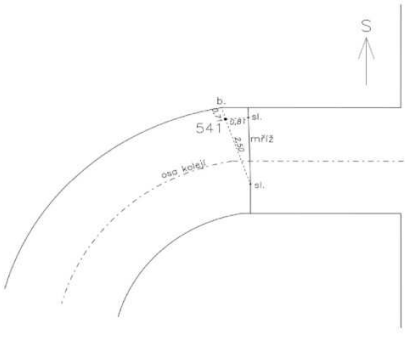
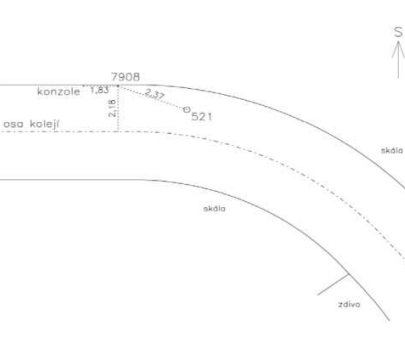


Příloha č. 6 – Geodetické údaje bodů 541 a 7908

GEODETICKÉ ÚDAJE O BODECH
PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE

Kat. území: Čelina
Obec: Smilovice
Okres: Příbram

Strana: 1

Bod 541	Bod zřídil (jméno, rok): UEF Josef, 2017	Y	753513.266	SM5	VS-II-20-20
		X	1079915.346		
Verze	Platnost od:	Nadm. výška (Bpv)	297.206	Místopisný náčrt: 	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu: bod je stabilizován zabetonovanou mosaznou značkou v podlaze stoly		nárys nebo detail:			
Poznámka: Souřadnice S-Josef: Y = 5083.107 X = 8280.428					
Bod 7908	Bod zřídil (jméno, rok): UEF Josef, 2017	Y	753537.216	SM5	VS-II-20-20
		X	1079919.674		
Verze	Platnost od:	Nadm. výška (Bpv)	295.264	Místopisný náčrt: 	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu: bod je stabilizován trnovou mosaznou značkou, pro osazení odr. hranolem, zabetonovanou v ostění štoly		nárys nebo detail:			
Poznámka: Souřadnice S-Josef: Y = 5107.060 X = 8284.757					

Základní parametry vyrovnání

Souřadnice	xyz	xy	z
Vyrovnané :	0	113	0
Opěrné * :	0	102	0
Pevné :	0	1	0

Celkem :	0	114	0

Počet směrů	:	380	Počet osnov	:	81
Počet délek	:	339			
Celkem pozorování	:	719			

Počet rovnic oprav	:	719	Počet neznámých	:	307
Počet nadbyt. pozorování	:	413	Defekt sítě	:	1

m0 apriorní : 1.00
m0' aposteriorní: 1.22 [pvv] : 6.16001e+002

Při statistické analýze se pracuje

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

Maximální normovaná oprava 4.01 přesahuje kritickou hodnotu 1.96
na hladině významnosti 5 % pro pozorování #325
<direction from="506" to="521" val="161.2695" stdev="5.0" />

Pevné body

bod	x	y
501	1081634.672	753430.171

Vyrovnané souřadnice

i	bod	přibližná hodnota	korekce [m]	vyrovnaná hodnota	stř.ch. [mm]	konf.i.
130	144	x	1081485.81447	0.00073	1081485.81520	1.0
	145	y	753448.45175	-0.00021	753448.45154	0.8
502	83	X *	1081511.47411	0.00040	1081511.47451	0.3
	84	Y *	753377.28403	-0.00030	753377.28372	0.4
503	93	X *	1081309.22021	-0.00026	1081309.21996	0.4
	94	Y *	753363.04649	-0.00029	753363.04620	0.9
504	8	X *	1080871.13649	0.00149	1080871.13798	0.5
	9	Y *	753416.11399	-0.00044	753416.11355	1.5

Příloha č. 9 – Ukázka protokolu z vyrovnání – EasyNET – Mokrsko 2017

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

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

Protokol C - Vyrovnání sítě

Vytvořeno: 21. 4. 2017 13:09:15

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

=====

Vyloučení odlehlých hodnot

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0.05
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	0/510 [0.000]
Vodorovný směr:	0/170 [0.000]
Zenitový úhel:	0/170 [0.000]
Šikmá délka:	0/170 [0.000]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	-
Svislé provažování:	-

Vyrovnání sítě

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.693
Počet fixních bodů:	0
Počet vyrovnaných bodů:	26
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	9
Počet vyrovnaných měření:	510
Vodorovný směr:	170
Zenitový úhel:	170
Šikmá délka:	170
Šikmá délka (doplňek):	0
Směrník:	0
Převýšení:	0
Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
Počet nadbytečných měření:	427

C-02 Vyrovnané souřadnice (Aposteriorní přesnost)

=====

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo  
 B: Číslo bodu  
 C: Souřadnice X [m]  
 D: Souřadnice Y [m]  
 E: Souřadnice Z [m]  
 F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]  
 G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]  
 H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C[m]	D[m]	E[m]	F[mm]	G[mm]	H[mm]
1	504	1080871.1416	753416.1171	289.3812	0.277	1.523	4.252
2	505	1080602.1806	753449.8219	291.7652	0.232	0.964	3.472
3	506	1079929.1984	753527.9596	295.1287	0.300	0.166	0.546
4	507	1079808.8536	753542.7902	296.0290	0.312	0.236	0.599
5	521	1079920.8711	753535.3214	295.1932	0.304	0.158	0.547
6	522	1079930.8550	753602.6606	295.4554	0.258	0.207	0.653
7	523	1079949.7687	753827.4688	296.7409	0.975	0.288	1.411
8	524	1079963.2919	753975.4974	297.4926	1.755	0.359	1.554
9	541	1079915.3472	753513.2678	295.1923	0.305	0.163	0.553
10	741	1079913.9842	753496.9491	296.5787	0.320	0.251	0.573
11	742	1079917.1075	753497.6738	296.1740	0.320	0.251	0.571
12	4006	1079931.9458	753527.0287	295.1521	0.299	0.169	0.546
13	6004	1079931.8869	753524.5294	297.0595	0.298	0.170	0.547
14	6005	1079794.5669	753545.1380	298.1105	0.366	0.279	0.613
15	6006	1079806.5781	753540.2163	297.8319	0.330	0.273	0.606
16	6007	1079808.0402	753514.5503	297.9452	0.315	0.305	0.651
17	6008	1079811.1131	753538.3707	297.7059	0.319	0.281	0.603
18	6021	1079955.7302	753977.9425	299.7737	1.778	0.336	1.556
19	7290	1079960.8465	753938.6367	299.7976	1.545	0.361	1.557
20	7802	1080562.9040	753452.3034	294.3521	0.304	0.943	3.491
21	7901	1079873.2765	753536.0322	298.0768	0.316	0.163	0.592
22	7905	1079795.3386	753545.0103	298.2342	0.366	0.277	0.612
23	7906	1079805.5123	753517.0808	298.4494	0.314	0.309	0.643
24	7907	1079807.9304	753514.5973	298.5264	0.315	0.305	0.651
25	7908	1079919.6735	753537.2185	297.1340	0.301	0.163	0.549
26	7909	1079927.6129	753522.5946	297.2742	0.299	0.169	0.547

Příloha č. 10 – Protokol z transformace – S-JTSK – S-Josef

[67] TRANSFORMACE SOUŘADNIC

=====

Identické body:

Bod	I. Y	I. X	II. Y	II. X
501	5000.000	10000.000	753430.171	1081634.672
502	4947.106	9876.785	753377.284	1081511.475
503	4932.867	9674.502	753363.046	1081309.220
504	4985.942	9236.358	753416.114	1080871.138
505	5019.652	8967.360	753449.819	1080602.177
506	5097.801	8294.286	753527.958	1079929.197
507	5112.635	8173.927	753542.789	1079808.854
511	5016.410	9814.823	753446.580	1081449.520
512	5093.293	9812.252	753523.452	1081446.950
521	5105.164	8285.958	753535.319	1079920.871
522	5172.512	8295.942	753602.658	1079930.856
523	5397.351	8314.853	753827.465	1079949.772
524	5545.400	8328.375	753975.493	1079963.298

Transformační parametry:

Rotace : 0.0000
Měřítko : 1.000143192600 (14.3 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava	Y	X
I.	5109.703	9005.802
II.	753539.858	1080640.615

Souřadnicové opravy na identických bodech:

Bod	vY	vX	m0 Red.
501	-0.001	-0.001	0.004
502	0.000	-0.001	0.004
503	0.001	0.000	0.004
504	0.001	0.001	0.004
505	0.001	0.002	0.004
506	0.000	0.005	0.004
507	0.001	0.006	0.003
511	-0.002	0.001	0.004
512	-0.002	0.000	0.004
521	0.001	0.004	0.004
522	0.001	0.001	0.004
523	0.000	-0.006	0.003
524	0.000	-0.012	0.002 *

SQRT([vv]/(n-1)): mY: 0.001 mX: 0.005
Střední souřadnicová chyba klíče m0: 0.004

Transformované body:

Bod	I. Y	I. X	II. Y	II. X
130	5018.285	9851.122	753448.452	1081485.815
501	5000.001	10000.001	753430.171	1081634.672
502	4947.106	9876.786	753377.284	1081511.475
503	4932.866	9674.502	753363.046	1081309.220
504	4985.941	9236.357	753416.114	1080871.138
505	5019.651	8967.358	753449.819	1080602.177
506	5097.801	8294.281	753527.958	1079929.197
507	5112.634	8173.921	753542.789	1079808.854
511	5016.412	9814.822	753446.580	1081449.520
512	5093.295	9812.252	753523.452	1081446.950
521	5105.163	8285.954	753535.319	1079920.871
522	5172.511	8295.941	753602.658	1079930.856
523	5397.351	8314.859	753827.465	1079949.772
524	5545.400	8328.387	753975.493	1079963.298
531	4917.668	9817.442	753347.850	1081452.139
532	4867.793	9818.844	753297.982	1081453.541
533	4868.833	9837.206	753299.022	1081471.901
537	4944.162	9931.114	753374.340	1081565.795
538	4942.851	9835.503	753373.029	1081470.198
539	4894.107	9838.884	753324.292	1081473.578
541	5083.107	8280.428	753513.266	1079915.346
741	5066.785	8279.065	753496.947	1079913.983
742	5067.510	8282.189	753497.672	1079917.106
4001	4940.471	10058.765	753370.649	1081693.428
4002	4975.843	9942.049	753406.016	1081576.729
4003	4943.251	9822.582	753373.429	1081457.279
4006	5096.870	8297.030	753527.027	1079931.945
5001	4943.298	9914.332	753373.476	1081549.016
5002	4943.864	9830.754	753374.042	1081465.450
5003	4930.892	9818.916	753361.072	1081453.613
5010	4870.757	9856.269	753300.946	1081490.961
5011	4952.978	9815.502	753383.155	1081450.200
5012	4874.927	9847.752	753305.115	1081482.445
5013	4855.517	9853.254	753285.708	1081487.946
5014	4875.804	9843.752	753305.992	1081478.446
6001	4989.430	9972.963	753419.602	1081607.638
6002	4975.876	9979.327	753406.049	1081614.001
6004	5094.369	8296.971	753524.527	1079931.886
6005	5114.982	8159.632	753545.137	1079794.567
6006	5110.059	8171.646	753540.215	1079806.579
6007	5084.392	8173.108	753514.551	1079808.041
6008	5108.214	8176.180	753538.370	1079811.113
6011	4852.375	9856.001	753282.566	1081490.693
6021	5547.844	8320.825	753977.937	1079955.737
7011	4980.066	9948.340	753410.239	1081583.019
7013	4976.671	9948.855	753406.844	1081583.534
7021	4966.907	9918.410	753397.082	1081553.093
7023	4963.810	9920.725	753393.985	1081555.408
7031	4950.082	9881.839	753380.259	1081516.527
7033	4947.695	9883.106	753377.873	1081517.794
7041	4947.690	9870.303	753377.868	1081504.993
7042	4946.419	9870.590	753376.597	1081505.280

7043	4944.909	9870.771	753375.087	1081505.461
7051	4946.277	9843.773	753376.455	1081478.467
7053	4943.333	9844.240	753373.511	1081478.934
7213	5396.856	8308.094	753826.970	1079943.008
7233	5397.801	8299.606	753827.915	1079934.521
7290	5508.534	8325.941	753938.632	1079960.852
7511	4883.106	9816.865	753313.293	1081451.562
7512	4881.705	9818.455	753311.892	1081453.152
7513	4883.680	9819.366	753313.867	1081454.063
7522	4867.612	9826.828	753297.801	1081461.524
7531	4871.133	9850.085	753301.322	1081484.778
7532	4873.772	9859.409	753303.960	1081494.100
7541	4907.033	9837.027	753337.216	1081471.722
7542	4907.953	9838.314	753338.136	1081473.008
7543	4907.982	9838.653	753338.165	1081473.347
7802	5022.133	8928.075	753452.301	1080562.900
7901	5105.874	8238.352	753536.030	1079873.276
7905	5114.854	8160.404	753545.009	1079795.339
7906	5086.921	8170.580	753517.080	1079805.513
7907	5084.438	8172.998	753514.597	1079807.931
7908	5107.060	8284.757	753537.216	1079919.674
7909	5092.434	8292.696	753522.592	1079927.612
9001	5082.381	8171.092	753512.541	1079806.025
9103	5082.419	8171.104	753512.579	1079806.037
4001_14	4940.478	10058.781	753370.656	1081693.444
5011_11	4954.217	9815.300	753384.394	1081449.998
5011_12	4954.391	9815.303	753384.568	1081450.001
5011_14	4952.978	9815.502	753383.155	1081450.200
501n	5000.826	9998.233	753430.996	1081632.905
ARC721	5394.537	8311.072	753824.652	1079945.985
ARC722	5396.866	8308.100	753826.980	1079943.014
ARC723	5397.681	8303.929	753827.795	1079938.843
ARC724	5400.251	8300.959	753830.365	1079935.874
ARC725	5398.582	8311.277	753828.696	1079946.190
ARC726	5395.239	8324.488	753825.354	1079959.400
ARC727	5391.975	8316.559	753822.090	1079951.472
D	4874.198	9837.534	753304.386	1081472.229
HR1	5086.064	8282.259	753516.223	1079917.176
HVB2	4966.681	9986.786	753396.856	1081621.459
HVB4	4942.133	9827.116	753372.311	1081461.812
HVB5	4990.537	9237.899	753420.709	1080872.679
K1	4851.368	9859.864	753281.559	1081494.555
K2	4854.878	9851.944	753285.069	1081486.636
K3	4851.423	9870.337	753281.614	1081505.027
K4	4859.431	9868.073	753289.621	1081502.763
K5	4853.300	9876.413	753283.491	1081511.102
K6	4859.493	9873.987	753289.683	1081508.676
L	4873.823	9837.402	753304.011	1081472.097
P02002	4941.802	9782.068	753371.980	1081416.771
P03002	4932.865	9674.503	753363.045	1081309.221
S1	4874.830	9837.562	753305.018	1081472.257
T01	4873.047	9838.124	753303.235	1081472.818
T02	4875.019	9836.580	753305.207	1081471.275
T21	4874.575	9837.949	753304.763	1081472.643
T41	4874.250	9837.762	753304.438	1081472.456

T42	4872.971	9838.899	753303.159	1081473.593
TB6	5081.765	8281.219	753511.925	1079916.136
VB1	4995.720	9973.965	753425.891	1081608.640
VB31	4866.778	9829.359	753296.967	1081464.055
VB32	4872.740	9850.152	753302.928	1081484.845
VB33	4881.990	9839.550	753312.177	1081474.244
VB34	4944.732	9925.884	753374.910	1081560.566

