

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra speciální geodézie



**ZAMĚŘENÍ PODKLADU PRO PROJEKT
REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ TRATI DLE
PŘEDPISŮ SŽDC s.o.**

**Preparation of documentation for project to reconstruction
of railway line according to SŽDC s.o.
regulations**

Diplomová práce

Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie
Vedoucí práce: doc. Ing. Jaromír Procházka, CSc.

Bc. Ondřej Hovorka

Praha 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hovorka

Jméno: Ondřej

Osobní číslo: 410887

Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zaměření podkladu pro projekt rekonstrukce železniční trati dle předpisů SŽDC, s.o.

Název diplomové práce anglicky: Preparation of documentation for project to reconstruction of railway line according to SŽDC, s.o. ragulations

Pokyny pro vypracování:

Vyhotovte kompletní geodetickou dokumentaci podkladu pro projekt rekonstrukce železniční trati TÚ0291 Zadní Třebaň - Lochovice od km 13,200 do km 19,400 dle předpisů SŽDC, s.o. Dále se zaměřte na vybrané metody zaměření osy koleje a posuďte jejich přesnost.

Seznam doporučené literatury:

[1] M20/MP004: Meodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje. SŽDC, 2016

[2] M20/MP005: Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkých měřítek. SŽDC, 2016

[3] M20/MP006: Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty. SŽDC, 2016

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Jaromír Procházka, Csc.

Datum zadání diplomové práce: 25.2.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 19.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně, pod vedením doc. Ing. Jaromíra Procházky, CSc., a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne

Bc. Ondřej Hovorka

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Jaromíru Procházkovi za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování této práce věnoval. Děkuji také firmě Pragema, s.r.o. za možnost podílet se na zaměření a za poskytnutí potřebných podkladů k vypracování této práce. Zvlášť bych rád poděkoval panu Ing. Lukáši Weissovi a panu Ing. Tomáši Hlaváčkovi za cenné konzultace. V neposlední řadě děkuji svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vyhotovením kompletní geodetické dokumentace podkladu pro projekt rekonstrukce železniční trati Zadní Třeboň – Lochovice dle předpisů SŽDC, s.o.

Následně se zabývá rozborem přesností vybraných metod zaměřování osy koleje.

Klíčová slova

Geodetická dokumentace, Prostorová poloha koleje, Železniční trať, Rozbory přesnosti, Předpis SŽDC, Železniční bodové pole

Abstract

This thesis deals with the preparation of a complete geodetic documentation for the project of reconstruction of the railway line Zadní Třeboň – Lochovice according to SŽDC, s.o.

Subsequently the thesis deals with the analysis of the accuracy of selected methods of tracking the axis of the track.

Keywords

Geodetic documentation, Spatial position of railway, Railway, Accuracy analysis, SŽDC regulation, Railway point file

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíle práce	11
3 Železniční trať č. 172	12
3.1 Historie tratě.....	12
3.2 Zájmový úsek	14
4 Přípravné práce.....	15
4.1 Získání bodového pole	15
4.1.1 Body železničního bodového pole	15
4.1.2 Zajišťovací značky	16
4.1.3 Číslování bodů železničního bodového pole.....	17
4.2 Ohraničovací plány	18
4.3 Zajištění vstupu do provozované dráhy	19
4.3.1 Průkaz pro vstup na drážní pozemky	19
4.3.2 Zápis firmy do systému SŽDC.....	19
5 Měřické práce.....	20
5.1 Požadavky na volbu stanovisek, orientací a identických bodů	20
5.1.1 Obecné požadavky	20
5.1.2 Splnění požadavků v zájmovém úseku	21
5.2 Podrobné měření	22
5.2.1 Zaměření železničního svršku.....	24
5.2.2 Zaměření železničního spodku.....	30
5.2.3 Zaměření terénních útvarů a ostatních prvků.....	37
5.3 Použité přístroje	39
6 Výpočetní práce	40
6.1 Homogenizace bodového pole	40
6.2 Výpočet podrobných bodů	41
6.3 Výpočet návaznosti sousedních stanovisek	43
7 Zpracování.....	46
7.1 Automatická kresba.....	46
7.2 Dokončovací práce a kontroly	51
7.2.1 Doplnění popisu objektů	51
7.2.2 Vykreslení výhybek	52

8 Odevzdání dokumentace	53
9 Projektová dokumentace	56
10 Posouzení přesnosti metod měření osy koleje	57
10.1 Rozbory přesnosti metod	57
10.1.1 Zaměření polohy kolejnic a výpočet osy koleje.....	61
10.1.2 Zaměření na rozchodku s pevnými cíli	65
10.1.3 Zaměření pomocí měřicího vozíku (APK).....	71
10.2 Porovnání	75
10.2.1 Porovnání z hlediska přesnosti.....	75
10.2.2 Porovnání z ekonomického hlediska.....	77
11 Závěr	79
Seznam zdrojů.....	83
Seznam příloh.....	85
Seznam obrázků	86
Seznam tabulek	89
Přílohy	90

Seznam zkratek

APK	Absolutní poloha koleje
CPS	Cizí právní subjekt
ČD	České dráhy
ČSD	Československé dráhy
ČSN	Česká státní norma
ČVUT	České vysoké učení technické
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
Bpv	Výškový systém Baltský – po vyrovnání
ETRS	Evropský terestrický referenční systém
GIS	Geografický informační systém
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPK	Geometrické parametry koleje
JŽM	Jednotné železniční mapy
ML	Mapový list
OŘ	Opatření ředitele
PPK	Prostorová poloha koleje
PŽDC	Provozovaná železniční dopravní cesta
S-Gr95	Tíhový systém 1995
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SPPK	Správce prostorové polohy koleje
SŽBP	Správce železničního bodového pole
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
SŽG	Správa železniční geodézie
ÚOZI	Úředně oprávněný zeměměřický inženýr
TP	Trakční podpěra
TÚ	Traťový úsek
TÚDC	Technická ústředna dopravní cesty
ÚOZI	Úředně oprávněný zeměměřický inženýr
ZZ	Zajišťovací značka
ŽBP	Železniční bodové pole
ŽDC	Železniční dopravní cesta

1 Úvod

Téma diplomové práce je úzce spojené se železniční dopravou. Při studiu na ČVUT v Praze jsem se v rámci pomocných prací pro firmu Pragema s.r.o., zabývající se geodetickými a mapovacími pracemi, dostával především k zaměřování železničních tratí. Tento druh geodézie jsem si velmi oblíbil. V bakalářské práci jsem zpracoval téma „Určení prostorové polohy zajišťovacích značek železniční trati“, se kterou mi firma pomohla poskytnutými daty a přístroji k samotnému měření.

Touto diplomovou prací bych rád na svou předchozí práci navázal. Zajišťovací značky, jejichž prostorovou polohu jsem určoval právě v rámci bakalářské práce, plní úlohu železničního bodového pole. Body tohoto pole jsou následně podkladem pro zaměření všech prvků železničního svršku i spodku, ostatních prvků železniční trati a také terénních útvarů na pozemcích SŽDC, s.o.

Zaměření těchto prvků se provádí, mimo jiné, pro vyhotovení geodetické dokumentace podkladu pro projekt rekonstrukce železničních tratí, což je téma této diplomové práce. Souvislost a návaznost na bakalářskou práci je tedy zřejmá.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je vyhotovit kompletní geodetickou dokumentaci podkladu pro projekt rekonstrukce železniční trati č. 172, TÚ0291 Zadní Třebaň – Lochovice od km 13,200 do km 19,400 dle předpisů SŽDC, s.o.

Předmětem práce je zaměřit veškeré prvky železničního svršku a spodku, ostatní prvky železniční trati a terénní útvary v zadaném úseku železniční trati v rozsahu hranic pozemků SŽDC, s.o., metodami a technologickými pomůckami, které splňují požadavky SŽDC, s.o.

Dalším úkolem práce je zvláště se zaměřit na vybrané metody zaměření osy koleje, porovnat metody s hlediska teoretických přesností a zhodnotit výhody a nevýhody jejich použití v praxi.

3 Železniční trať č. 172

Zadní Třebeň - Lochovice

3.1 Historie tratě

Trať č. 172 vznikla jako soukromá místní dráha, postavená společností Místní dráha Zadní Třebeň – Lochovice se zemskou garancí. Doprava byla zahájena 30. 8. 1901. Provozovatelem byla do roku 1918 KkStB (v překladu Císařsko-královské státní dráhy). Od roku 1918 dráhu provozuje ČSD (po rozdělení federace v roce 1993 se společnost přejmenovala na ČD, a.s.).

Délka této jednokolejné regionální tratě měřené ze Zadní Třebaně do Lochovic je 26,5 km a největší stoupaní dosahuje 26,3 ‰. Ze své délky je trať 12,7 km ve stoupaní a 9,2 km ve spádu. Dále obsahuje 10,8 km kolejí v obloucích a 15,7 km kolejí v přímém směru. Pod tratí je celkem vedeno 117 propustků pro povrchovou vodu a přes trať je vystaveno celkem 96 přejezdů a přechodů pro chodce.

Výstavba železničního spodku, drážních staveb a ostatních zařízení na trati stála 963 116 korun. Do celkové částky se však musí započítat i záložní fond, přípravné práce, výkupy pozemků atd. Celkově bylo tedy na výstavbu trati vynaloženo 2 786 400 korun.

[16]



Obrázek 1: Trať č. 172 [22]

Ve snaze co nejvíce snížit celkové náklady byl na celé trati vystaven jeden typ zděných strážních domků, jeden typ zděných nádražních budov a jeden typ dřevěné čekárny, přičemž všechny vystavěné objekty splňovali podmínky a normy rakouských drah a Zemského výboru království Českého. [16]

Tabulka 1: Seznam stanic a zastávek na trati č. 172 [16]

Kilometráž [km]	Název	Typ
0,000	Zadní Třeboň	stanice
3,173	Běleč	zastávka
5,151	Liteň	stanice
7,945	Skuhrov pod Brdy	zastávka
9,850	Nesvačily	zastávka
11,832	Všeradice	zastávka
13,496	Vižina	zastávka
16,008	Osov	zastávka
18,726	Hostomice pod Brdy	stanice
21,089	Radouš	zastávka
22,490	Neumětely	zastávka
26,561	Lochovice	stanice

3.2 Zájmový úsek

Celá zakázka obsahovala vyhotovení geodetické dokumentace železniční trati č. 172 Zadní Třeboň – Lochovice od km 0,076 do km 25,550, tedy bez konečné stanice Lochovice. Firma Pragema, s.r.o. byla hlavním dodavatelem prací na zakázce. Geodetické zaměření, výpočty a vyhotovení výkresu provedla firma v úseku km 13,200 až km 25,550. První polovinu trati, tedy úsek od km 0,076 do km 13,200, vyhotovil subdodavatel.

Pro účely této diplomové práce byl zvolen úsek od km 13,200 do km 19,400, jelikož jsem se na geodetickém zaměření tohoto úseku aktivně podílel. Konkrétně od km 13,200 až km 17,500 jako figurant a od km 17,500 do km 19,400 jako vedoucí měřické čety.

V zájmovém úseku, který byl zvolen pro tuto práci, se nachází železniční stanice Hostomice pod Brdy a železniční zastávky Osov a Vižina. V průběhu trati bylo zaměřeno 18 propustků, 5 přejezdů a železniční most. Fotodokumentace měřeného úseku je součástí této práce (viz kap. Přílohy).



Obrázek 2: Propustek u přejezdu přes trať č. 172

4 Přípravné práce

Před samotným měřením bylo potřeba zajistit několik dokumentů, podkladů a požadavků. Podkladem pro měření veškerých prvků železniční trati a jejího okolí je zpravidla železniční bodové pole (ŽBP). Jeho získání je základem pro podrobné měření. Dále byl potřeba určit rozsah měření. K tomu slouží ohraničovací plány. Důležité je také získání povolení pro vstup do provozované železniční dopravní cesty (PŽDC). Každá firma, která provádí měření na železniční trati, musí být zapsaná v systému SŽDC, s.o. a každý člen čety musí být proškolen o bezpečnosti pohybu v provozované dráze.

4.1 Získání bodového pole

4.1.1 Body železničního bodového pole

Jediným povoleným podkladem, jinými slovy bodovým polem, pro zaměřování, vytyčování, ověřování nebo kontrolní měření objektů železniční infrastruktury, je ŽBP. Normou ČSN 73 6320-2^[15] je ŽBP definované jako polohový a výškový systém, k němuž je vztahena prostorová poloha koleje. Poloha a výška je určena v závazném referenčním systému SŽDC, s.o., které jsou, dle předpisu SŽDC M20 „Pro zeměměřictví“^[1], pro polohu S-JTSK a ETRS, pro výšku Bpv a pro zemskou tíži S-Gr95. Bodové pole tvoří soustava měřických značek nacházejících se v obvodu dráhy nebo v jejím ochranném pásmu. Jeho aktuální stav ověřuje a poskytuje místně příslušný Správce železničního bodového pole (SŽBP), kterým je Správa železniční geodézie (SŽG), např. prostřednictvím elektronické pošty. [5]



Obrázek 3: Bod ŽBP

4.1.2 Zajišťovací značky

Součástí železničního bodového pole a zároveň jeho nejpodrobnějšími body jsou zajišťovací značky (ZZ). Tyto značky zajišťují prostorovou polohu koleje a při podrobném měření prvků železniční infrastruktury slouží jako orientační body. Podmínky zaměření ZZ a požadavky na přesnost zaměření uvádí především předpis S3, díl III: „Železniční svršek, Zajištění prostorové polohy koleje“^[7]. [17]



Obrázek 4: Konzolová zajišťovací značka [17]



Obrázek 5: Sloupkový typ zajišťovací značky [17]

Typy ZZ, metody určení jejich prostorové polohy, přesnosti těchto metod a jejich vzájemné porovnání rozebírá má bakalářská práce „Určení prostorové polohy zajišťovacích značek železniční trati“^[17].

Pro účely této práce body železničního bodového pole (ŽBP) poskytla firma Pragema, s.r.o., která bodové pole převzala od Správy železniční geodézie jako podklad pro měřické a následné výpočetní práce.

Celkem bylo použito pro měřické a výpočetní práce 38 bodů ŽBP.

4.1.3 Číslování bodů železničního bodového pole

Číslo každého bodu ŽBP má celkem 12 cifer. Číslování bodů je následující:

XXXX0000CCCC,

kde:

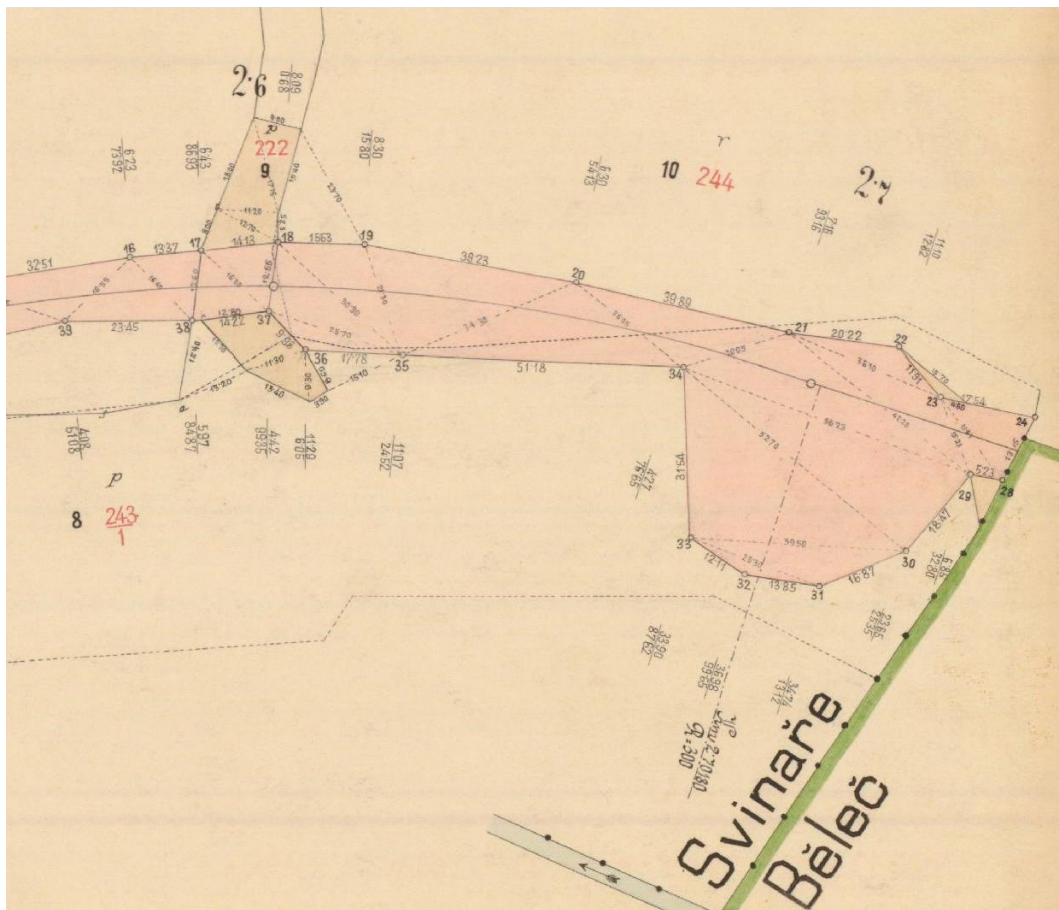
XXXX - číslo traťového úseku,

CCCC - vlastní číslo bodu.

například: 029100000589,
029100003130.

4.2 Ohraničovací plány

V ohraničovacích plánech jsou zakresleny hranice pozemků SŽDC, s.o. Naskenované plány poskytla pro účely této práce firma Pragema s.r.o., která tento podklad převzala od Správy železniční geodézie. Ohraničovací plány byly podkladem pro vymezení měřických činností.



Obrázek 6: Příklad ohraničovacího plánu.

4.3 Zajištění vstupu do provozované dráhy

4.3.1 Průkaz pro vstup na drážní pozemky

Vstup do míst veřejnosti nepřístupných, jako je provozovaná železniční dopravní cesta (PŽDC), je povolen pouze s průkazem pro cizí právní subjekt (CPS). Žadatel předloží „Žádost o vydání Průkazu pro CPS“ elektronickou formou. Tato žádost je ke stažení na webových stránkách SŽDC, s.o. K žádosti je zapotřebí předložit také protokol o absolvování školení o BOZP dle předpisu SŽDC, s.o. Zam1 “ Předpis o odborné způsobilosti a znalosti osob při provozování dráhy a drážní dopravy“^[9] a lékařský posudek o zdravotní způsobilosti k práci vydaný ve smyslu ustanovení zákona č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách^[13]. [10]

Jsem držitelem průkazu pro vstup do PŽDC od srpna 2017. Byl jsem proškolen o BOZP a úspěšně jsem prošel zdravotní prohlídkou. Platnost průkazu je do 31. 8. 2019 (viz Obrázek 7), tudíž jsem mohl provádět měřické činnosti pro účely této práce.



Obrázek 7: Průkaz SŽDC opravňující vstup do provozované železniční dopravní cesty

4.3.2 Zápis firmy do systému SŽDC

Po podepsání smlouvy o provedení prací na zakázce místně příslušný správce firmu zapíše do systému cizích právních subjektů vykonávajících pracovní činnosti pro SŽDC, s.o. na dobu vymezenou pro provedení prací, uvedenou ve smlouvě. Každý den, před zahájením samotných pracovních úkonů je zastupující fyzická osoba povinna se nahlásit na nejbližší obsluhované železniční stanici. Po provedení kontroly, zda hlášená firma je řádně zapsána na příslušné datum do systému SŽDC, s.o., je možné zahájit pracovní činnost.

5 Měřické práce

5.1 Požadavky na volbu stanovisek, orientací a identických bodů

5.1.1 Obecné požadavky

Volba stanovisek a požadavky na počet a rozmístění orientací se mění s ohledem na požadovanou přesnost měřeného elementu. Nejpřesnější výsledky vyžaduje měření prostorové polohy koleje (PPK) a prvky průjezdného průřezu. Tyto požadavky jsou uvedeny především v předpisu SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje“^[2]. Méně náročné na přesnost je měření objektů a terénních útvarů mimo průjezdný průřez tratě.

Pro měření PPK a prvků průjezdného průřezu železniční tratě je nejvhodnější metoda pevných stanovisek na bodech železničního bodového pole (ŽBP). Požadovány jsou minimálně 2 orientace na sousední body ŽBP. Sousední stanoviska musí mít vždy alespoň jednu společnou orientaci.

V případě chybějícího bodu bodového pole je možné vytvořit dočasně stabilizovaný bod, který měřickou síť zahustí. Bod musí být zaměřen a určen pomocí rajónu alespoň ze dvou bodů ŽBP s orientacemi alespoň na další 2 body pole. V případě chybějících dvou sousedních bodů je možné vytvořit dočasně stabilizované body, které musí být zaměřeny a určeny pomocí oboustranně orientovaného polygonového pořadu.

Je možné, že směrové poměry trati, vegetace a další nepředvídatelné okolnosti znemožní využít některé body ŽBP jako pevná stanoviska. Poté je volena kombinovaná metoda pevných a volných stanovisek. Z každého volného stanoviska musí být vždy zaměřeny všechny viditelné a použitelné body ŽBP, nejméně však 3.

Je-li předmětem měření trať se zajištěním prostorové polohy koleje zajišťovacími značkami, vyžaduje se zaměření všech viditelných zajišťovacích značek. [2]

Požadavky na stanoviska a orientace při zaměřování objektů a terénních útvarů mimo průjezdný průřez trati jsou uvedeny v předpisu SŽDC M20/MP006 „Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty“^[4]. Je povoleno použití volných stanovisek určených rajónem z bodů železničního bodového pole (ŽBP). Je možné využít GNSS měření s ověřením na minimálně 2 body ŽBP. [4]

5.1.2 Splnění požadavků v zájmovém úseku

Situace na železniční trati č. 172 umožnila pro zaměření osy koleje a prvků v průjezdném průřezu využít stanovisek přímo na bodech ŽBP s orientacemi na 2 sousední body pole. V některých případech, kdy byla omezená viditelnost mezi body ŽBP, bylo použito volných stanovisek s minimálně třemi orientacemi na body ŽBP.

Pro zaměření terénních útvarů a dalších těžko přístupných objektů mimo průjezdný průřez bylo využito volných stanovisek, případně polygonových pořadů s připojením na body ŽBP.

Byly tedy splněny požadavky na stanoviska a orientace zadané objednavatelem, Správou železniční geodézie, a uvedené v předpisu SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje“^[2] a předpisu SŽDC, s.o. M20/MP006 „Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty“^[4].

5.2 Podrobné měření

Zadavatelem byl požadován plošný rozsah zaměření do hranice pozemků SŽDC, s.o., včetně jednoho bodu za hranicí tak, aby byl patrný průběh terénu. U přejezdů či mostů bylo požadováno mapování situace alespoň 30 m od osy koleje ve směru komunikace či vodního toku.

Předmětem bylo zaměření stávajícího stavu. Jednalo se o železniční svršek, spodek, terénní útvary, komunikace, vodní toky a všechny viditelné předměty a pevná zařízení dle předpisu SŽDC, s.o. M20/MP006 „Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty“^[4] a předpisu SŽDC, s.o. M20/MP010 „Účelová železniční mapa velkého měřítka“^[6]. U objektů ve vzdálenosti menší než 2,5 m od osy koleje bylo nutno zaměřit i líc objektů směrem k řešené koleji, s ohledem na dodržení průjezdného profilu.

Všechny prvky směrového řešení koleje, tj. oblouky, včetně dílčích oblouků složeného oblouku, přechodnice a přímé části koleje, byly zaměřeny minimálně třemi body. Ve všech obloucích, včetně dílčích oblouků složeného oblouku, byly kromě výšek temene nepřevýšené kolejnice zaměřeny alespoň na třech místech oblouku převýšení kolejnicových pásů.

Na každém stanovisku byly zaměřeny minimálně 2 identické body mezi sousedními stanovisky. Vždy na začátku a na konci zaměřování podrobných bodů na stanovisku.

V souladu s předpisem SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje“^[2] byla kontrolována návaznost sousedních stanovisek pomocí tzv. překrytových bodů. Tyto body se volí na ose koleje v největší viditelné vzdálenosti, ne však větší než 150 m od stanoviska. Zároveň tuto hodnotu nesmí překročit ani vzdálenost mezi překrytovými body a sousedním stanoviskem. Byly zaměřeny 3 překrytové body na maximálně 2 metrech koleje v podélném směru z prvního stanoviska a stejné body byly zaměřeny ze stanoviska sousedního.

Zaměření železničního svršku, spodku a terénních útvarů bylo provedeno prostorovou polární metodou ze stanovisek a s orientacemi splňujícími požadavky předpisů SŽDC, s.o. (viz kap. 5.1 Požadavky na volbu stanovisek, orientací a identických bodů). Způsob, jakým byly měřeny jednotlivé prvky železničního svršku, spodku a terénních útvarů, je popsán dále.

Fotokatalog SŽDC

Objekty železniční dopravní cesty se rozdělují podle datového modelu SŽDC, s.o., který je stanoven předpisem SŽDC, s.o. M20/MP005 „Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka“^[3]. Způsob zaměření objektů z tohoto předpisu podrobně popisuje navazující předpis SŽDC, s.o. M20/MP006 „Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty“^[4], který slouží jako pomůcka pro správné rozlišení prvků v terénu a jejich následné geodetické zaměření.

Pro lepší orientaci a přehlednost mezi datovými objekty obsahuje část předpisu M20/MP006^[4] fotografie, jak zaměřované prvky v terénu vypadají a jak je správně geodeticky zaměřit. Pro tuto část předpisu se vžil název *fotokatalog*.

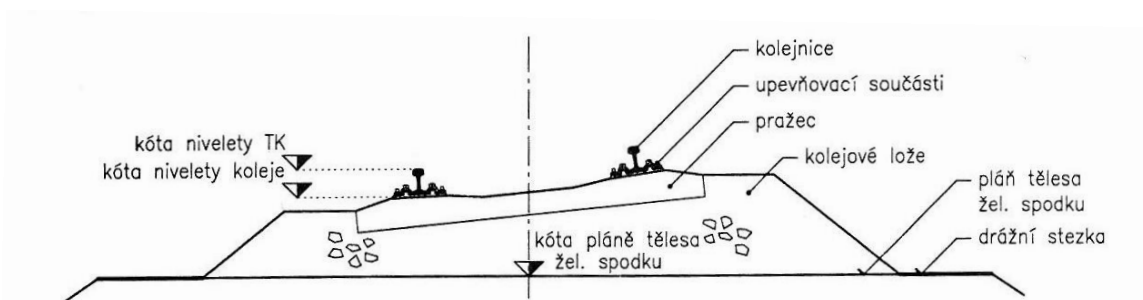
Vzhledem k neustále se zvětšující databázi prvků fotokatalogu a také k možnosti vyhledávat jednotlivé prvky a způsoby jejich zaměření přímo v terénu, vytvořila Technická ústředna dopravní cesty (TÚDC) webovou podobu fotokatalogu. Obsah i struktura je stejná s fotokatalogem v předpisu M20/MP006^[4]. Výhodou webového provedení je však možnost vyhledávat prvky dle klíčových slov a tím tak i rychlejší a snazší zjištění jejich správného určení a správného geodetického zaměření. [24]

5.2.1 Zaměření železničního svršku

Železniční svršek je jednou ze základních částí železniční dopravní cesty a tvoří jízdní dráhu pro železniční vozidla. Konstrukce železničního svršku je závislá na parametrech příslušné trati, jako je rychlost, dovolené zatížení nebo intenzita provozu a je tvořena kolejemi, výhybkami a účelovými konstrukcemi, které ji doplňují.

Základní součástí železničního svršku jsou dva kolejnicové pásy upevněné v předepsané vzdálenosti na kolejnicové podpory (nejčastěji příčné pražce). Tato soustava se označuje pojmem kolejový rošt. Upevnění kolejnic (hřeby, vrtulemi, šrouby) k pražcům zajišťuje stálost rozchodu koleje, která je na normálněrozchodných tratích 1435 mm.

Součástí konstrukce, zásady pro projektování, stavbu, modernizaci, rekonstrukci, opravy a údržbu konstrukcí železničního svršku stanovuje předpis SŽDC, s.o. S3 „Železniční svršek“^[7]. [19], [20]



Obrázek 8: Součásti železničního svršku [20]

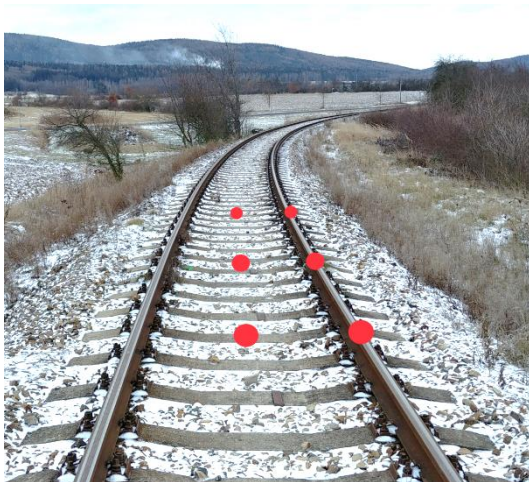
Nejdůležitější částí železničního svršku je kolej, resp. určení její prostorové polohy. Pokyny a technické požadavky na měření určuje předpis SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje“^[2] a předpis SŽDC, s.o. M20/MP006 „Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty“^[4]. Měření v terénu bylo provedeno v souladu s těmito předpisy. Byla dodržena maximální vzdálenost sousedních podrobných bodů osy koleje, která činí 25 m. Dále byla dodržena podmínka nejvzdálenějšího podrobného bodu osy koleje od stanoviska přístroje. Vzdálenost nesmí překročit hodnotu nejvzdálenější orientace, zároveň nesmí být delší než 150 m.

Osa koleje byla měřena na rozchodku s pevnými cíli v ose koleje a v místě nepřevýšeného pásu.

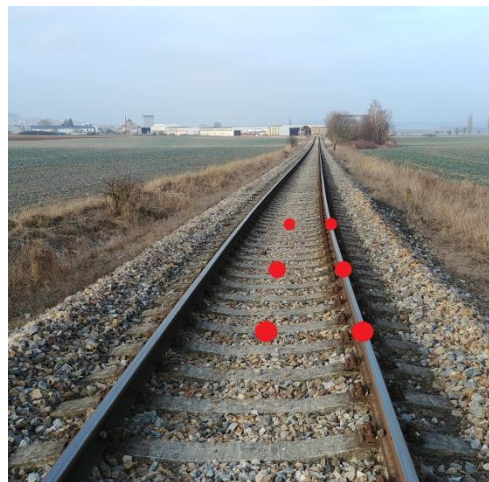


Obrázek 9: Zaměření osy koleje na rozchodku

Kromě podrobných bodů osy koleje v přímých úsecích, byla zaměřena osa koleje v důležitých bodech, jakými jsou: začátek a konec oblouku včetně podrobných bodů v oblouku a začátek a konec přechodnice včetně podrobných bodů v přechodnici.



Obrázek 10: Kolej v oblouku



Obrázek 11: Kolej v přechodnici

Další součástí koleje jsou výhybky. Byla zaměřena osa koleje na začátku a na konci výhybky (viz Obrázek 12 a 13) a v místě začátku jazyka výhybky (viz Obrázek 14).



Obrázek 12: Začátek výhybky [24]



Obrázek 13: Konec výhybky [24]

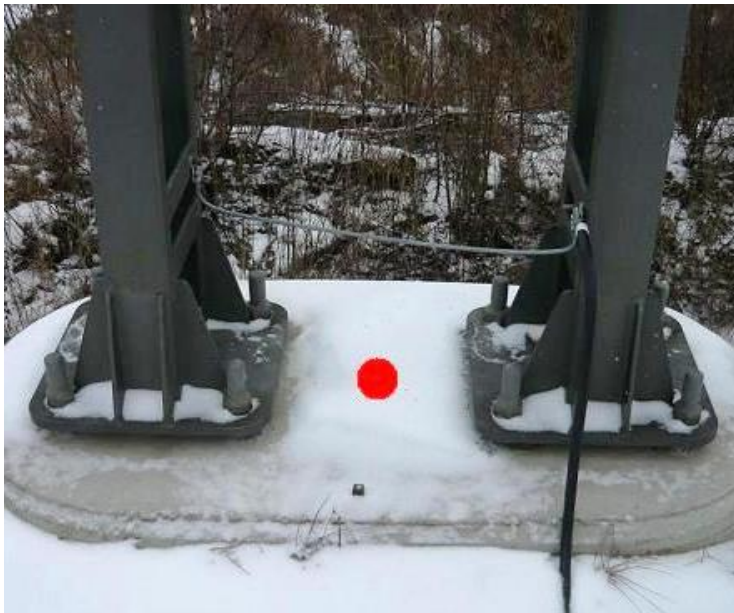


Obrázek 14: Jazyk výhybky [24]



Obrázek 15: Výhybková křižovatka [24]

Trakční podpěry, osvětlovací stožáry a ostatní sloupy či sloupkové značky byly měřeny v ose. Výška byla vztažena k patce podpěry, případně k průmětu s terénem. Dvojité trakční podpěry byly zaměřeny jedním bodem uprostřed s výškou vztaženou k patce podpěry (viz Obrázek 16).



Obrázek 16: Trakční podpěra příhradová dvojitá [24]



Obrázek 17: Trakční podpěra betonová [24]

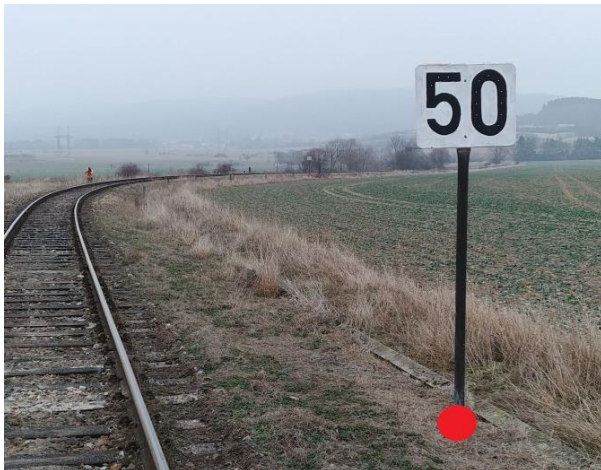


Obrázek 18: Trakční podpěra ocelová jednoduchý profil [24]



Obrázek 19: Trakční podpěra ocelová trubková [24]

Návěsti traťové rychlosti a světelná návěstidla byla zaměřena v patce sloupku nebo v průmětu s terénem. V případě rychlostní značky umístěné na trakční podpěře či sloupu, byla k příslušné trakční podpěře ve výkresu přidána značka rychlostníku.

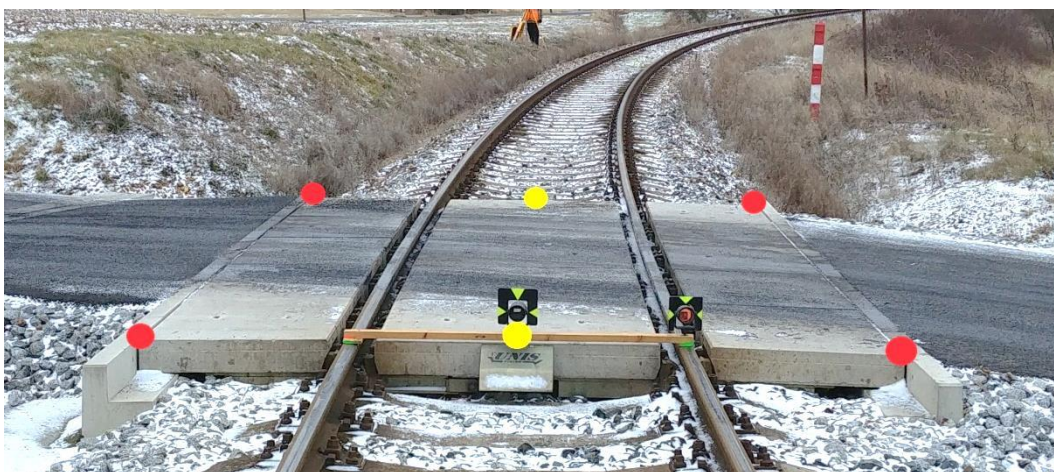


Obrázek 20: Návěstidlo traťové rychlosti



Obrázek 21: Světelná návěstidla (na stožáru a trpasličí) [24]

Přejezdy a přechody byly zaměřeny na hranách panelů či jiných typů materiálu a v ose koleje na začátku a na konci přejezdu (viz Obrázek 22). Tyto body jsou součástí osy koleje.



Obrázek 22: Přejezd - červené body hrany přejezdu, žluté body začátku a konce přejezdu v ose koleje

Nedílnou součástí železničního svršku jsou štěrkové násypy neboli štěrkové lože. Jedná se o vrstvu kameniva, která slouží k uložení pražců a kolejových pásů. Štěrkové lože bylo zaměřeno v příčných řezech společně s osou koleje a to na horní a spodní hraně náspu (viz Obrázek 23).



Obrázek 23: Vyznačené hrany štěrkového lože

Staničník vyznačuje polohu staničení kolejí měřenou od začátku do konce příslušné trati. Jedná se o bílý kvádrový kámen s černým číslem nebo bílou desku s černým číslem umístěnou na sloupku nebo trakční podpěře.



Obrázek 24: Staničník - kámen

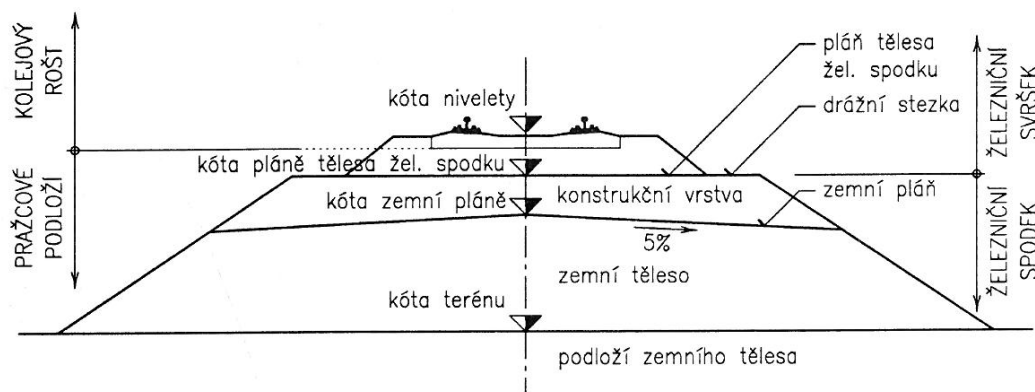


Obrázek 25: Staničník - deska [24]

5.2.2 Zaměření železničního spodku

Železniční spodek je jednou ze základních částí provozované železniční dopravní cesty. Jedná se o vícevrstvý systém, který tvoří podklad pro uložení železničního svršku. Železniční spodek tvoří:

- těleso železničního spodku,
- stavby železničního spodku,
- dopravní plochy a komunikace,
- drobné stavby a zařízení železničního spodku.



Obrázek 26: Hlavní části konstrukce železniční trati [20]

Těleso železničního spodku vzniká takovými úpravami terénu, které zajistí potřebnou geometrii tratě. Tvoří jej zemní těleso, konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku a odvodňovací zařízení.

Stavby železničního spodku jsou konstrukce, které z části nebo úplně nahrazují těleso železničního spodku, zvyšují jeho stabilitu nebo jej chrání. Patří sem mosty, propustky, tunely, opěrné, zárubní a gabionové zdi, protihlukové stěny nebo ochranné sítě na skalách.

Dopravními plochami a komunikacemi jsou stavby, které jsou určeny k nastupování a vystupování cestujících, k manipulaci a skladování zboží a zajištění dopravní obsluhy při provozu dráhy. Patří sem tedy nástupiště, nákladiště, rampy a drážní pozemní komunikace.

Drobnými stavbami železničního spodku jsou prohlídkové a čistící jámy, zarážedla, oplocení a zábradlí.

Součástí konstrukce, zásady pro projektování, stavbu, modernizaci, rekonstrukci, opravy a údržbu konstrukcí železničního svršku stanovuje předpis SŽDC, s.o. S4 „Železniční spodek“^[8]. [18], [20]

Sokly u trakčních podpěr či návěstidel byly zaměřeny jako 3D objekty. Výška trakční podpěry či návěstidla byla vztažena k horní hraně soklu. Patka soklu byla měřena v průmětu s terénem.



Obrázek 27: Sokl trakční podpěry ocelové trubkové [24]



Obrázek 28: Sokl kotvy trakční podpěry [24]

Příkopy se zpevněným dnem (žlaby) a příkopy s nezpevněným dnem byly zaměřeny v příčných řezech na dně a na hraně příkopu.



Obrázek 29: Příkop s nezpevněným dnem [24]



Obrázek 30: Příkop se zpevněným dnem (žlab) [24]

Mezi stavby železničního spodku patří především mosty a propustky. V tomto případě se mostem rozumí most železniční. Most silniční, jinými slovy *nadjezd*, není součástí železničního spodku.

Jak již bylo popsáno výše, stavby železničního spodku buď úplně, nebo částečně nahrazují těleso železničního spodku. V případě mostů jde o úplné nahrazení podkladu pro uložení železničního svršku. Propustky se rozdělují na trubní a mimotrubní a nahrazují jen část tělesa železničního spodku.

Byly zaměřeny lomové body, hrany a výstupky mostů a propustků tak, aby bylo možné stavby vykreslit ve 3D. Oblouky byly zaměřeny způsobem, který umožnil vykreslení co nejlépe odpovídající skutečnosti.



Obrázek 31: Železniční most na trati č. 172



Obrázek 32: Propustek trubní na trati č. 172



Obrázek 33: Propustek mimotrubní na trati č. 172

Dalšími stavbami železničního spodku, které částečně nahrazují těleso železničního spodku, jsou opěrné a zárubní zdi.

Opěrná zeď je konstrukce umístěná pod úrovní pláně tělesa železničního spodku a zajišťuje stabilitu zemního tělesa v náspu. Zárubní zeď je konstrukce umístěná převážně nad úrovní pláně železničního spodku, přistavěná ke svahu a zajišťuje stabilitu zemního tělesa v zářezu. Speciálním typem zárubních zdí jsou tzv. gabiony. Jedná se o koš ve tvaru krychle nebo kvádrů vytvořený z ocelového pletiva, který je vyplněný štěrkem nebo kameny.



Obrázek 34: Opěrná zeď [24]



Obrázek 35: Malá gabionová zárubní zeď [24]

Dopravními plochami a komunikacemi jsou úrovně a mimoúrovňová nástupiště, nákladiště, rampy a různé drážní komunikace.

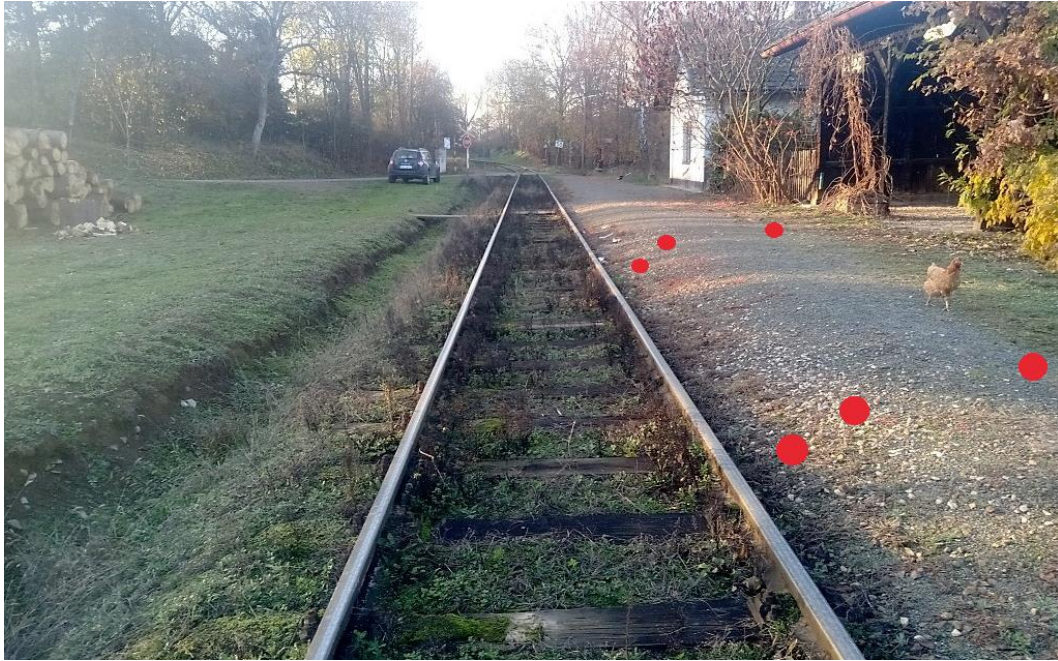
Mimoúrovňové nástupiště je mimo úroveň koleje, většinou zvýšené, a umožňuje pohodlnější přístup cestujících k vlakům. Nástupiště bylo zaměřeno v příčných řezech zároveň s osou koleje a to bodem na hraně nástupiště a v průniku s terénem či štěrkovým ložem (viz Obrázek 36). Úrovně nástupiště se nachází v úrovni koleje a dělí se na sypané, obrubníkové a deskové. Nástupiště byla zaměřena v příčných řezech s osou koleje a to bodem na hraně nástupiště a v průniku s terénem či štěrkovým ložem (viz Obrázek 37 a 38).



Obrázek 36: Mimoúrovňové nástupiště s vyznačenými měřenými body



Obrázek 37: Úrovně obrubníkové nástupiště s vyznačenými měřenými body



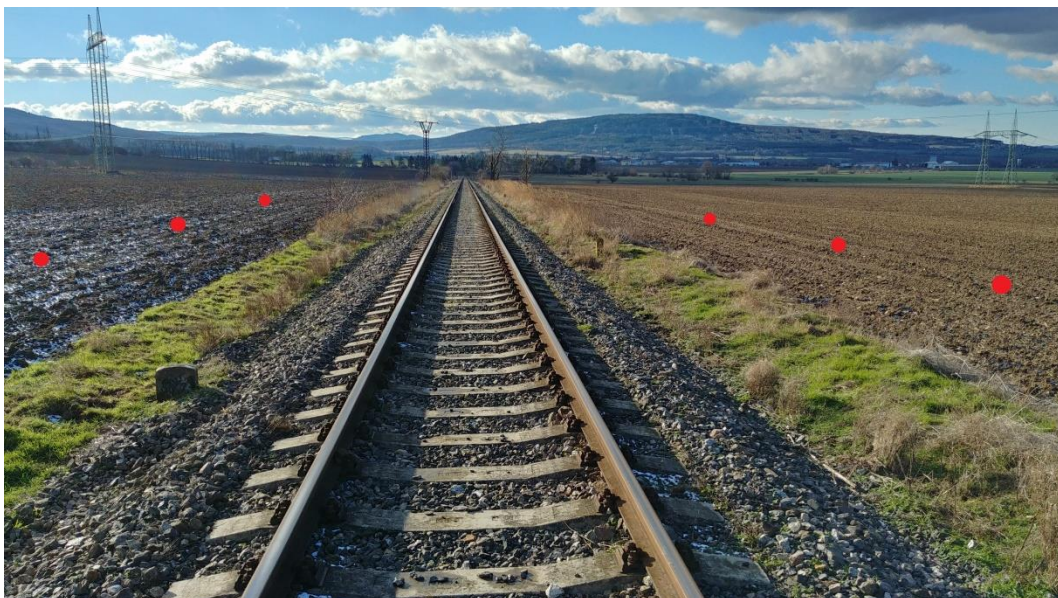
Obrázek 38: Úrovňové sypané nástupiště s vyznačenými měřenými body

5.2.3 Zaměření terénních útvarů a ostatních prvků

Terénní útvary byly měřeny s ohledem na správné vykreslení terénních linií. Byly zaměřovány horní a spodní hrany terénu neboli hrany a paty svahů. V rovinných úsecích byly v pravidelných rozstupech měřeny terénní body.



Obrázek 39: Horní a spodní terénní hrany



Obrázek 40: Příklad rozvržení bodů terénu

Požadavky na zaměření pro následné využití automatické kresby – kódové měření

Pro tvorbu automatické kresby je zapotřebí, aby každý prvek v terénu měl své specifické označení. K tomu slouží tzv. kódování neboli přiřazení poznámky. Ke každému prvku, nacházející se v zájmové oblasti geodetických prací, byl předem přiřazen číselný kód. Při geodetickém měření tak k zaměřovanému bodu nebyl do poznámky uveden název prvku, např. „osa koleje“, nýbrž příslušný číselný kód.

Kódové měření se dělí na bodové a liniové. Při načtení bodu s kódem označujícím bodový prvek do programu s funkcí automatické kresby, se nad bodem vykreslí mapová značka vyjadřující charakteristiku měřeného elementu. U měření liniových prvků terénu je potřeba při kódování lomových bodů jistá představivost a předvídavost jak chceme, aby se linie v programu vykreslila. Chceme-li, aby se linie vykreslila správně a bez dalších úprav, je potřeba v terénu určit začátek i konec linie, případně má-li se na jednu linii napojit druhá.

5.3 Použité přístroje

Dle předpisu SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro měření prostorové polohy osy koleje“^[2] jsou doporučené parametry totální stanice: směrodatná odchylka směru měřeného v jedné skupině: 1,0 mgon a směrodatná odchylka měřené délky: 2 mm + 2 ppm

Trimble S3

Touto totální stanicí byly měřeny podrobné body v úsecích od km 13,200 až km 15,600 a od km 16,050 až km 19,400. Trimble S3 má funkci automatického cílení a je vybavený impulsním dálkoměrem se směrodatnou odchylkou 2 mm + 2 ppm. Úhlová přesnost je definovaná směrodatnou odchylkou jednoho směru měřeného v jedné skupině $\sigma_\varphi = 2''$ tedy 0,6 mgon.

Tato totální stanice splňuje doporučené parametry dle předpisu SŽDC, s.o. M20/MP004^[2].



Obrázek 41:
Trimble S3 [26]

Nikon Focus 6

Touto totální stanicí byly měřeny podrobné body v úseku od km 15,600 až km 16,050. Nikon Focus 6 je vybavený impulsním dálkoměrem se směrodatnou odchylkou 3 mm + 2 ppm. Úhlová přesnost je definovaná směrodatnou odchylkou jednoho směru měřeného v jedné skupině $\sigma_\varphi = 5''$ tedy 1,5 mgon.

Tato totální stanice nesplňuje doporučené parametry dle předpisu SŽDC M20/MP004^[2], avšak splňuje požadovanou přesnost zaměření osy koleje.



Obrázek 42: Nikon
Focus 6 [27]

Použité totální stanice byly kalibrovány firmou Geotronics Praha, s.r.o. Přesnosti zjištěné při kalibraci odpovídají u obou totálních stanic přesnostem udávaným výrobcem. Kalibrační protokoly jsou součástí odevzdání geodetické dokumentace (viz kap. Přílohy).

6 Výpočetní práce

Veškeré výpočetní práce byly provedeny v programu Groma. Fyzikální redukce byly zavedeny při měření do přístroje podle aktuálních atmosférických podmínek. Matematické redukce z nadmořské výšky a kartografického zobrazení byly zavedeny při výpočtu.

6.1 Homogenizace bodového pole

Při výpočtu polární metody či volného stanoviska bylo provedeno ověření železničního bodového pole (ŽBP). Při zjištění odchylek na bodu ŽBP přesahující 10 mm byly vypočteny souřadnice příslušného bodu z měřených dat. Poloha bodů byla vypočtena oboustranně orientovaným polygonovým pořadem a výška trigonometricky z obou sousedních bodů. Do dalších výpočtu poté vstupovaly nově určené souřadnice. Přehled „poškozených“ bodů a hodnoty oprav jednotlivých souřadnic jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2: Přehled poškozených bodů ŽBP a hodnoty oprav souřadnic

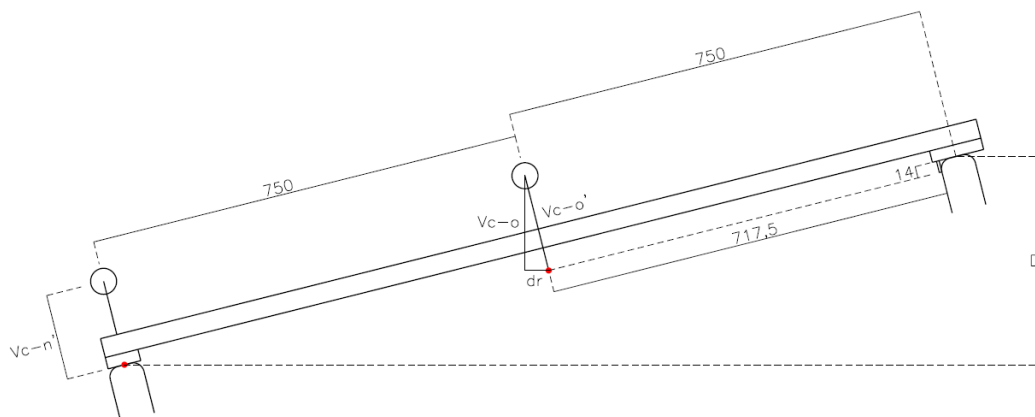
Číslo bodu	dY [mm]	dX [mm]	dZ [mm]
029100000590	+34	-10	+4
029100000593	-43	+14	-29
029100000594	-26	+15	-11
029100000595	-23	+14	+3
029100000599	-	-	-27
029100000607	-	-	-15
029100000609	-	-	-10
029100000651	-	-	-21
029100003130	-	-	-10
029100003150	-	-	-16

6.2 Výpočet podrobných bodů

Podrobné body byly vypočteny polární metodou dávkou. Měření koleje bylo provedeno na, Správou železniční geodézie (SŽG) schválenou, rozchodku firmy Pragema, s.r.o. (viz Obrázek 43). Prostorová poloha osy koleje byla vypočtena ze souřadnic pevných cílů na rozchodce. V každém měřeném příčném řezu koleje bylo vypočteno převýšení D mezi kolejnicovými pásy. Z tohoto převýšení byla vypočtena příčná oprava polohy osy koleje dr .



Obrázek 43: Rozchodka s pevnými cíli firmy Pragema, s.r.o., schválená SŽG



Obrázek 44: Schéma k výpočtu souřadnic osy koleje pomocí rozchodky s pevnými cíli (Všechny míry jsou v milimetrech)

Převýšení D mezi kolejnicovými pásy bylo vypočteno ze vztahu:

$$D = 2 * (H_O - H_N), \quad (1)$$

kde:

H_O nadmořská výška cíle nad osou koleje

H_N nadmořská výška cíle nad nepřevýšeným pásem.

Následně byla vypočtena příčná oprava polohy osy koleje dr :

$$dr = \frac{D[\text{mm}]}{1500} * V_{C-O'}[\text{mm}], \quad (2)$$

kde:

D převýšení kolejnicových pásů v milimetrech

$V_{C-O'}$ výška cíle nad osou koleje v milimetrech.

Převedením Obrázku 43 do roviny XY byly souřadnice X_O a Y_O osy koleje vypočteny prodloužením přímky mezi cílem nad nepřevýšeným pásem a cílem nad zdánlivou osou koleje o posun dr .

$$Y_O = Y_{N'} + (S_{N'O'} + dr) * \frac{\Delta Y_{N'O'}}{S_{N'O'}}, \quad (3)$$

$$X_O = X_{N'} + (S_{N'O'} + dr) * \frac{\Delta X_{N'O'}}{S_{N'O'}}, \quad (4)$$

kde:

$Y_{N'}, X_{N'}$ souřadnice cíle nad nepřevýšeným pásem

$S_{N'O'}$ vodorovná vzdálenost mezi cíli na rozchodce vypočtená ze souřadnic

dr příčná oprava polohy osy koleje

$\Delta Y_{N'O'}$,

$\Delta X_{N'O'}$ souřadnicové rozdíly cílů na rozchodce

Nadmořská výška neboli souřadnice Z_O je vztažena k nepřevýšenému kolejnicovému pásu a byla vypočtena ze vztahu:

$$Z_O = Z_{N'} - V_{C-N'}, \quad (5)$$

kde:

$Z_{N'}$ nadmořská výška cíle nad nepřevýšeným pásem

$V_{C-N'}$ výška cíle nad nepřevýšeným pásem

6.3 Výpočet návaznosti sousedních stanovišek

V souladu s předpisem SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje“^[2] byla kontrolována návaznost sousedních stanovišek pomocí tzv. překrytových bodů. Tyto body se volí na ose koleje v největší viditelné vzdálenosti, ne však větší než 150 m od stanoviška. Zároveň tuto hodnotu nesmí překročit ani vzdálenost mezi překrytovými body a sousedním stanoviškem. Byly zaměřeny 3 překrytové body na maximálně 2 metrech koleje v podélném směru. Body byly zaměřeny z prvního stanoviška a z následného stanoviška. Rozdíl souřadnic z obou stanovišek nesmí překročit hodnotu 20 mm. V případě překročení se provede vyrovnání měření shodnostní transformací. Porovnání výsledných souřadnic překrytových bodů ze sousedních stanovišek je uveden v Tabulce 3.

Tabulka 3: Porovnání souřadnic překrytových bodů

Zaměření z prvního stanoviška				Zaměření z následujícího stanoviška			Rozdíl		
Bod	Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]
41	769151,325	1065329,302	344,919	769151,319	1065329,303	344,917	0,006	-0,001	0,002
43	769151,493	1065329,961	344,933	769151,486	1065329,963	344,931	0,007	-0,002	0,002
45	769151,648	1065330,572	344,945	769151,641	1065330,574	344,944	0,007	-0,002	0,001
383	769180,204	1065410,251	346,482	769180,203	1065410,250	346,485	0,001	0,001	-0,003
385	769180,436	1065410,842	346,494	769180,438	1065410,847	346,496	-0,002	-0,005	-0,002
387	769180,683	1065411,471	346,506	769180,683	1065411,471	346,509	0,000	0,000	-0,003
444	769242,660	1065568,684	349,596	769242,662	1065568,683	349,613	-0,002	0,001	-0,017
446	769242,872	1065569,221	349,606	769242,875	1065569,224	349,623	-0,003	-0,003	-0,017
448	769243,094	1065569,783	349,616	769243,095	1065569,783	349,632	-0,001	0,000	-0,016
775	769312,790	1065746,526	353,069	769312,788	1065746,519	353,068	0,002	0,007	0,001
777	769313,024	1065747,089	353,079	769313,020	1065747,081	353,077	0,004	0,008	0,002
779	769313,257	1065747,651	353,089	769313,251	1065747,645	353,089	0,006	0,006	0,000
892	769423,632	1065935,343	356,833	769423,629	1065935,350	356,836	0,003	-0,007	-0,003
894	769423,973	1065935,815	356,842	769423,968	1065935,819	356,845	0,005	-0,004	-0,003
896	769424,320	1065936,297	356,852	769424,316	1065936,302	356,856	0,004	-0,005	-0,004
1086	769521,713	1066071,041	359,760	769521,711	1066071,033	359,765	0,002	0,008	-0,005
1088	769522,019	1066071,464	359,768	769522,020	1066071,458	359,773	-0,001	0,006	-0,005
1090	769522,371	1066071,951	359,779	769522,370	1066071,943	359,784	0,001	0,008	-0,005
1195	769638,794	1066233,015	363,100	769638,799	1066233,010	363,101	-0,005	0,005	-0,001
1197	769639,148	1066233,506	363,111	769639,153	1066233,501	363,113	-0,005	0,005	-0,002
1199	769639,472	1066233,956	363,121	769639,476	1066233,950	363,122	-0,004	0,006	-0,001
1410	769721,108	1066346,889	365,693	769721,110	1066346,893	365,684	-0,002	-0,004	0,009
1412	769721,442	1066347,351	365,703	769721,446	1066347,355	365,694	-0,004	-0,004	0,009
1414	769721,799	1066347,845	365,714	769721,802	1066347,849	365,704	-0,003	-0,004	0,010
1527	769814,169	1066475,733	368,514	769814,178	1066475,734	368,522	-0,009	-0,001	-0,008
1529	769814,551	1066476,261	368,527	769814,557	1066476,258	368,534	-0,006	0,003	-0,007
1531	769814,963	1066476,832	368,539	769814,970	1066476,831	368,547	-0,007	0,001	-0,008
1790	769916,475	1066617,264	371,679	769916,479	1066617,264	371,680	-0,004	0,000	-0,001
1792	769916,857	1066617,793	371,690	769916,857	1066617,792	371,692	0,000	0,001	-0,002
1794	769917,270	1066618,366	371,703	769917,271	1066618,364	371,705	-0,001	0,002	-0,002
1924	770046,940	1066760,931	374,724	770046,945	1066760,933	374,712	-0,005	-0,002	0,012
1926	770047,453	1066761,369	374,734	770047,457	1066761,369	374,722	-0,004	0,000	0,012
1928	770047,899	1066761,748	374,742	770047,902	1066761,749	374,731	-0,003	-0,001	0,011
2185	770194,851	1066887,376	378,167	770194,857	1066887,364	378,164	-0,006	0,012	0,003
2187	770195,374	1066887,824	378,180	770195,379	1066887,811	378,175	-0,005	0,013	0,005
2189	770195,884	1066888,258	378,192	770195,888	1066888,246	378,187	-0,004	0,012	0,005
2265	770330,063	1067002,799	380,437	770330,055	1067002,798	380,440	0,008	0,001	-0,003
2267	770330,508	1067003,179	380,442	770330,499	1067003,176	380,444	0,009	0,003	-0,002
2269	770330,957	1067003,561	380,445	770330,949	1067003,559	380,447	0,008	0,002	-0,002

Zaměření z prvního stanoviška			
Bod	Y [m]	X [m]	H [m]
2551	770444,640	1067100,562	381,619
2553	770445,151	1067100,996	381,617
2555	770445,637	1067101,410	381,619
2656	770559,981	1067191,390	381,116
2658	770560,539	1067191,683	381,103
2660	770561,195	1067192,046	381,100
2943	770708,034	1067258,114	380,669
2945	770708,656	1067258,384	380,671
2947	770709,202	1067258,626	380,672
3010	770842,429	1067317,230	380,593
3012	770843,056	1067317,513	380,596
3014	770843,668	1067317,782	380,598
3113	770994,422	1067384,105	380,541
3115	770995,028	1067384,372	380,539
3117	770995,643	1067384,640	380,539
3196	771177,635	1067464,731	379,071
3198	771178,333	1067465,039	379,066
3200	771178,973	1067465,320	379,057
3320	771348,380	1067539,896	376,946
3322	771348,989	1067540,164	376,936
3324	771349,615	1067540,438	376,925
3426	771516,745	1067613,983	373,902
3428	771517,365	1067614,254	373,888
3430	771517,970	1067614,520	373,877
3658	771699,300	1067694,267	370,632
3660	771699,916	1067694,540	370,621
3662	771700,544	1067694,815	370,610
3793	771879,967	1067773,337	367,468
3795	771880,537	1067773,568	367,460
3797	771881,170	1067773,822	367,449
4010	772049,010	1067817,337	364,787
4012	772049,687	1067817,424	364,777
4014	772050,341	1067817,509	364,767
4162	772240,871	1067815,843	361,590
4164	772241,562	1067815,739	361,578
4166	772242,220	1067815,640	361,567
4296	772401,519	1067772,013	358,857
4298	772402,178	1067771,745	358,847
4300	772402,791	1067771,496	358,836
4549	772602,303	1067663,145	355,447
4551	772602,903	1067662,792	355,441
4553	772603,464	1067662,463	355,436
4689	772750,413	1067576,727	354,639
4691	772751,014	1067576,377	354,637
4693	772751,584	1067576,044	354,637
4841	772863,119	1067514,066	354,051
4843	772863,731	1067513,818	354,046
4845	772864,339	1067513,574	354,042
4979	772967,073	1067495,115	353,313
4981	772967,731	1067495,105	353,314
4983	772968,450	1067495,092	353,314
5206	773193,201	1067491,646	352,455
5208	773193,884	1067491,635	352,453
5210	773194,564	1067491,626	352,450
5393	773351,577	1067489,192	351,908
5395	773352,229	1067489,182	351,905
5397	773352,929	1067489,170	351,902
5716	773543,346	1067463,892	349,524
5718	773543,912	1067463,621	349,512
5720	773544,538	1067463,325	349,499
5985	773685,609	1067311,944	345,480
5987	773685,945	1067311,408	345,467
5989	773686,303	1067310,833	345,457
6104	773784,411	1067154,779	341,582
6106	773784,827	1067154,157	341,568
6108	773785,190	1067153,622	341,555

Zaměření z následujícího stanoviška		
Y [m]	X [m]	H [m]
770444,647	1067100,559	381,622
770445,159	1067100,993	381,619
770445,645	1067101,406	381,620
770559,999	1067191,374	381,119
770560,544	1067191,680	381,113
770561,202	1067192,038	381,106
770708,030	1067258,120	380,663
770708,654	1067258,392	380,660
770709,198	1067258,634	380,658
770842,429	1067317,233	380,589
770843,058	1067317,510	380,591
770843,670	1067317,782	380,593
770994,422	1067384,099	380,545
770995,028	1067384,365	380,544
770995,642	1067384,635	380,543
771177,635	1067464,726	379,069
771178,336	1067465,034	379,063
771178,973	1067465,315	379,055
771348,376	1067539,900	376,945
771348,984	1067540,169	376,935
771349,611	1067540,445	376,924
771516,745	1067613,985	373,903
771517,357	1067614,254	373,893
771517,966	1067614,522	373,885
771699,308	1067694,249	370,629
771699,923	1067694,520	370,617
771700,553	1067694,797	370,607
771879,967	1067773,332	367,472
771880,532	1067773,561	367,461
771881,167	1067773,816	367,450
772049,009	1067817,334	364,785
772049,686	1067817,423	364,775
772050,339	1067817,507	364,765
772240,871	1067815,831	361,585
772241,561	1067815,727	361,573
772242,220	1067815,628	361,563
772401,520	1067772,013	358,857
772402,177	1067771,745	358,844
772402,790	1067771,497	358,833
772602,309	1067663,149	355,453
772602,908	1067662,798	355,448
772603,470	1067662,469	355,442
772750,410	1067576,733	354,638
772751,010	1067576,384	354,636
772751,583	1067576,050	354,636
772863,118	1067514,063	354,054
772863,728	1067513,814	354,050
772864,338	1067513,570	354,045
772967,074	1067495,112	353,304
772967,732	1067495,102	353,304
772968,449	1067495,090	353,304
773193,203	1067491,644	352,455
773193,887	1067491,634	352,453
773194,566	1067491,625	352,450
773351,575	1067489,200	351,905
773352,229	1067489,189	351,902
773352,928	1067489,177	351,899
773543,347	1067463,889	349,525
773543,917	1067463,617	349,514
773544,540	1067463,322	349,500
773685,595	1067311,941	345,477
773685,930	1067311,404	345,464
773686,290	1067310,828	345,453
773784,415	1067154,778	341,583
773784,832	1067154,156	341,568
773785,194	1067153,621	341,556

Rozdíl		
Y [m]	X [m]	H [m]
-0,007	0,003	-0,003
-0,008	0,003	-0,002
-0,008	0,004	-0,001
-0,018	0,016	-0,003
-0,005	0,003	-0,010
-0,007	0,008	-0,006
0,004	-0,006	0,006
0,002	-0,008	0,011
0,004	-0,008	0,014
0,000	-0,003	0,004
-0,002	0,003	0,005
-0,002	0,000	0,005
0,000	0,006	-0,004
0,000	0,007	-0,005
0,001	0,005	-0,004
0,000	0,005	0,002
-0,003	0,005	0,003
0,000	0,005	0,002
0,004	-0,004	0,001
0,005	-0,005	0,001
0,004	-0,007	0,001
0,000	-0,002	-0,001
0,008	0,000	-0,005
0,004	-0,002	-0,008
-0,008	0,018	0,003
-0,007	0,020	0,004
-0,009	0,018	0,003
0,000	0,005	-0,004
0,005	0,007	-0,001
0,003	0,006	-0,001
0,001	0,003	0,002
0,001	0,001	0,002
0,002	0,002	0,002
0,000	0,012	0,005
0,001	0,012	0,005
0,000	0,012	0,004
-0,001	0,000	0,000
0,001	0,000	0,003
0,001	-0,001	0,003
-0,006	-0,004	-0,006
-0,005	-0,006	-0,007
-0,006	-0,006	-0,006
0,003	-0,006	0,001
0,004	-0,007	0,001
0,001	-0,006	0,001
0,001	0,003	-0,003
0,003	0,004	-0,004
0,001	0,004	-0,003
-0,001	0,003	0,009
-0,001	0,003	0,010
0,001	0,002	0,010
-0,002	0,002	0,000
-0,003	0,001	0,000
-0,002	0,001	0,000
0,002	-0,008	0,003
0,000	-0,007	0,003
0,001	-0,007	0,003
-0,001	0,003	-0,001
-0,005	0,004	-0,002
-0,002	0,003	-0,001
0,014	0,003	0,003
0,015	0,004	0,003
0,013	0,005	0,004
-0,004	0,001	-0,001
-0,005	0,001	0,000
-0,004	0,001	-0,001

Tabulka 4: Analýza rozdílů souřadnic překrytových bodů

Statistická analýza	Y [m]	X [m]	H [m]
Max. abs. odchylka	0,018	0,020	0,017
Průměrná odchylka	0,000	0,002	0,000
Sm. odch. výběrová	0,005	0,006	0,005

Z Tabulky 4 vyplývá, že žádný rozdíl souřadnic, mezi bodem zaměřeným z prvního a následujícího stanoviště, nepřekračuje hodnotu 20 mm. Nebylo tedy nutné měření vyrovnávat pomocí shodnostní transformace.

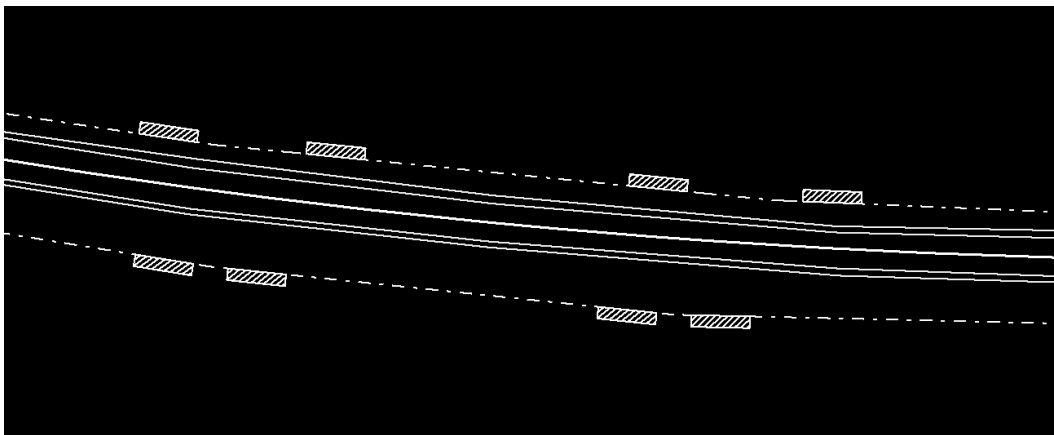
7 Zpracování

Dle předpisu SŽDC, s.o. M20/005 Pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka^[3] bylo zpracování vypočtených bodů provedeno v prostředí programu MGEO. Tento software distribuuje společnost GISoft, v.o.s. a je nadstavbou programu MicroStation. Slouží k tvorbě a údržbě účelových map velkých měřítek, zpracování technické dokumentace inženýrských sítí, zpracování komplexních mapových děl, přípravě dat pro GIS, tvorbu územních plánů atd. MGEO rozšiřuje základní grafické prostředí MicroStationu o soubor nástrojů, které dokáží zautomatizovat řadu rutinních činností.

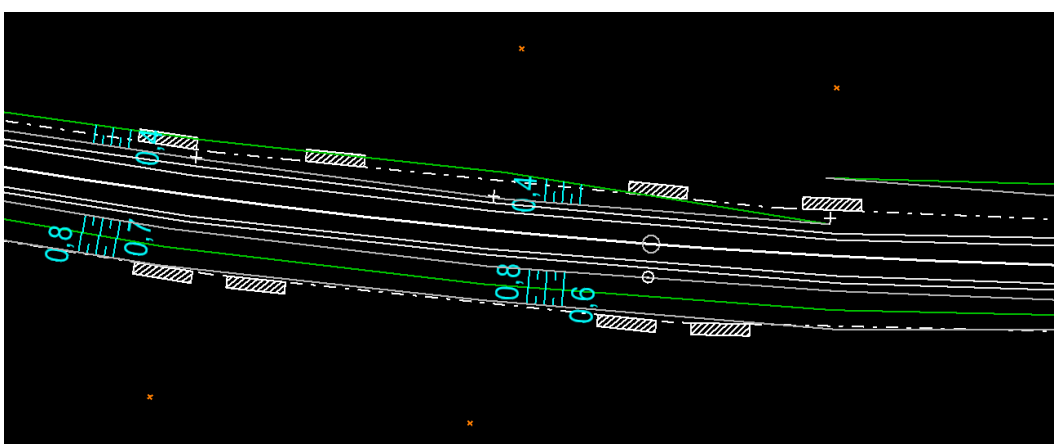
Dílčím úkolem této práce je zpracovat mapovou dokumentaci podle požadavků a předpisů SŽDC, s.o. K tomu slouží k programu MGEO *Rozšíření pro tvorbu dokumentace železniční infrastruktury*. Toto programové rozšíření doplňuje software MGEO o datový model pro SŽDC, s.o., který obsahuje předlohu projektu vytvořenou podle předpisu SŽDC, s.o. M20/MP005 „Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka“^[3]. Program rozšiřuje o knihovnu značek, styly čar, fonty popisů objektů atd. Obsahuje nastavení modulů a nástrojů podle předpisu^[3], jako je např. vstupní a výstupní formát seznamu souřadnic. Přidává možnost kreslení prvků železniční mapy zadáváním kódů nebo názvů. Také obsahuje informace o kladu jednotných železničních map (JŽM). [25]

7.1 Automatická kresba

Z měření v terénu a následných výpočetních prací byl získán seznam souřadnic s čísly bodů, jejich souřadnicemi a kódy. Seznam souřadnic byl do programu MGEO načten funkcí *Vstup kódové kresby*, která je součástí modulu *Práce s geodetickými body*. Funkce *Vstup kódové kresby* po načtení souřadnic bodů, pomocí kódů, automaticky vytváří kresbu. Ta se zpravidla nevytvoří celá. Některé prvky, obtížně kódovatelné, bylo potřeba dokreslit manuálně v grafickém prostředí programu. Nesmíme také zapomenout na chyby zadávání kódů při měření. V množství naměřených bodů je pochopitelné, že se chyby vyskytují. Bylo tedy nutné vykreslené části zkontrolovat, zda odpovídají skutečnosti.

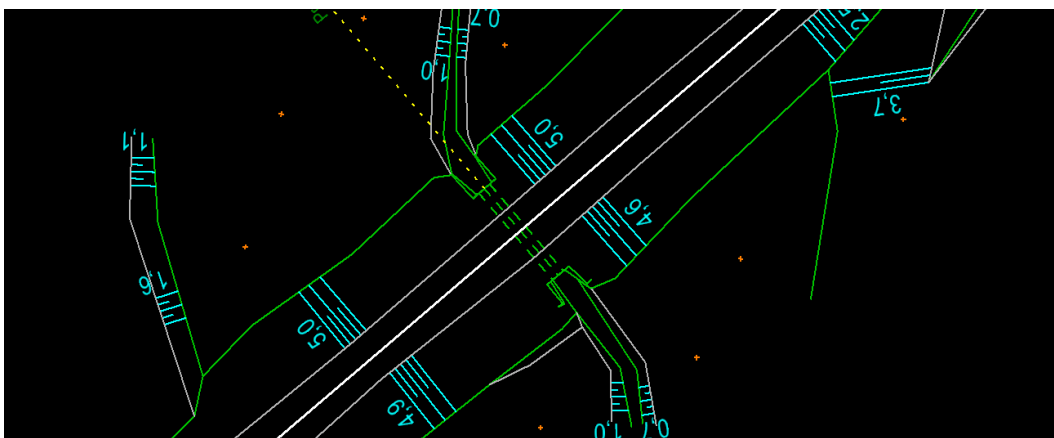


Obrázek 45: Vykreslená osa koleje se štěrkovým ložem a hranicí dráhy

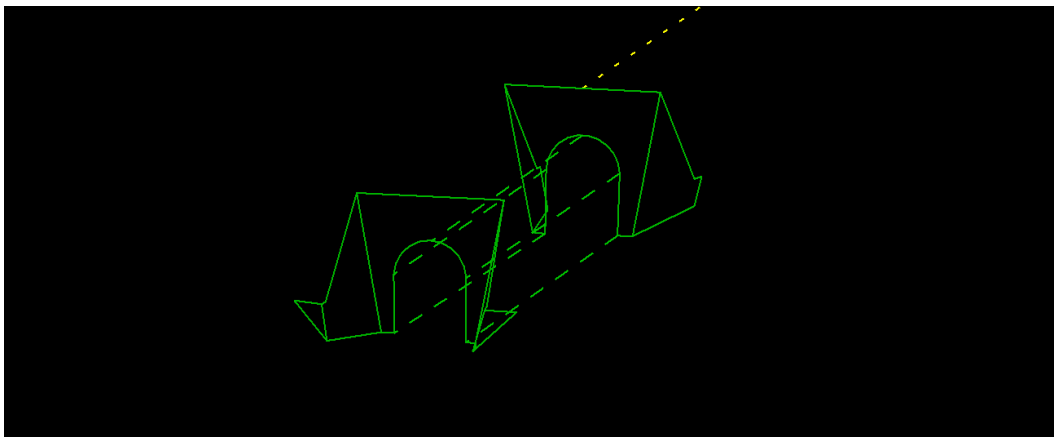


Obrázek 46: Stejná situace s vykreslením terénních hran a šraf s popiskem délky svahu

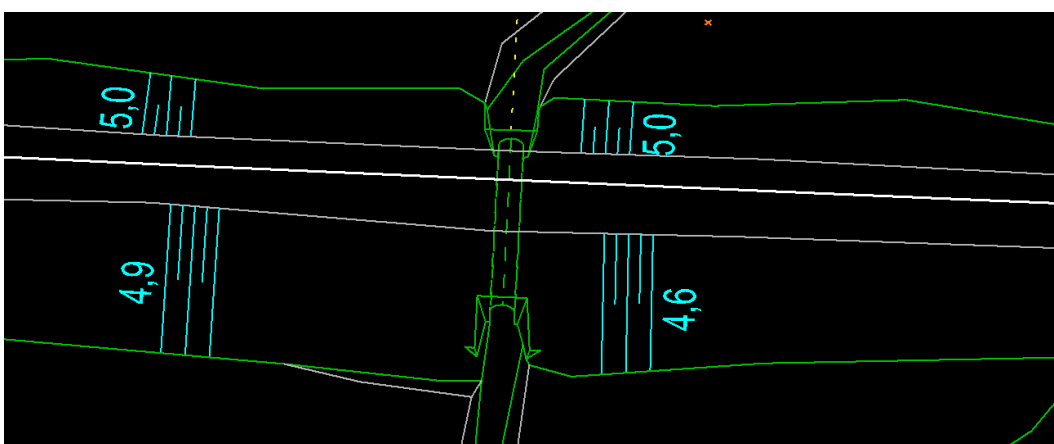
Jednou z nejnáročnějších částí výkresu jsou mosty a propustky. Vykreslení těchto stavebních objektů železničního spodku bylo provedeno především podle fotodokumentace příslušného objektu.



Obrázek 47: Propustek na km 15,118 ve 2D



Obrázek 48: Propustek na km 15,118 ve 3D bez dalších prvků výkresu



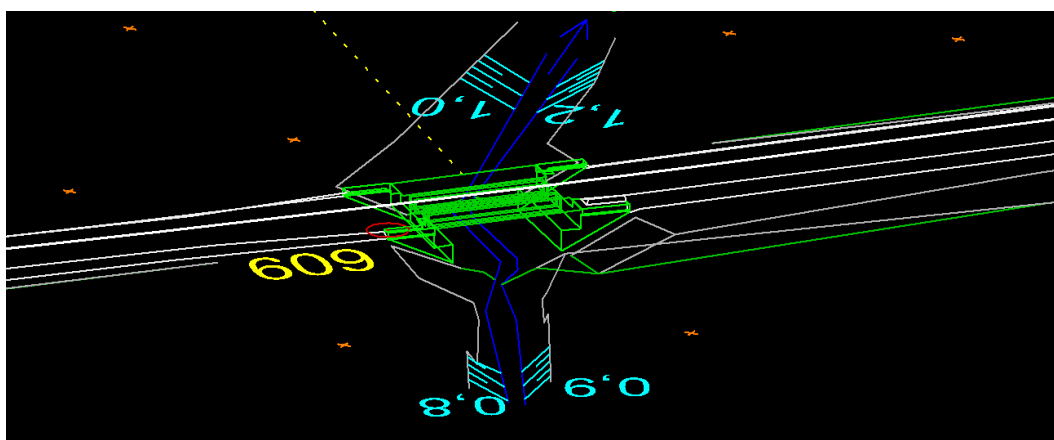
Obrázek 49: Propustek na km 15,118 ve 3D s osou koleje a liniemi terénu



Obrázek 50: Propustek mimotrubní na km 15,118 trati č. 172



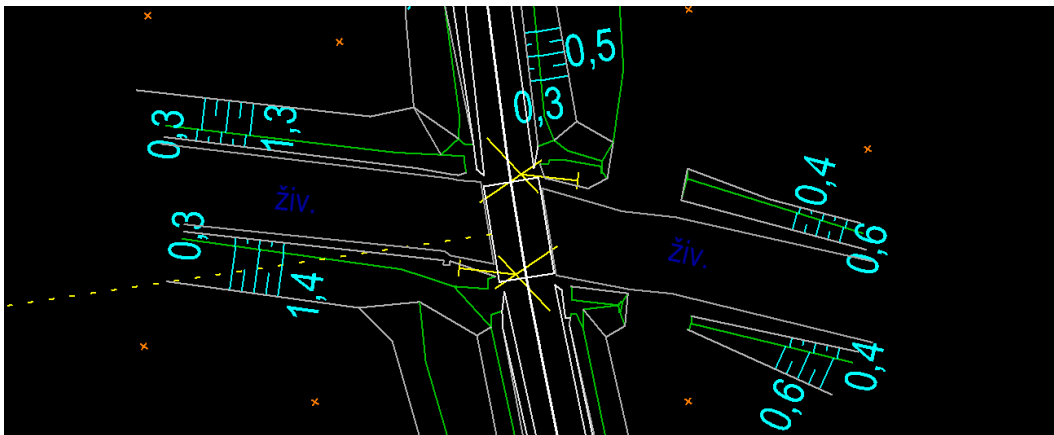
Obrázek 51: Železniční most přes potok Šiberna na km 17,610 ve 2D (na levé straně mostu bod ŽBP č. 609)



Obrázek 52: Železniční most na km 17,610 ve 3D



Obrázek 53: Železniční most na km 17,610 trati č. 172



Obrázek 54: Vykreslení přejezdu P584 na km 13,243 ve 2D (žlutě značka výstražného kříže)



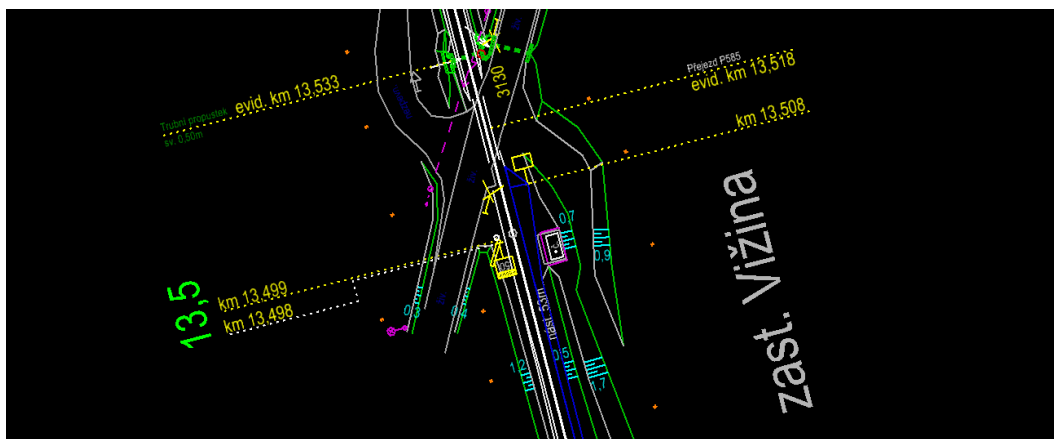
Obrázek 55: Přejezd P584 na km 13,243 trati č. 172

7.2 Dokončovací práce a kontroly

Doplnění popisů k objektům spadajícím do železniční infrastruktury podléhá, stejně jako všechny ostatní prvky výkresu, předpisu SŽDC, s.o. M20/MP006 „Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty“^[4], jehož součástí je fotokalalog zaměřovaných železničních objektů.

7.2.1 Doplnění popisu objektů

Kolej byla očíslována dle předpisu^[4] ve stanicích a dalších rozvětveních (viz Obrázek 58). Informace o kilometráži byla vynesena každých celých 100 m koleje, tedy u každého zaměřeného staničnicku. Popisná informace o kilometráži byla přidána i ke světelným návěstidlům, návěstidlům traťové rychlosti, propustkům, mostům a přejezdům. K přejezdům bylo ke kilometráži přidáno i číslo příslušného přejezdu zjištěné v terénu. Propustky a mosty byly kromě kilometráže popsány informací, zda se jedná o propustek trubní nebo mimotrubní, resp. most, a informací o světlosti a volné výšce daného stavebního objektu. Světlost propustku či mostu je šířka otvoru objektu neboli vzdálenost mezi podpěrami. Volná výška je největší výškový rozdíl mezi horní hranou otvoru stavby a pozemní komunikací, dnem vodního toku nebo terénem.

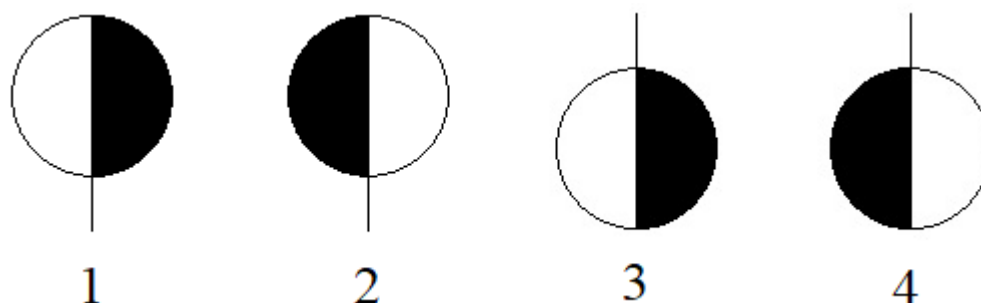


Obrázek 56: Popisné informace přejezdu, trubního propustku a návěstidel u zastávky Vižina

Byly přidány popisy ke zdem, resp. popis o jaký typ zdi se jedná. K terénním útvarům byl přidán údaj o délce svahu. U stanic a zastávek byl doplněn název a byl doplněn popis délky nástupiště příslušné stanice či zastávky. Dále byla přidána informace ke zpevněným plochám, zda je jedná o betonovou, živičnou či dlážděnou zpevněnou plochu.

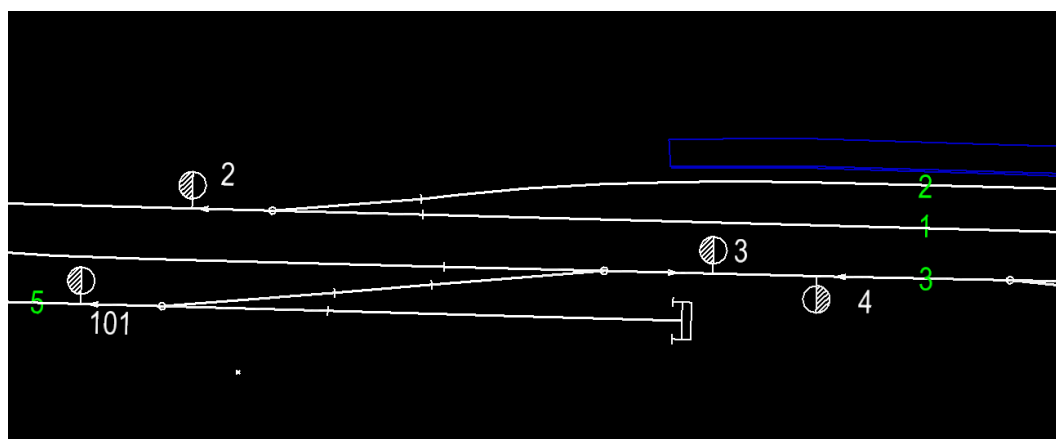
7.2.2 Vykreslení výhybek

Vykreslení výhybky závisí na typu výhybky a jejím směru. Jakým způsobem byly vykresleny jednotlivé typy výhybek, je zobrazeno na Obrázku 57. Každá výhybka má své přiřazené číslo, které bylo v terénu zjištěno a doplněno do výkresu.



Obrázek 57: Značky výhybek podle typu

1. *Výhybka jednoduchá pravá*
2. *Výhybka jednoduchá levá*
3. *Výhybka jednoduchá pravá na opačné straně*
4. *Výhybka jednoduchá levá na opačné straně*



Obrázek 58: Vykreslení výhybek s příslušným číslem (zeleně jsou očíslovány koleje)

8 Odevzdání dokumentace

Podle Pokynu Generálního ředitele SŽDC, s.o. č.4/2016 „Předávání digitální dokumentace dat mezi SŽDC a externími subjekty“^[11] má struktura odevzdání geodetické dokumentace následující podobu:

1. *Technická zpráva*
2. *Dokumentace železničního bodového pole*
3. *Přehled kladu mapových listů*
4. *Seznamy souřadnic*
5. *Výkresy*
6. *Podklady*
7. *Výpočty*
 - 7.1 *Kalibrační listy*
 - 7.2 *Výpočetní protokol*
 - 7.2.1 *Protokoly homogenizace železničního bodového pole*
 - 7.2.2 *Protokoly výpočtu podrobných bodů*
 - 7.2.3 *Porovnání identických bodů osy koleje*
 - 7.3 *Zápisníky*
 - 7.4 *Fotodokumentace nebo editované náčrty*

Kompletní dokumentace se odevzdává v uvedené struktuře fyzicky na datových nosičích (CD/DVD, USB) nebo prostřednictvím počítačové sítě. V listinné podobě se odevzdává pouze technická zpráva.

Technická zpráva

Technická zpráva je dokument, který se předává jak v digitální, tak i v listinné podobě a musí být ověřen Úředně oprávněným zeměměřickým inženýrem (ÚOZI), písmeno C. Musí obsahovat základní náležitosti, kterými jsou:

- hlavička technické zprávy s uvedeným jménem akce a jménem a sídlem společnosti, která byla hlavním dodavatelem geodetických prací akce,
- datum provedení akce
- informace co bylo předmětem díla,
- seznam zaměstnanců, kteří dílo provedli,
- stručný popis zaměření a zpracování
- zákony, vyhlášky a normy související s provedením díla
- použité přístroje
- odevzdávané přílohy

Jelikož by technická zpráva nespĺňovala základní náležitosti, jakým je například razítko ÚOZI a práce neslouží k odevzdání geodetické dokumentace zadavateli, Správě železniční geodézie, nebyla pro účely této práce vyhotovena, ale jako ukázka je přiložena technická zpráva firmy Pragema, s.r.o. na celou zakázku vyhotovení geodetické dokumentace železniční trati TÚ0291 Zadní Třebaň – Lochovice km 0,076 – km 25,550 (viz kap. Přílohy)

Dokumentace železničního bodového pole

- geodetické údaje bodů železničního bodového pole v zadaném úseku
- seznam souřadnic bodů železničního bodového pole v zadaném úseku

Přehled kladu mapových listů

- klad mapových listů ve formátu .dgn

Seznamy souřadnic

- seznam souřadnic zaměřených a vypočtených bodů osy koleje

Výkresy

- výkresový soubor ve formátu .dgn vyhotovený v programu MicroStation s nadstavbou MGEO s datovým rozšířením pro SŽDC

Podklady

Podklady poskytnuté Správou železniční geodézie:

- ohraničovací plány pro kresbu drážní hranice
- přehled mostů, propustků, přejezdů a výhybek

Výpočty

- kalibrační protokoly použitých totálních stanic
- výpočetní protokol z homogenizace železničního bodového pole
- výpočetní protokol podrobných bodů
- přehled souřadnic překrytových bodů zaměřených z prvního a sousedního stanoviska a jejich rozdíly

Zápisníky

- zápisníky z měření podrobných bodů ve formátu .asc

Fotodokumentace nebo editované náčrty

- fotodokumentace průběhu zadaného úseku železniční trati uspořádaná podle kilometráže nebo naskenované editované náčrty seřazené podle kilometráže

9 Projektová dokumentace

Tato práce se zabývá vyhotovením geodetické dokumentace, které bylo již popsáno i s vyřešením konkrétního případu. Následný krok tedy alespoň teoreticky.

Dle § 158 stavebního zákona^[12] je zpracování projektové dokumentace tzv. vybranou činností a smějí ji provádět pouze autorizované osoby. Ověření a registraci těchto osob vede Česká komora autorizovaných inženýrů a Česká komora architektů.

Projektová dokumentace, někdy též zvaná jako stavební dokumentace, je základním stavebním pilířem každé stavby či rekonstrukce. Provádí-li se rekonstrukce objektu, je nutné nejprve provést geodetické zaměření stávajícího stavu a vyhotovit geodetickou dokumentaci. Na základě těchto podkladů se vypracuje projektová dokumentace. Ta se vyhotoví nejdříve ve stupni studie a poté se vyhotoví dokumentace ke stavebnímu povolení. Obě tyto dokumentace obsahují stávající stav a změny, které budou při rekonstrukci provedeny.

Při výstavbě nového objektu se geodetická dokumentace nevyhotovuje. V takovém případě se vychází z projektové dokumentace ve stupni studie.

Projektová dokumentace pro stavební povolení musí být v souladu s vyhláškou č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb^[14]. Vychází se přitom ze znalosti odpovídajících ČSN a případných požadavků stavebního úřadu či jiných správních orgánů stanovených stavebním úřadem. Na základě těchto znalostí se vyhotoví návrh na stavební povolení.

Během projekčních prací probíhají konzultace mezi projektantem a stavebníkem, při kterých projektant předkládá průběžně několik variant řešení. Vybraná varianta se zpracuje do finální podoby projektové dokumentace. [23]

10 Posouzení přesnosti metod měření osy koleje

10.1 Rozbory přesnosti metod

Rozbory přesnosti vychází ze zadané mezní odchylky vytyčení (měření). Rozbory přesnosti se nedělají u metod, u kterých jsou uvedeny podmínky pro splnění požadované přesnosti, např. přesná nivelace.

Vzhledem k průběhu měření se rozbor přesnosti dělí na:

- rozbor přesnosti před měřením,
- rozbor přesnosti při měření (nebyly pro účel práce vyhotoveny),
- rozbor přesnosti po měření (nebyly pro účel práce vyhotoveny).

Rozbor přesnosti před měřením

K zadané požadované přesnosti, která je charakterizována mezní odchylkou vytyčení (měření), se pomocí rozborů přesnosti před měřením zvolí měřický postup, který splňuje požadovanou směrodatnou odchylku. [21]

V tomto případě byly zvoleny 3 metody zaměření prostorové polohy osy koleje, resp. jejího určení. Úkolem bylo určit, zda metody vyhovují požadované přesnosti určení prostorové polohy porovnáním jejich teoretické směrodatné odchylky se směrodatnou odchylkou požadovanou.

Požadovaná mezní souřadnicová odchylka Δ_{Mxy} a požadovaná mezní odchylka výšky Δ_{Mz} jsou dány zadavatelem, Správou železniční geodézie.

$$\Delta_{Mxy} = 15mm,$$

$$\Delta_{Mz} = 15mm.$$

Z požadované mezní souřadnicové odchytky vypočteme požadovanou směrodatnou souřadnicovou odchytku:

$$\sigma_{Mxy} = \frac{\Delta_{Mxy}}{U_P}, \quad (6)$$

$$\sigma_{Mz} = \frac{\Delta_{Mz}}{U_P}, \quad (7)$$

kde:

U_P koeficient spolehlivosti

V případě souřadnicové odchytky se volí koeficient $U_P = 2,5$. Jedná se o dvojrozměrnou odchytku. Pro výškovou odchytku (jednorozměrná odchytky) se volí $U_P = 2$.

Potom,

$$\sigma_{Mxy} = \frac{15}{2,5} = 6 \text{ mm}, \quad (8)$$

$$\sigma_{Mz} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ mm}, \quad (9)$$

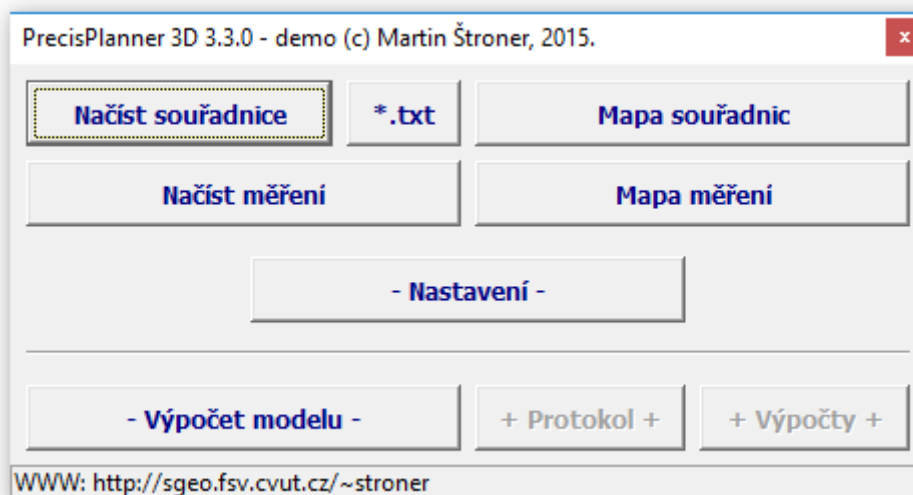
Dosažitelná přesnost metod byla určena pomocí programu PreciPlanner^[28]. U každé metody byly vypočteny směrodatné odchytky osy koleje v nejkratší vzdálenosti od stanoviště (body 4527 a 4528) a směrodatné odchytky osy koleje v nejdelší možné vzdálenosti od stanoviště (body 4553 a 4554).

Předpokladem pro objektivní porovnání přesností je měření všemi metodami za stejných podmínek. Pro přesnost měření byla zvolena totální stanice Trimble S3 se směrodatnou odchytkou směru měřeného v jedné skupině 0,6 mgon, směrodatnou odchytkou délky 2 mm + 2 ppm a funkcí automatického docilování. Níže uvedenému postupu určení výšky přístroje, resp. cíle na stanoviště, resp. na orientaci odpovídá směrodatná odchytky 1 mm. Směrodatná odchytky centrace na stanoviště i orientaci byla uvažována hodnotou 1 mm. Centrováno bylo optickým dostředovačem a výška přístroje byla měřena svinovacím dvoumetrem.

PrecisPlanner 3D

Autorem programu je prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D., vedoucí katedry speciální geodézie na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Program PrecisPlanner je určen na plánování přesnosti měření prostorové geodetické sítě. Pro účely rozborů přesnosti v inženýrské geodézii umožňuje zásadní automatizaci procesu.

Program vypočítá ze souřadnic bodů, konfiguruje geodetickou síť, a z měřených veličin s příslušnými směrodatnými odchylkami, směrodatné odchylky a parametry elips chyb jednotlivých zadaných bodů geodetické sítě. Vyrovnání prostorové sítě provádí program GNU Gama^[29]. Výstupem je kovarianční matice popisující přesnost výsledků vyrovnání. [28]



Obrázek 59: Úvodní okno programu *PrecisPlanner 3D*

Do programu vstupují přibližné souřadnice bodů geodetické sítě v textovém souboru (tlačítko „Načíst souřadnice“) a měřené veličiny se směrodatnými odchylkami v textovém souboru (tlačítko „Načíst měření“).

Po vypočtení stisknutím tlačítka „Výpočet modelu“ se zpřístupní tlačítko „+Výpočty+“, po jehož stisknutí se zobrazí přehledá tabulka s výslednými souřadnicemi, jejich směrodatnými odchylkami a parametry elips chyb jednotlivých bodů geodetické sítě.

Příprava souboru přibližných souřadnic

Do výpočtu vstupují přibližné souřadnice stanoviště, orientací a podrobných bodů. U jednotlivých bodů lze upravit přesnost výšky přístroje/cíle a přesnost centrace. Ve vstupu souřadnic jsou sloupce zleva: číslo bodu, X, Y, Z, hodnoty směrodatných odchylek a poslední sloupec označuje, zda je jedná o bod volný „a“ či bod fixní „f“ (viz Obrázek 60).

```
611.0 1067628.70000 772667.12400 354.47900 0.00100 0.00100 f
4553.0 1067662.46300 772603.46400 355.57700 0.00200 0.00200 a
```

Obrázek 60: Ukázka struktury souboru souřadnic

Příprava souboru měřených veličin

Dalším vstupem do programu je soubor typu měření. U měření lze upravit přesnost zaměření jednotlivé veličiny. Ve vstupu měřených veličin jsou sloupce zleva: zkratka veličiny („di“ = vodorovný směr, „sd“ = šikmá délka, „zu“ = zenitový úhel), číslo stanoviště, číslo cíle, směrodatná odchylka měřené veličiny (viz Obrázek 61).

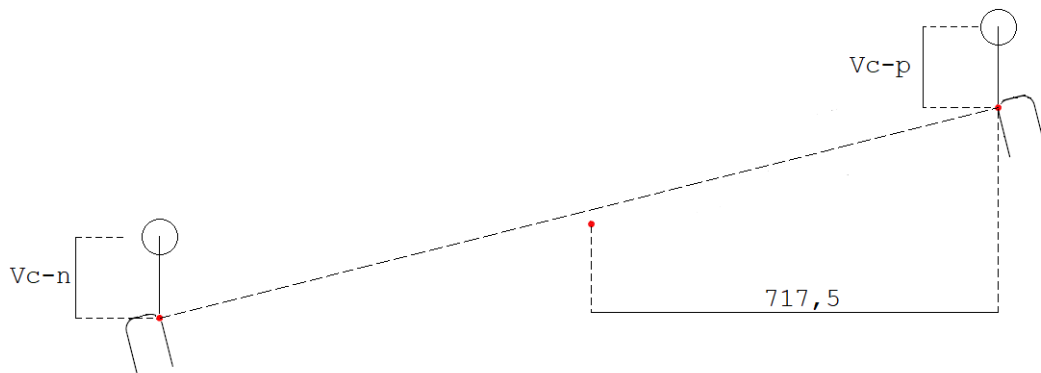
```
di 611.0 609.0 0.00060
zu 610.0 609.0 0.00060
sd 610.0 609.0 0.00200
```

Obrázek 61: Ukázka struktury souboru měřených veličin

10.1.1 Zaměření polohy kolejnic a výpočet osy koleje

Zaměření a výpočet

Princip metody spočívá v zaměření dvou bodů, po jednom na každé kolejnici, na odrazný hranol. V ideálním případě minihranol je přikládán k vnitřní pojízdné hraně kolejnice.



Obrázek 62: Schéma určení prostorové polohy osy koleje ze zaměření kolejnic (všechny míry jsou v milimetrech)

Převedením Obrázku 59 do roviny XY se souřadnice X_O a Y_O osy koleje vypočtou bodem na přímce mezi převýšeným a nepřevýšeným kolejnicovým pásem.

$$Y_O = Y_P + 0,7175 * \frac{\Delta Y_{PN}}{S_{PN}}, \quad (10)$$

$$X_O = X_P + 0,7175 * \frac{\Delta X_{PN}}{S_{PN}}, \quad (11)$$

kde:

Y_P, X_P souřadnice převýšeného pásu

S_{PN} vodorovná vzdálenost mezi převýšeným a nepřevýšeným pásem

ΔY_{PN} ,

ΔX_{PN} souřadnicové rozdíly převýšeného a nepřevýšeného pásu

Nadmořská výška neboli souřadnice Z_O osy koleje je vztažena k nepřevýšenému kolejnicovému pásu a vypočte se tedy:

$$Z_O = Z_{N'} - V_{c-n}, \quad (12)$$

kde:

$Z_{N'}$ nadmořská výška cíle na nepřevýšeném pásu,

V_{c-n} výška cíle na nepřevýšeném pásu.

Rozbor přesnosti metody

Tabulka 5: Přesnosti vstupující do výpočtu souřadnic podrobných bodů

Stanovisko a orientace	
Směrodatná odchylka	Hodnota
výšky přístroje/cíle	1 mm
centrace	1 mm
Podrobné body	
Směrodatná odchylka	Hodnota
přiložení na svislici	2 mm
přiložení v poloze	2 mm

Pozn.: Je obtížné správně přiložit hranol ke kulaté hraně koleje, proto byla zavedena chyba v obou směrech.

```
610.0 1067743.55000 772468.93600 357.50900 0.00100 0.00100 f
609.0 1067804.90300 772306.78100 360.36100 0.00100 0.00100 f
611.0 1067628.70000 772667.12400 354.47900 0.00100 0.00100 f
4553.0 1067662.46300 772603.46400 355.57700 0.00200 0.00200 a
4554.0 1067661.81300 772603.09600 355.57800 0.00200 0.00200 a
4527.0 1067740.07400 772469.61900 357.85500 0.00200 0.00200 a
4528.0 1067739.41600 772469.26300 357.85200 0.00200 0.00200 a
```

Obrázek 63: Vstup souřadnic

```
zu 610.00 609.00 0.00060
sd 610.00 609.00 0.00220
di 610.00 611.00 0.00060
zu 610.00 611.00 0.00060
sd 610.00 611.00 0.00220
di 610.00 4553.00 0.00060
zu 610.00 4553.00 0.00060
sd 610.00 4553.00 0.00220
di 610.00 4554.00 0.00060
zu 610.00 4554.00 0.00060
sd 610.00 4554.00 0.00220
di 610.00 4527.00 0.00060
zu 610.00 4527.00 0.00060
sd 610.00 4527.00 0.00220
di 610.00 4528.00 0.00060
zu 610.00 4528.00 0.00060
sd 610.00 4528.00 0.00220
di 611.00 609.00 0.00060
```

Obrázek 64: Vstup měření

Tabulka 6: Směrodatné souřadnicové odchylky podrobných bodů z programu *PrecisPlanner*

Číslo bodu	Směr.odch. X [mm]	Směr.odch. Y [mm]	Směr.odch. Z [mm]	Směr.odch. délky [mm]
4527	3,1	2,3	2,3	4,0
4528	3,1	2,2	2,2	
4553	3,2	3,2	2,7	3,8
4554	3,2	3,2	2,7	

Za vztahu pro výpočet souřadnice osy koleje Y_O (11) převedením na skutečné chyby dostaneme:

$$\varepsilon_{Y_O} = \varepsilon_{Y_P} * \left(1 + \frac{717,5}{S_{PN}}\right) - 717,5 * \frac{\varepsilon_{Y_N}}{S_{PN}} - 717,5 * \frac{(Y_P - Y_N) * \varepsilon_{S_{PN}}}{S_{PN}^2}, \quad (13)$$

převedením na směrodatné odchylky dostaneme vztah pro očekávanou směrodatnou odchylku souřadnice Y_O :

$$\sigma_{Y_O}^2 = \sigma_{Y_P}^2 * \left(1 + \frac{717,5}{S_{PN}}\right)^2 + 717,5^2 * \frac{\sigma_{Y_N}^2}{S_{PN}^2} + 717,5^2 * \frac{(Y_P - Y_N)^2 * \sigma_{S_{PN}}^2}{S_{PN}^4}, \quad (14)$$

analogicky

$$\sigma_{X_O}^2 = \sigma_{X_P}^2 * \left(1 + \frac{717,5}{S_{PN}}\right)^2 + 717,5^2 * \frac{\sigma_{X_N}^2}{S_{PN}^2} + 717,5^2 * \frac{(X_P - X_N)^2 * \sigma_{S_{PN}}^2}{S_{PN}^4}, \quad (15)$$

z toho očekávaná směrodatná souřadnicová odchylka $\sigma_{O\check{c}_{xy}}$ se vypočítá:

$$\sigma_{O\check{c}_{xy}}^2 = \frac{\sigma_{X_O}^2 + \sigma_{Y_O}^2}{2}. \quad (16)$$

Při měření na minihranol můžeme, vzhledem k ostatním přesnostem, předpokládat určení výšky cíle za bezchybné. Pro směrodatnou odchylku nadmořské výšky neboli souřadnici Z_O ze vztahu (12) pak platí:

$$\sigma_{O\check{c}_Z} = \sigma_{Z_N}$$

Tabulka 7: Výsledné očekávané směrodatné odchylky metody zaměření kolejnic

Nejbližší bod osy koleje			Nejvzdálenější bod osy koleje		
σ_{XO} [mm]	σ_{YO} [mm]	$\sigma_{O\check{C}z}$ [mm]	σ_{XO} [mm]	σ_{YO} [mm]	$\sigma_{O\check{C}z}$ [mm]
4,9	3,6	2,2	5,0	4,9	2,7
$\sigma_{O\check{C}xy} = 4,3$		2,2	$\sigma_{O\check{C}xy} = 5,0$		2,7

Pro nejbližší bod osy koleje platí, že:

$$4,3 \text{ mm} < 6 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}xy} < \sigma_{Mxy},$$

$$2,2 \text{ mm} < 7,5 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}z} < \sigma_{Mz}.$$

Pro nejvzdálenější bod platí, že:

$$5,0 \text{ mm} < 6 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}xy} < \sigma_{Mxy},$$

$$2,7 \text{ mm} < 7,5 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}z} < \sigma_{Mz}.$$

Metoda zaměření dvou bodů na kolejnicích s cílením na minihranol a následné vypočtení prostorové polohy osy koleje VYHOVUJE požadavkům na přesnost zadanou Správou železniční geodézie.

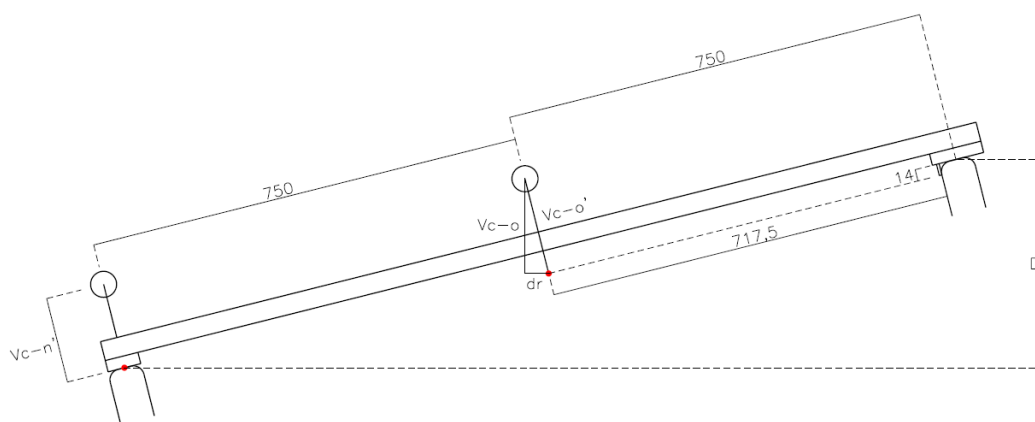
10.1.2 Zaměření na rozchodku s pevnými cíli

Zaměření a výpočet

Touto metodou bylo provedeno měření za účelem vyhotovení této práce. Prostorová poloha osy koleje se vypočte ze souřadnic pevných cílů na rozchodce. V příčném řezu koleje se určí převýšení D mezi kolejnicovými pásy. Z tohoto převýšení se vypočte příčná oprava polohy osy koleje dr .



Obrázek 65: Rozchodka s pevnými cíli firmy Pragema, s.r.o.



Obrázek 66: Schéma k určení souřadnic osy koleje pomocí rozchodky s pevnými cíli (všechny jednotky jsou v milimetrech)

Převýšení D mezi kolejnicovými pásy se vypočte ze vztahu:

$$D = 2 * (Z_O - Z_N), \tag{17}$$

kde:

Z_O nadmořská výška cíle nad osou koleje

Z_N nadmořská výška cíle nad nepřevýšeným pásem.

Následně se vypočte příčná oprava polohy osy koleje dr :

$$dr = \frac{D[mm]}{1500} * V_{C-O'}[mm], \quad (18)$$

kde:

D převýšení kolejnicových pásů v milimetrech

$V_{C-O'}$ výška cíle nad osou koleje v milimetrech.

Převedením Obrázku 66 do roviny XY se souřadnice X_O a Y_O osy koleje vypočtou prodloužením přímky mezi cílem nad nepřevýšeným pásem a cílem nad zdánlivou osou koleje o posun dr .

$$Y_O = Y_{N'} + (S_{N'O'} + dr) * \frac{\Delta Y_{N'O'}}{S_{N'O'}}, \quad (19)$$

$$X_O = X_{N'} + (S_{N'O'} + dr) * \frac{\Delta X_{N'O'}}{S_{N'O'}}, \quad (20)$$

kde:

$Y_{N'}, X_{N'}$ souřadnice cíle nad nepřevýšeným pásem

$S_{N'O'}$ vodorovná vzdálenost mezi cíli na rozchodce vypočtená ze souřadnic

dr příčná oprava polohy osy koleje

$\Delta Y_{N'O'}$,

$\Delta X_{N'O'}$ souřadnicové rozdíly cílů na rozchodce

Nadmořská výška neboli souřadnice Z_O je vztažena k nepřevýšenému kolejnicovému pásu a vypočte se ze vztahu:

$$Z_O = Z_{N'} - V_{C-N'}, \quad (21)$$

kde:

$Z_{N'}$ nadmořská výška cíle nad nepřevýšeným pásem

$V_{C-N'}$ výška cíle nad nepřevýšeným pásem

Rozbor přesnosti metody

Tabulka 8: Přesnosti vstupující do výpočtu souřadnic podrobných bodů

Stanovisko a orientace	
Směrodatná odchylka	Hodnota
výšky přístroje/cíle	1 mm
centrace	1 mm
Podrobné body	
Směrodatná odchylka	Hodnota
vnitřní přesnosti rozchodky	0 mm

Pozn.: Uvažujeme rozchodku za bezchybný tovární výrobek

```
610.0 1067743.55000 772468.93600 357.50900 0.00100 0.00100 f
609.0 1067804.90300 772306.78100 360.36100 0.00100 0.00100 f
611.0 1067628.70000 772667.12400 354.47900 0.00100 0.00100 f
4553.0 1067662.46300 772603.46400 355.57700 0.00000 0.00000 a
4554.0 1067661.81300 772603.09600 355.57800 0.00000 0.00000 a
4527.0 1067740.07400 772469.61900 357.85500 0.00000 0.00000 a
4528.0 1067739.41600 772469.26300 357.85200 0.00000 0.00000 a
```

Obrázek 67: Vstup souřadnic

```
zu 610.00 609.00 0.00060
sd 610.00 609.00 0.00220
di 610.00 611.00 0.00060
zu 610.00 611.00 0.00060
sd 610.00 611.00 0.00220
di 610.00 4553.00 0.00060
zu 610.00 4553.00 0.00060
sd 610.00 4553.00 0.00220
di 610.00 4554.00 0.00060
zu 610.00 4554.00 0.00060
sd 610.00 4554.00 0.00220
di 610.00 4527.00 0.00060
zu 610.00 4527.00 0.00060
sd 610.00 4527.00 0.00220
di 610.00 4528.00 0.00060
zu 610.00 4528.00 0.00060
sd 610.00 4528.00 0.00220
di 611.00 609.00 0.00060
```

Obrázek 68: Vstup měření

Tabulka 9: Směrodatné souřadnicové odchylky podrbných bodů z programu *PrecisPlanner*

Číslo bodu	Směr.odch. X [mm]	Směr.odch. Y [mm]	Směr.odch. Z [mm]	Směr.odch. délky [mm]
4527	2,4	1,1	1,0	2,9
4528	2,4	1,0	1,0	
4553	2,5	2,5	1,8	2,5
4554	2,5	2,5	1,8	

Ze vztahu pro výpočet souřadnice osy koleje Y_O (19) převedením na skutečné chyby dostaneme:

$$\varepsilon_{Y_O} = \varepsilon_{Y_{N'}} * \left(1 + \frac{(S_{N'O'} + dr)}{S_{N'O'}}\right) + \varepsilon_{S_{N'O'}} * \frac{dr * (Y_{O'} - Y_{N'})}{S_{N'O'}^2} + \varepsilon_{dr} * \frac{(Y_{N'} - Y_{O'})}{S_{N'O'}} - \varepsilon_{Y_{O'}} * \frac{(S_{N'O'} + dr)}{S_{N'O'}}, \quad (22)$$

převedením na směrodatné odchylky dostaneme vztah pro očekávanou směrodatnou odchylku souřadnice Y_O :

$$\sigma_{Y_O}^2 = \sigma_{Y_{N'}}^2 * \left(1 + \frac{(S_{N'O'} + dr)}{S_{N'O'}}\right)^2 + \sigma_{S_{N'O'}}^2 * \frac{dr^2 * (Y_{N'} - Y_{O'})^2}{S_{N'O'}^4} + \sigma_{dr}^2 * \frac{(Y_{N'} - Y_{O'})^2}{S_{N'O'}^2} + \sigma_{Y_{O'}}^2 * \frac{(S_{N'O'} + dr)^2}{S_{N'O'}^2}. \quad (23)$$

Ze vztahu pro výpočet příčné opravy polohy osy koleje (18) získáme směrodatnou odchylku příčné opravy:

$$\sigma_{dr}^2 = \frac{\sigma_D^2}{1500^2}. \quad (24)$$

Směrodatnou odchylku převýšení získáme ze vztahu (17):

$$\sigma_D^2 = 4 * \sigma_{Z'}^2, \quad (25)$$

kde:

$\sigma_{Z'} = \sigma_{Z_{O'}} = \sigma_{Z_{N'}}$ = směrodatná odchylka nadmořské výšky podrobného bodu

Pozn: Po numerickém dosazení vyjde směrodatná odchylka příčné opravy 0,001 mm. Můžeme tedy určení příčné opravy považovat za bezchybné.

Potom vztah pro očekávanou směrodatnou odchylku souřadnice Y_O je následující:

$$\sigma_{Y_O}^2 = \sigma_{Y_{N'}}^2 * \left(1 + \frac{(S_{N'O'} + dr)}{S_{N'O'}}\right)^2 + \sigma_{S_{N'O'}}^2 * \frac{dr^2 * (Y_{N'} - Y_{O'})^2}{S_{N'O'}^4} + \sigma_{Y_{O'}}^2 * \frac{(S_{N'O'} + dr)^2}{S_{N'O'}^2}. \quad (26)$$

analogicky

$$\sigma_{X_O}^2 = \sigma_{X_{N'}}^2 * \left(1 + \frac{(S_{N'O'} + dr)}{S_{N'O'}}\right)^2 + \sigma_{S_{N'O'}}^2 * \frac{dr^2 * (X_{N'} - X_{O'})^2}{S_{N'O'}^4} + \sigma_{X_{O'}}^2 * \frac{(S_{N'O'} + dr)^2}{S_{N'O'}^2}. \quad (27)$$

z toho očekávaná směrodatná souřadnicová odchylka $\sigma_{O\check{c}xy}$ se vypočítá:

$$\sigma_{O\check{c}xy}^2 = \frac{\sigma_{X_O}^2 + \sigma_{Y_O}^2}{2}. \quad (28)$$

Při měření na rozchodku s pevnými cíli můžeme předpokládat určení výšky cíle za bezchybné. Pro směrodatnou odchylku nadmořské výšky neboli souřadnice Z_O ze vztahu (21) pak platí:

$$\sigma_{O\check{c}z} = \sigma_{Z_N}. \quad (29)$$

Tabulka 10: Výsledné očekávané směrodatné odchylky metody zaměření kolejnic

Nejbližší bod osy koleje			Nejvzdálenější bod osy koleje		
σ_{XO} [mm]	σ_{YO} [mm]	$\sigma_{O\check{C}z}$ [mm]	σ_{XO} [mm]	σ_{YO} [mm]	$\sigma_{O\check{C}z}$ [mm]
5,4	2,3	1,0	5,6	5,5	1,8
$\sigma_{O\check{C}xy} = 4,1$		1,0	$\sigma_{O\check{C}xy} = 5,5$		1,8

Pro nejbližší bod osy koleje platí, že:

$$4,1 \text{ mm} < 6 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}xy} < \sigma_{Mxy},$$

$$1,0 \text{ mm} < 7,5 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}z} < \sigma_{Mz}.$$

Pro nejvzdálenější bod platí, že:

$$5,5 \text{ mm} < 6 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}xy} < \sigma_{Mxy},$$

$$1,8 \text{ mm} < 7,5 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}z} < \sigma_{Mz}.$$

Metoda zaměření na dva pevné cíle na rozchodce a následné vypočtení prostorové polohy osy koleje VYHOVUJE požadavkům na přesnost zadanou Správou železniční geodézie.

10.1.3 Zaměření pomocí měřicího vozíku (APK)

Zaměření a výpočet

Princip metody spočívá v určení absolutní polohy koleje (APK) pomocí měřicího vozíku. Jedná se o nejmodernější zautomatizovanou metodu měření APK. Vozík tlačný obsluhou po koleji má osazen 360° odrazový hranol, který je automaticky sledován robotizovanou totální stanicí, v tomto konkrétním případě totální stanicí Trimble S3. Pomocí senzorů umístěných na měřicím vozíku jsou měřeny parametry koleje (rozchod, převýšení kolejnicových pásů) a ujetá vzdálenost. Jedná se o pasivní zařízení, které na příkaz totální stanice odešle aktuální měřené hodnoty.

Měřicí vozík se usadí na kolej a provedou se počáteční nastavení, např. zadání cesty pro ukládání měřených dat do paměti přístroje, nastavení přesnosti měření atd. Vytvoří se soubor pro ukládání



Obrázek 69: Měřicí vozík APK [30]

orientačních měření a provede se měření na orientace. Následně se vytvoří soubor pro ukládání měření podrobných bodů, čímž se spustí automatické měření. Vozík tlačný obsluhou po ujetí předem definované vzdálenosti vydá zvukový signál, upozorňující k okamžitému zastavení. V ten moment totální stanice provede měření prostorové polární metody na odrazný hranol a odečte snímané hodnoty měřicím vozíkem. Po registraci všech měřených dat vydá vozík zvukový signál obsluze k přesunutí na další podrobný bod.

Software z naměřených dat vypočte absolutní polohu koleje v měřených bodech.

Rozbor přesnosti metody

Po konzultaci s odborníkem na zaměřování a určování prostorové polohy koleje metodou využívající měřící vozík APK jsem dospěl k závěru, že přesnost určení prostorové polohy osy koleje závisí pouze na přesnosti zaměření odrazného zařízení umístěného na měřícím vozíku. Vozík automaticky měří geometrické parametry koleje (rozchod koleje, převýšení kolejnicových pásů) s přesností menší než 0,3 mm. Vzhledem k přesnosti totální stanice, na které závisí přesnost určení prostorové polohy zaměřovaného odrazného zařízení a požadované mezní souřadnicové odchylce, která činí 15 mm, lze chyby měření vozíku zanedbat a vozík považovat za bezchybný.

Tabulka 11: Přesnosti vstupující do výpočtu souřadnic podrobných bodů

Stanovisko a orientace	
Směrodatná odchylka	Hodnota
výšky přístroje/cíle	1 mm
centrace	1 mm
Podrobné body	
Směrodatná odchylka	Hodnota
vnitřní přesnosti vozíku	0 mm

```
610.0 1067743.55000 772468.93600 357.50900 0.00100 0.00100 f
609.0 1067804.90300 772306.78100 360.36100 0.00100 0.00100 f
611.0 1067628.70000 772667.12400 354.47900 0.00100 0.00100 f
4553.0 1067662.46300 772603.46400 355.57700 0.00000 0.00000 a
4527.0 1067740.07400 772469.61900 357.85500 0.00000 0.00000 a
```

Obrázek 70: Vstup souřadnic


```

zu 610.00 609.00 0.00060
sd 610.00 609.00 0.00220
di 610.00 611.00 0.00060
zu 610.00 611.00 0.00060
sd 610.00 611.00 0.00220
di 610.00 4553.00 0.00060
zu 610.00 4553.00 0.00060
sd 610.00 4553.00 0.00220
di 610.00 4527.00 0.00060
zu 610.00 4527.00 0.00060
sd 610.00 4527.00 0.00220
    
```

Obrázek 71: Vstup měření

Směrodatné souřadnicové odchylky měřených podrobných bodů (cíl na měřícím vozíku APK) vypočtené v programu PreciPlanner jsou, vzhledem k bezchybnosti vozíku, zároveň směrodatné souřadnicové odchylky bodů osy koleje.

Tabulka 12: Směrodatné souřadnicové odchylky podrobných bodů z programu PreciPlanner

Číslo bodu	Směr.odch. X [mm]	Směr.odch. Y [mm]	Směr.odch. Z [mm]
4527	2,4	1,1	1,0
4553	2,5	2,5	1,8

Očekávaná směrodatná souřadnicová odchylka $\sigma_{O\check{c}xy}$ se vypočítá:

$$\sigma_{O\check{c}xy}^2 = \frac{\sigma_{XO}^2 + \sigma_{YO}^2}{2}. \tag{30}$$

Očekávaná směrodatná odchylka nadmořské výšky je:

$$\sigma_{O\check{c}z} = \sigma_{ZN}. \tag{31}$$

Tabulka 13: Výsledné očekávané směrodatné odchylky metody zaměření kolejnic

Nejbližší bod osy koleje			Nejvzdálenější bod osy koleje		
σ_{XO} [mm]	σ_{YO} [mm]	$\sigma_{O\check{c}z}$ [mm]	σ_{XO} [mm]	σ_{YO} [mm]	$\sigma_{O\check{c}z}$ [mm]
2,4	1,1	1,0	2,5	2,5	1,8
$\sigma_{O\check{c}xy} = 1,8$		1,0	$\sigma_{O\check{c}xy} = 2,5$		1,8

Pro nejbližší bod osy koleje platí, že:

$$1,84 \text{ mm} < 6 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}xy} < \sigma_{Mxy},$$

$$1,02 \text{ mm} < 7,5 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}z} < \sigma_{Mz}.$$

Pro nejvzdálenější bod platí, že:

$$2,47 \text{ mm} < 6 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}xy} < \sigma_{Mxy},$$

$$1,79 \text{ mm} < 7,5 \text{ mm},$$

$$\sigma_{O\check{C}z} < \sigma_{Mz}.$$

Metoda zaměření pomocí měřicího vozíku APK a následné vypočtení prostorové polohy osy koleje softwarem v totální stanici VYHOVUJE požadavkům na přesnost zadanou Správou železniční geodézie.

10.2 Porovnání

Všechny 3 zkoumané metody splňují požadovanou přesnost zadanou objednavatelem.

Předpisem SŽDC, s.o. M20/MP004 „Metodický pokyn pro prostorové měření koleje“^[5] je povolena pouze metoda s pevným zařízením pro určení prostorové polohy koleje (PPK). Je tedy možné zaměřovat metodou zaměřování pevných cílů na rozchodce a metodou zaměřování pomocí měřicího vozíku (APK). Metoda zaměřování polohy kolejnicových pásů na výtyčku s odrazným zařízením (obvykle hranol, v ideálním případě minihranol), využívaná v dřívějších dobách, není povolena předpisem^[5] SŽDC, s.o.

10.2.1 Porovnání z hlediska přesnosti

Tabulka 14: Porovnání směrodatných odchylek zkoumaných metod (všechny hodnoty jsou v milimetrech)

	Nejbližší bod osy koleje	Nejvzdálenější bod osy koleje
Metoda zaměřování kolejnicových pásů na hranol		
Očekávaná směrodatná souřadnicová odchylka	4,3	5,0
Očekávaná směrodatná odchylka nadmořské výšky	2,2	2,7
Metoda zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli		
Očekávaná směrodatná souřadnicová odchylka	4,1	5,5
Očekávaná směrodatná odchylka nadmořské výšky	1,0	1,8
Metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku (APK)		
Očekávaná směrodatná souřadnicová odchylka	1,8	2,5
Očekávaná směrodatná odchylka nadmořské výšky	1,0	1,8

Z Tabulky 14 vyplývá, že pořadí přesnosti metod (první nejpřesnější, resp. nejmenší nárůst) dle sledovaných kritérií je následující:

Směrodatná souřadnicová odchylka nejbližšího bodu:

- | | |
|---|--------|
| • Metoda zaměrování pomocí měřicího vozíku (APK) | 1,8 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí rozchodky s pevnými cíli | 4,1 mm |
| • Metoda zaměrování kolejnicových pásů na hranol | 4,3 mm |

Směrodatná souřadnicová odchylka nejvzdálenějšího bodu:

- | | |
|---|--------|
| • Metoda zaměrování pomocí měřicího vozíku (APK) | 2,5 mm |
| • Metoda zaměrování kolejnicových pásů na hranol | 5,0 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí rozchodky s pevnými cíli | 5,5 mm |

Směrodatná odchylka nadmořské výšky nejbližšího bodu:

- | | |
|---|--------|
| • Metoda zaměrování pomocí měřicího vozíku (APK) | 1,0 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí rozchodky s pevnými cíli | 1,0 mm |
| • Metoda zaměrování kolejnicových pásů na hranol | 2,2 mm |

Směrodatná odchylka nadmořské výšky nejvzdálenějšího bodu:

- | | |
|---|--------|
| • Metoda zaměrování pomocí měřicího vozíku (APK) | 1,8 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí rozchodky s pevnými cíli | 1,8 mm |
| • Metoda zaměrování kolejnicových pásů na hranol | 2,7 mm |

Nárůst směrodatné souřadnicové odchylky na 150 m:

- | | |
|---|--------|
| • Metoda zaměrování pomocí měřicího vozíku (APK) | 0,7 mm |
| • Metoda zaměrování kolejnicových pásů na hranol | 0,7 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí rozchodky s pevnými cíli | 1,4 mm |

Nárůst směrodatné odchylky nadmořské výšky na 150m:

- | | |
|---|--------|
| • Metoda zaměrování kolejnicových pásů na hranol | 0,5 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí měřicího vozíku (APK) | 0,8 mm |
| • Metoda zaměrování pomocí rozchodky s pevnými cíli | 0,8 mm |

10.2.2 Porovnání z ekonomického hlediska

Pomůcky

Porovnání metod pro zaměření a určení prostorové polohy osy koleje z hlediska náročnosti na vybavení, včetně pořizovacích cen je popsán v následujících tabulkách. Totální stanice byla zvolena Trimble S3, pro kterou byly vypočteny i rozborů přesnosti zvolených metod.

Ceny byly převzaty z nabídky obchodu s geodetickým zbožím Geoobchod^[21].

Metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku (APK)

Tabulka 15: Cenová náročnost metody zaměřování pomocí měřicího vozíku

Pomůcka	Cena [Kč]
Stativ	4 400,-
Totální stanice Trimble S3	469 000,-
Soustava – hranol, výtyčka (orientace)	6 890,-
Měřicí vozík (APK)	1 499 000,-
Cekem	1 979 290,-

Metoda zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli

Pomůcka	Cena [Kč]
Stativ	4 400,-
Totální stanice Trimble S3	469 000,-
Soustava – hranol, výtyčka (orientace)	6 890,-
Rozchodka	2 800,-
Hranoly na rozchodku- 2 ks	7 380,-
Cekem	490 470,-

Metoda zaměřování kolejnicových pásů na hranol

Pomůcka	Cena [Kč]
Stativ	4 400,-
Totální stanice Trimble S3	469 000,-
Soustava – hranol, výtyčka	6 890,-
Soustava minihranolu	3 400,-
Cekem	483 690,-

Časová náročnost

Pomineme určení stanoviska a zaměření orientací, které je u všech zkoumaných metod stejně časově náročné a zaměříme se na měření podrobných bodů.

Z hlediska času stráveného měřením podrobných bodů lze metody zaměřování kolejnicových pásů na hranol a metodu zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli hodnotit velmi podobně. V principu obou metod je zaměření dvou bodů (cílů) v příčném profilu koleje. Výhodou metody zaměřování pomocí rozchodky je možnost umístit oba cíle najedou. Není potřeba umístit každý odrazný hranol zvlášť, jelikož jsou oba hranoly na rozchodce umístěné pevně po celou dobu měření. Z tohoto důvodu hodnotím metodu zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli jako méně časově náročnou než metodu zaměřování kolejnicových pásů, kde se umísťuje každý podrobný bod zvlášť. Časová náročnost kancelářských prací, především výpočet prostorové polohy koleje (PPK) je u obou metod srovnatelná. Také pořizovací cena vybavení je u obou metod srovnatelná.

Zvláštní kapitolou je metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku. Jde o zautomatizovaný proces měření. Časová náročnost závisí pouze na přesunu vozíku obsluhou z jednoho místa měření na další. Po umístění vozíku do předem zvolené vzdálenosti od předchozího podrobného bodu totální stanice automaticky zaměří polohu odrazného hranolu na vozíku. Zaměřuje se pouze jeden podrobný bod, což o polovinu zkrátí čas strávený na jednom příčném řezu oproti předchozím metodám. Díky softwaru v totální stanici, který ihned po odeslání informací vozíkem počítá PPK, odpadají kancelářské práce spojené právě s těmito výpočty. Tyto aspekty dělají z metody zaměřování pomocí měřicího vozíku jednoznačně časově neúspornější metodu určení PPK. Naopak největší nevýhodou je vysoká pořizovací cena vybavení, zvláště měřicího vozíku (viz předchozí kapitola). Ta se však ve výsledné ceně zakázky sníží vzhledem k délce zaměřované tratě a tedy k počtu opakování měření vozíkem.

11 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vyhotovit kompletní geodetickou dokumentaci podkladu pro projekt rekonstrukce železniční trati TÚ0291 Zadní Třebaň – Lochovice od km 13,200 do km 19,400.

Prvním úkolem bylo obstarat všechny potřebné podklady pro měřické a výpočetní práce. S tím mi výrazně pomohla firma Pragma, s.r.o., která mi poskytla kompletní seznam souřadnic bodů železničního bodového pole (ŽBP) a jejich geodetické údaje. Dále mi poskytla naskenované ohraničovací plány, na kterých jsou zakresleny hranice dráhy, vymezující rozsah měřických činností na pozemkách SŽDC,s.o.

Tyto podklady firma Pragma, s.r.o., která byla hlavním dodavatelem geodetických prací na zakázce, získala od zadavatele zakázky, kterým byla Správa železniční geodézie (SŽG). Celá zakázka obsahovala vyhotovení geodetické dokumentace trati od km 0,076 do km 25,550.

Pro vstup do provozované železniční dopravní cesty (PŽDC) mám povolení od srpna 2017, kdy jsem absolvoval školení o BOZP a lékařskou prohlídku a získal tak průkaz, který mi umožňuje vstup do PŽDC.

Na měřických pracích jsem se podílel, v rámci pomocných prací pro firmu Pragma, s.r.o., ve dvou rolích. V úseku od km 13,200 do km 17,500 coby figurant jsem měl na starosti pouze obsluhu totální stanice. V úseku od km 17,500 do km 19,400 jsem byl vedoucím měřické čety. Měl jsem na starosti komunikaci s obsluhou nejbližší obsluhované železniční stanice a volbu podrobných bodů při zaměřování prvků železničního svršku, spodku a terénních útvarů tak, aby následný výkres co nejvíce odpovídal skutečnosti.

Po naměření zadaného úseku mi firma naměřená data poskytla k následným výpočtům a zpracování výkresu.

Souřadnice všech podrobných bodů mapování jsem vypočetl v programu Groma. Při těchto výpočtech jsem kontroloval odchylky na stanovisku a orientačních bodů ŽBP. Celkem kontrolované odchylky přesáhly povolenou odchylku, která činí 10 mm, na deseti bodech ŽBP. Souřadnice těchto bodů jsem vypočetl nově z naměřených dat metodou oboustranně orientovaného polygonového pořadu. K dalším výpočtům jsem použil nově vypočtené souřadnice těchto bodů.

Prostorovou polohu koleje (PPK) jsem určil ze zaměření na rozchodku s pevnými cíli a následným výpočtem souřadnic prostorové polohy osy koleje.

V rámci výpočtu podrobných bodů osy koleje jsem vypočetl i tzv. překrytové body. Jedná se o body osy koleje, které se zaměřují ze dvou sousedních stanovisek a jejich vypočtené souřadnice se následně porovnávají. Největší povolený rozdíl souřadnic v jednotlivých hodnotách se nesmí lišit o více než 20 mm. Průměrná hodnota rozdílu souřadnic dvakrát zaměřených bodů je v souřadnicích Y 0 mm, v souřadnicích X 2 mm a v nadmořské výšce Z 0 mm. Největší zjištěný rozdíl je v souřadnici Y 18 mm, v souřadnici X 20 mm a v nadmořské výšce Z 17 mm. Nebyl tedy překročen mezní rozdíl souřadnic.

Součástí geodetické dokumentace je výkres situace. Výkres jsem vytvořil v programu MicroStation s nadstavbou MGEO a přidaným rozšířením pro tvorbu dokumentace železniční infrastruktury. Program MGEO umožňuje vytvoření automatické kresby na základě kódů, které byly přiřazovány k bodům již při měřických pracích v terénu. Po nahrání seznamu souřadnic do programu se vytvořil hrubý výkres. Výkres jsem opravil o chybné přiřazení kódů k bodům, vykreslil jsem chybějící značky k bodovým objektům, podle fotodokumentace z terénu jsem vykreslil propustky a mosty a doplnil jsem popisy ke všem objektům, u nichž je popis povinný údaj ve výkresu.

Dílčím úkolem této diplomové práce bylo zhodnotit přesnosti zadaných metod zaměření prostorové polohy osy koleje. Jednalo se o metodu zaměřování kolejnicových pásů na hranol, metodu zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli a metodu zaměřování pomocí měřicího vozíku.

Vypočetl jsem teoretické přesnosti uvedených metod pomocí rozborů přesnosti před měřením. Využil jsem k tomu program prof. Ing. Martina Štronera, Ph. D. *PrecisPlanner*, určený pro výpočet plánovaných přesností. Následně jsem, vzhledem k výpočetním postupům jednotlivých metod, určil očekávané směrodatné souřadnicové odchylky a očekávané směrodatné odchylky nadmořské výšky bodů osy koleje určené jednotlivými metodami.

Z těchto výpočtů se jeví jako nejpřesnější metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku s očekávanou směrodatnou souřadnicovou odchylkou nejbližšího bodu osy koleje (vzdálenost cca 4 m) 1,8 mm a očekávanou směrodatnou

odchylkou nadmořské výšky nejbližšího bodu 1,0 mm. Méně přesná je metoda zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli s očekávanou směrodatnou souřadnicovou odchylkou nejbližšího bodu 4,1 mm a očekávanou směrodatnou odchylkou nadmořské výšky nejbližšího bodu 1,0 mm. Nejméně přesná z pozorovaných metod je metoda zaměřování kolejnicových pásů na hranol s očekávanou směrodatnou souřadnicovou odchylkou nejbližšího bodu 4,3 mm a očekávanou směrodatnou odchylkou nadmořské výšky nejbližšího bodu 2,2 mm.

Z výpočtů směrodatných odchylek nejvzdálenějšího možného bodu osy koleje (cca 150 m) vyplývá, že nejpřesnější je metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku s očekávanou směrodatnou souřadnicovou odchylkou nejvzdálenějšího bodu osy koleje 2,5 mm a očekávanou směrodatnou odchylkou nadmořské výšky nejbližšího bodu 1,8 mm. Méně přesná je metoda zaměřování kolejnicových pásů na hranol s očekávanou směrodatnou souřadnicovou odchylkou nejvzdálenějšího bodu 5,0 mm a očekávanou směrodatnou odchylkou nadmořské výšky nejvzdálenějšího bodu 2,7 mm. Nejméně přesná z pozorovaných metod je metoda zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli s očekávanou směrodatnou souřadnicovou odchylkou nejvzdálenějšího bodu 5,5 mm a očekávanou směrodatnou odchylkou nadmořské výšky nejvzdálenějšího bodu 1,8 mm.

Je patrné, že největší nárůst očekávaných směrodatných odchylek v závislosti na vzdálenosti zaměřovaných bodů, má metoda zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli s nárůstem očekávané směrodatné souřadnicové odchylky na vzdálenost cca 150 m o 1,4 mm. Menší zhoršení očekávané směrodatné souřadnicové odchylky v závislosti na vzdálenosti mají obě zbývající metody zaměřování se srovnatelnou odchylkou metody zaměřování pomocí měřicího vozíku – 0,7 mm a metody zaměřování kolejnicových pásů na hranol – 0,7 mm.

Všechny metody splňují požadovanou směrodatnou souřadnicovou odchylku 6 mm a požadovanou směrodatnou odchylku nadmořské výšky 7,5 mm.

Zkoumané metody zaměřování a určování prostorové polohy koleje jsem porovnal i z hlediska náročnosti vybavení a z hlediska časové náročnosti na měřické a výpočetní práce. Zautomatizovaná metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku je jednoznačně nejrychlejší metodou ze všech zkoumaných. Díky

softwaru v robotizované totální stanici se počítá prostorová poloha koleje ihned po naměření potřebných dat v terénu. Odpadají tedy výpočetní práce. Velkou nevýhodou je však náročnost na vybavení a s tím spojená vysoká pořizovací cena zejména měřicího vozíku. Zbylé porovnávané metody jsou srovnatelné z hlediska náročnosti na vybavení a s tím spojených nákladů na pořízení a z hlediska časové náročnosti na měřické a výpočetní práce.

Jelikož metodu zaměřování kolejnicových pásů na hranoly předpisy SŽDC, s.o. neumožňují, zbývá metoda zaměřování pomocí rozchodky s pevnými cíli a metoda zaměřování pomocí měřicího vozíku. Otázkou je, zda se vyplatí investice do měřicího vozíku vzhledem k ušetřenému času z měřických a výpočetních prací. Většina geodetických firem, zabývajících se zaměřováním kolejí, i přes vysokou pořizovací cenu, do měřicího vozíku investovala. Převládá tedy názor, že přesnost a časová úspora metody její vstupní investici. V budoucnu je možné, že tato metoda, vzhledem k dosahované přesnosti, bude jedinou povolenou metodou pro zaměřování prostorové polohy koleje.

Seznam zdrojů

Předpisy SŽDC, s.o.

- [1] *M20, Předpis pro zeměměřictví*. Praha: SŽDC, 2015.
- [2] *M20/MP004, Metodický pokyn pro měření prostorové polohy koleje*. Praha: SŽDC, 2016.
- [3] *M20/MP005, Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítka ve znění změny č. 2*. Praha: SŽDC, 2018.
- [4] *M20/MP006, Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty ve znění změny č. 1*. Praha: SŽDC, 2018.
- [5] *M20/MP007, Železniční bodové pole*. Praha: SŽDC, 2018.
- [6] *M20/MP010, Účelová železniční mapa velkého měřítka*. Praha: SŽDC, 2018.
- [7] *S3, díl III, Železniční svršek, Zajištění prostorové polohy koleje ve znění změny č. 2*. Praha: SŽDC, 2014.
- [8] *S4, Železniční spodek*. Praha: SŽDC, 2014.
- [9] *Zam1, Předpis o odborné způsobilosti a znalosti osob při provozování dráhy a drážní dopravy ve znění změny č. 4*. Praha: SŽDC, 2018.
- [10] *Ob1, díl II, Vydávání povolení ke vstupu do míst veřejnosti nepřístupných. Průkaz pro cizí subjekt*. Praha: SŽDC, 2019.
- [11] *Pokyn generálního ředitele č.4/2016, Předávání digitální dokumentace dat mezi SŽDC a externími subjekty*. Praha: SŽDC, 2016.

Zákony, vyhlášky a normy

- [12] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- [13] Zákon č. 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách.
- [14] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.
- [15] ČSN 73 6320-2. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha. Část 2, Stavba a přejímka, provoz a údržba*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a statní zkušebnictví, 2009, 36 s. Třídící znak 73 6320.

Literatura

- [16] ŠNÁBL, Radim. *110 let trati Zadní Třebaň – Liteň – Hostomice – Lochovice*. Praha: SAXI, 2011. ISBN 978-80-904767-1-4.
- [17] HOVORKA, Ondřej. *Určení prostorové polohy zajišťovacích značek železniční trati*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce doc. Ing. Jaromír Procházka, Csc.
- [18] KREJČIŘÍKOVÁ, Hana a Martin LIDMILA. *Železniční stavby 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04693-7.
- [19] KREJČIŘÍKOVÁ, Hana. *Železniční stavby 2*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04889-4.
- [20] FLIEGEL, Tomáš. *Železniční tratě a stanice: cvičení*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2005. ISBN 80-01-03353-8.
- [21] NOVÁK, Zdeněk a Jaromír PROCHÁZKA. *Inženýrská geodézie 10*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02407-5.

Webové stránky

- [22] *Lokálka* [online]. Zadní Třebaň, 2002 [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <http://lokalka.nasenoviny.net/otrati.htm>
- [23] *Projektová dokumentace* [online]. Praha, 2013 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.projektovadokumentace.cz/>
- [24] *Fotokatalog geodetické dokumentace* [online]. Praha: SŽDC, 2019 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: https://www.tudc.cz/index.php/dokumenty/geo_doc/?lang=cs
- [25] *MGEO* [online]. Opava: GISoft, 2014 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <http://www.gisoft.cz/MGEO/MGEO>
- [26] *Trimble.com* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.trimble.com>
- [27] *Geoobchod* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.geoobchod.cz>
- [28] *Projekt PreciPlanner 3D* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/PPlanner/index.html>
- [29] *GNU Gama* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.gnu.org/software/gama/>
- [30] *Měříme absolutní prostorovou polohu koleje (APK)* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://hrdlicka.cz/georevue/merime-absolutni-prostorovou-polohu-koleje-apk/>

Seznam příloh

Listinná forma

Technická zpráva	90
Kalibrační listy použitých přístrojů.....	94
Fotodokumentace trati km 13,200 až km 19,400.....	96

CD

Diplomová práce (PDF)

Odevzdávací dokumentace:

1. Technická zpráva
2. Dokumentace železničního bodového pole
3. Přehled kladu mapových listů
4. Seznamy souřadnic
5. Výkresy
6. Podklady
7. Výpočty
 - 7.1 Kalibrační listy
 - 7.2 Výpočetní protokol
 - 7.2.1 Protokoly homogenizace železničního bodového pole
 - 7.2.2 Protokoly výpočtu podrobných bodů
 - 7.2.3 Porovnání identických bodů osy koleje
 - 7.3 Zápisníky
 - 7.4 Fotodokumentace nebo editované náčrty

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Trať č. 172</i>	12
<i>Obrázek 2: Propustek u přejezdu přes trať č. 172</i>	14
<i>Obrázek 3: Bod ŽBP</i>	15
<i>Obrázek 4: Konzolová zajišťovací značka</i>	16
<i>Obrázek 5: Sloupkový typ zajišťovací značky</i>	16
<i>Obrázek 6: Příklad ohraničovacího plánu</i>	18
<i>Obrázek 7: Průkaz SŽDC opravňující vstup do PŽDC</i>	19
<i>Obrázek 8: Součásti železničního svršku</i>	24
<i>Obrázek 9: Zaměření osy koleje na rozchodku</i>	25
<i>Obrázek 10: Kolej v oblouku</i>	25
<i>Obrázek 11: Kolej v přechodnici</i>	25
<i>Obrázek 12: Začátek výhybky</i>	26
<i>Obrázek 13: Konec výhybky</i>	26
<i>Obrázek 14: Jazyk výhybky</i>	26
<i>Obrázek 15: Výhybková křižovatka</i>	26
<i>Obrázek 16: Trakční podpěra příhradová dvojitá</i>	27
<i>Obrázek 17: Trakční podpěra betonová</i>	27
<i>Obrázek 18: Trakční podpěra ocelová jednoduchý profil</i>	27
<i>Obrázek 19: Trakční podpěra ocelová trubková</i>	27
<i>Obrázek 20: Návěstidlo traťové rychlosti</i>	28
<i>Obrázek 21: Světelná návěstidla (na stožáru a trpasličí)</i>	28
<i>Obrázek 22: Přejezd</i>	28
<i>Obrázek 23: Vyznačené hrany štěrkového lože</i>	29
<i>Obrázek 24: Staničník - kámen</i>	29
<i>Obrázek 25: Staničník - deska</i>	29
<i>Obrázek 26: Hlavní části konstrukce železniční trati</i>	30
<i>Obrázek 27: Sokl trakční podpěry ocelové trubkové</i>	31
<i>Obrázek 28: Sokl kotvy trakční podpěry</i>	31
<i>Obrázek 29: Příkop s nezpevněným dnem</i>	31
<i>Obrázek 30: Příkop se zpevněným dnem (žlab)</i>	31
<i>Obrázek 31: Železniční most na trati č. 172</i>	32
<i>Obrázek 32: Propustek trubní na trati č. 172</i>	33

<i>Obrázek 33: Propustek mimotrubní na trati č. 172</i>	33
<i>Obrázek 34: Opěrná zeď</i>	34
<i>Obrázek 35: Malá gabionová zárubní zeď</i>	34
<i>Obrázek 36: Mimoúrovňové nástupiště s vyznačenými měřenými body</i>	35
<i>Obrázek 37: Úrovňové obrubníkové nástupiště s vyznačenými měřenými body ..</i>	35
<i>Obrázek 38: Úrovňové sypané nástupiště s vyznačenými měřenými body</i>	36
<i>Obrázek 39: Horní a spodní terénní hrany</i>	37
<i>Obrázek 40: Příklad rozvržení bodů terénu</i>	37
<i>Obrázek 41: Trimble S3</i>	39
<i>Obrázek 42: Nikon Focus 6</i>	39
<i>Obrázek 43: Rozchodka s pevnými cíli firmy Pragema, s.r.o., schválená SŽG</i>	41
<i>Obrázek 44: Schéma výpočtu souřadnic osy koleje pomocí rozchodky</i>	41
<i>Obrázek 45: Vykreslená osa koleje se šterkovým ložem a hranicí dráhy</i>	47
<i>Obrázek 46: Vykreslení terénních hran a šraf s popiskem délky svahu</i>	47
<i>Obrázek 47: Propustek na km 15,118 ve 2D</i>	47
<i>Obrázek 48: Propustek na km 15,118 ve 3D bez dalších prvků výkresu</i>	48
<i>Obrázek 49: Propustek na km 15,118 ve 3D s osou koleje a liniemi terénu</i>	48
<i>Obrázek 50: Propustek mimotrubní na km 15,118 trati č. 172</i>	48
<i>Obrázek 51: Železniční most přes potok Šiberna na km 17,610 ve 2D</i>	49
<i>Obrázek 52: Železniční most na km 17,610 ve 3D</i>	49
<i>Obrázek 53: Železniční most na km 17,610 trati č. 172</i>	49
<i>Obrázek 54: Vykreslení přejezdu P584 na km 13,243 ve 2D</i>	50
<i>Obrázek 55: Přejezd P584 na km 13,243 trati č. 172</i>	50
<i>Obrázek 56: Popisné informace přejezdu, trubního propustku a návěstidel</i>	51
<i>Obrázek 57: Značky výhybek podle typu</i>	52
<i>Obrázek 58: Vykreslení výhybek s příslušným číslem</i>	52
<i>Obrázek 59: Úvodní okno programu PrecisPlanner 3D</i>	59
<i>Obrázek 60: Ukázka struktury souboru souřadnic</i>	60
<i>Obrázek 61: Ukázka struktury souboru měřených veličin</i>	60
<i>Obrázek 62: Schéma určení prostorové polohy osy koleje ze zaměření kolejnic .</i>	61
<i>Obrázek 63: Vstup souřadnic</i>	62
<i>Obrázek 64: Vstup měření</i>	62
<i>Obrázek 65: Rozchodka s pevnými cíli firmy Pragema, s.r.o.</i>	65

<i>Obrázek 66: Určení souřadnic osy koleje pomocí rozchodky s pevnými cíli.....</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 67: Vstup souřadnic.....</i>	<i>67</i>
<i>Obrázek 68: Vstup měření.....</i>	<i>67</i>
<i>Obrázek 69: Měřicí vozík APK</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 70: Vstup souřadnic.....</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 71: Vstup měření.....</i>	<i>73</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Seznam stanic a zastávek na trati č. 172</i>	13
<i>Tabulka 2: Přehled poškozených bodů ŽBP a hodnoty oprav souřadnic</i>	40
<i>Tabulka 3: Porovnání souřadnic překrytových bodů.....</i>	43
<i>Tabulka 4: Analýza rozdílu souřadnic překrytových bodů</i>	45
<i>Tabulka 5: Přesnosti vstupující do výpočtu souřadnic podrobných bodů</i>	62
<i>Tabulka 6: Směrodatné souřadnicové odchylky podrobných bodů</i>	63
<i>Tabulka 7: Výsledné očekávané směrodatné odchylky metody zaměření kolejnic</i>	64
<i>Tabulka 8: Přesnosti vstupující do výpočtu souřadnic podrobných bodů</i>	67
<i>Tabulka 9: Směrodatné souřadnicové odchylky podrobných bodů</i>	68
<i>Tabulka 10: Očekávané směrodatné odchylky metody zaměření kolejnic</i>	70
<i>Tabulka 11: Přesnosti vstupující do výpočtu souřadnic podrobných bodů</i>	72
<i>Tabulka 12: Směrodatné souřadnicové odchylky podrobných</i>	73
<i>Tabulka 13: Očekávané směrodatné odchylky metody zaměření kolejnic</i>	73
<i>Tabulka 14: Porovnání směrodatných odchylek zkoumaných metod</i>	75
<i>Tabulka 15: Cenová náročnost metody zaměřování pomocí měřícího vozíku.....</i>	77

Přílohy

Technická zpráva


Stránka 1 z 4

Náležitosti a přesnosti odpovídá právním předpisům a podmínkám písemně dohodnutým s objednatelem

Číslo ověření: 134/2018
Datum: 17.12.2018
Souřadnicový systém: JTSK



Výškový systém: Bpv

Zaměřil:	Josef Studík, Ing. Ondřej Motyčka	 PRAGEMA s.r.o. Na Pankráci 1062/58 140 00 Praha 4 tel./fax: 241 480 809 e-mail: pragemas@pragemas.cz	
Zpracoval:	Ing. Tomáš Hlaváček		
Úředně oprávněný zeměměřičský inženýr:	Ing. Ladislav Popela		
Název díla:	Zaměření osy koleje, včetně mapování do hranic dráhy na trati TÚ 0291 Zadní Třeboň - Lochovice KM 0,076 - KM 25,550. (vyhotovení geodetického podkladu pro projekt PPK)	Formát:	3x A4
		Datum:	12/2018
		Číslo zakázky:	195/2018
Název přílohy:	Technická zpráva	Měřítko:	Příloha č.: 1

Technická zpráva

Zakázkové číslo: 195/2018

Akce:

Zaměření osy koleje, včetně mapování do hranic dráhy na trati TÚ 0291 Zadní Třebaň - Lochovice KM 0,076 - KM 25,550 (vyhotovení geodetického podkladu pro projekt PPK).

Objednavatel:

SŽDC s.o., SŽG Praha - pracoviště Praha

Předmět díla:

- Zaměření a zpracování mapových podkladů TÚ0291 v úseku KM 0,076 – 25,550.
- Napojení na stávající mapové podklady na začátku i na konci úseku.
- Reambulace předaného výkresu 0291_Zadní Třebaň - Lochovice.dgn.
- Zaměření a zpracování díla bylo vyhotoveno dle pokynů uvedených v zápisu z úvodního jednání a odpovídá níže uvedeným předpisům.

Zákony, normy, vyhlášky:

- SŽDC M20/MP005 Metodický pokyn pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkých měřítek (č.j.5620/2016-SŽDC-O13)
 - SŽDC M20/MP006 Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty (č.j.S4730/2016-SŽDC-O13)
 - SŽDC M20/MP010 Účelová železniční mapa velkého měřítka.
 - Směrnice GR SŽDC č. 11/2006: Dokumentace pro přípravu staveb na železničních drahách celostátních a regionálních (č.j. 13511/06-OP, ze dne 30.6.2006)
 - Pokyn GR č.4/2016 (Předávání digitální dokumentace dat mezi SŽDC a externími subjekty)
 - ČSN 73 0401 Názvosloví v geodézii a kartografii
 - ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy
 - ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky
 - TNŽ 01 3412 Značky a zkratky v JŽM
 - Zákon č. 200/1994 Sb. o zeměměřičství
 - Vyhl. ČÚZK č.31/1995 Sb.
 - ČSN 73 0415 Geodetické body
 - ČSN ISO 4463-2 Měřicí metody ve výstavbě
 - TKP staveb státních drah
- Vše v platném znění.

Použité geodetické referenční systémy:

S-JTSK, Bpv

Bodová pole:

Souřadnice a výšky bodů železničního bodového pole a geodetické údaje o těchto bodech byly získány od SŽG. Bodové pole splňuje TKP staveb státních drah. Seznam použitých bodů je uveden v příloze technické zprávy. Poškozené body ŽBP byly přeúčteny. Poloha bodů byla přeúčtena oboustranně orientovaným polygonovým pořadem a výška trigonometricky z obou sousedních bodů. Protokol o přeúčtení ŽBP je uveden v _Homogenizace ŽBP.pro. Kontrola výpočtu byla ověřena na identických bodech.

Přehled poškozených bodů zjištěných při mapování:

- ŽBP 590 - oprava polohy a výšky: dY=+34mm, dX=-10mm, dH=+4mm, bod přečíslován na 90590
- ŽBP 3130 - oprava výšky: dH=-10mm, bod přečíslován na 93130
- ŽBP 593 - oprava polohy a výšky: dY=-43mm, dX=+14mm, dH=-29mm, bod přečíslován na 90593
- ŽBP 594 - oprava polohy a výšky: dY=-26mm, dX=+15mm, dH=-11mm, bod přečíslován na 90594
- ŽBP 595 - oprava polohy a výšky: dY=-23mm, dX=+14mm, dH=+ 3mm, bod přečíslován na 90595
- body 593-595 byly poškozeny při výkopu pro pokládku kabelu
- ŽBP 599 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -27mm, bod přečíslován na 90599
- ŽBP 3150 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -16mm, bod přečíslován na 93150
- ŽBP 600 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: - 9mm, bod přečíslován na 90600
- ŽBP 606 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: - 9mm, bod přečíslován na 90606
- ŽBP 607 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -15mm, bod přečíslován na 90607
- ŽBP 651 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -21mm, bod přečíslován na 90651
- ŽBP 609 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -10mm, bod přečíslován na 90609
- ŽBP 505 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -10mm
- ŽBP 640 - chyba výšky a polohy, oprava původní hodnoty: dY=+59mm, dX=-49mm, dH=+62mm
- ŽBP 636 - chyba polohy, oprava původní hodnoty: dY=-10mm, dX=-21mm
- ŽBP 631 - chyba výšky a polohy, oprava původní hodnoty: dY=+9mm, dX=+1mm, dH=-17mm
- ŽBP 628 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -12mm
- ŽBP 623 - chyba výšky, oprava původní hodnoty: -15mm

Třída přesnosti mapování:

2. a 3.

Způsob zaměření:

- Zaměření bylo provedeno polární metodou a vyhovuje uvedeným předpisům SZĚG a způsobu zaměření uvedeném ve fotokatalogu mapování SZĚG.
- Osa koleje byla měřena na rozchodku s pevnými cíli v ose koleje a v místě nepřevýšeného pásu. Při měření byla nastavena výška cíle nula a spočteny nejprve souřadnice středu hranolů. Poté byla zavedena redukce z náklonu rozchodky v oblouku a posunuta poloha osy koleje a odečtena skutečná výška cíle od výšky nepřevýšeného pásu. Protokol o tomto výpočtu je přiložen v protokolem o výpočtech. V protokolu je uvedena výška cíle Vc' ve směru kolmém na spojnici temen kolejnic, převýšení koleje D a příčná oprava polohy osy koleje Dr. V samostatném textovém souboru je uveden seznam souřadnic všech bodů osy koleje s uvedeným převýšením kolejnicových pásů. Výška koleje je vztažena k nepřevýšenému kolejnicovému pásu.
- Pro zaměření osy koleje a prvků v průjezdném průřezu bylo využito stanovišek přímo na bodech ŽBP s orientací tam a zpět nebo volných stanovišek s minimálně třemi orientacemi na body ŽBP.
- Pro zaměření terénu a dalších těžko přístupných objektů mimo průjezdný průřez bylo využito volných stanovišek, případně polygonových pořadů s připojením na ŽBP.
- Trakční podpěry, osvětlovací stožáry a všechny další sloupy byly měřeny v ose.
- Návažnost sousedních stanovišek byla ověřována minimálně na dvou identických bodech.
- Byly měřeny 3 překrytové body osy koleje z navazujících stanovišek. Protokol o tomto porovnání je uveden v příloze 6.2.

Způsob zpracování:

- Fyzikální redukce byly zavedeny při měření dle aktuálních atmosférických podmínek.
- Výpočet souřadnic podrobných bodů byl proveden v programu Groma.
- Matematické redukce z nadmořské výšky a kartografického zkreslení byly při výpočtu zavedeny.
- Zpracování výkresu bylo provedeno v programu Microstation V8i ve 3D s nadstavbou MGEO - SZĚC v18.11.07 podle platného datového modelu dle metodiky SZĚC M20/MP005 verze 18.10.29.
- Čísla podrobných bodů byla předčíslována následovně:
 XXXXYZZCCCC, kde
 XXXX - číslo traťového úseku
 YY - číslo mapového listu
 ZZ - číslo měřické skupiny
 CCCC - vlastní číslo bodu
- Součástí předávané dokumentace je kontrolní protokol z webu www.modernizace.szdc.cz.
- Protokol obsahuje 44 rodičovských objektů s duplicitními vazbami - jedná se o vykreslení značky námezníku.
- Protokol obsahuje 65 bodů seznamu souřadnic, pro které ve výkrese neexistují objekty - jedná se o body na obloucích, které kontrola chybně označuje jako chybné.
- Protokol obsahuje 9 objektů DGN výkresu, pod kterými chybějí body v seznamu souřadnic - jedná se o napojení na předaný výkres 0281KM056-102vyrez.dgn.
- Měření na volném stanovisku 9001 v žst. Lochovice bylo ověřeno na identických bodech určených při mapování zakázky TÚ0281 Příbram-Zdice dne 26. a 29.5.2017. Původ bodů viz příložené archivní výpočetní protokoly. Pro vyloučení duplicit bylo původním bodům přidáno předčíslení 9. Poznámky jsou uvedeny přímo do výpočetního protokolu.
- V místech reambulace bylo částečně využito původní zaměření a po ověření bylo spojeno s novým výkresem.
- Hranice dráhy, zahrnující parcely ve vlastnictví SZĚC a ČD, byla vykreslena dle katastrálních map získaných od ČÚZK platných k 17.12.2018. Nebyla provedena žádná transformace katastrálních map a použité ořezané katastrální mapy jsou v příloze 7.2.
- V k.ú. Zadní Třeboň, Běleč u Litně, Liteň, Hostomice pod Brdy, Radouš, Lochovice byla vlastnická hranice převzata z digitální mapy Katastru nemovitostí (DKM), která je v této lokalitě vedena v kvalitě 3, tzn., že lomové body hranice mají zák. střední souřadnicovou chybu 0,14m.
- V k.ú. Svináře, Nesvačily u Berouna, Všeradice, Vižina, Osov, Skřípěl, Neumětely byla vlastnická hranice převzata z katastrální mapy digitalizované (KMD), která je v této lokalitě vedena převážně v kvalitě 5-8, tzn., že lomové body hranice mají základní střední souřadnicovou chybu 0,21-1,00 m. Vlastnická hranice dráhy byla umístěna jiným odborným způsobem dle bodu 16.27 přílohy kat. vyhlášky 357/2013 Sb.

Podklady poskytnuté zadavatelem (vše v digitální formě):

- 1_MAPA_k_reambulaci
- 2_IEN_ověření_návažnosti
- 3_OD_pro_kresbu_drazni_hranice
- 4_Mosly_propustky_prejezdy_vyhybky
- 5_Ohraničovaci_plány
ŽBP

Datum zaměření:

11-12/2018

Datum zpracování:

11-12/2018

Použité přístroje:

Nikon Focus 6, Trimble S3

Zaměřili:

Josef Studík, Ing. Ondřej Motyčka

Zpracoval:

Ing. Tomáš Hlaváček

Přílohy:

1. Technická zpráva
2. Dokumentace ŽBP
3. Přehled kladu ML
4. Seznamy souřadnic
5. Výkresy
6. Výpočty
 - 6.1 Kalibrační listy
 - 6.2 Výpočetní protokol a Seznam souřadnic z výpočtu
 - 6.3.1 Zapsník originální
 - 6.3.2 Zapsník editovaný
 - 6.3.4 Náčrty fotodokumentace
7. Podklady

Kalibrační listy použitých přístrojů

Totální stanice Trimble S3

Geotronics Praha



GEOTRONICS Praha, s.r.o.
Pikovická 206/11
147 00 Praha 4

IČ: 48027014
DIČ: CZ48027014
Zapsáno v OR
u Městského soudu v Praze,
oddíl C, vložka 14315

Bankovní spojení:
Oberbank AG Praha
č.ú.: 2000008423/8040

Tel.: +420 296 801 183-6
Fax: +420 296 801 185
geotronics@geotronics.cz
www.geotronics.cz

PRAGEMA s.r.o.
Na Pankráci 58/1062
140 00 Praha 4

V Praze 29. 02. 2016

PROTOKOL O KALIBRACI č. 026 / 2016

Typ přístroje: Trimble S3 2" DR

Výr. číslo: 91210472

Měřil: M.Florýk

Dne: 29. 02. 2016

Srovnávací základna: Praha - Braník

Testované veličiny: Šikmá délka, vodorovné a svislé směry

Způsob testu: Metoda opakovaného měření srovnávací základny se statistickým vyhodnocením (postup schválený auditem SIS Certifiering AB – č. protokolu 254 – Spectra Precision) porovnání s veličinami určenými srovnávacím etalonem.

Výsledek testu: Výsledky provedeného kalibračního měření plně odpovídají přesnosti udávané výrobcem pro daný typ přístroje:

Měření vodorovných směrů:

směrodatná odchylka vodorovného směru: $s = 2''$

Měření svislých směrů:

směrodatná odchylka svislého směru: $s = 2''$

Měření délek:

adiční konstanta: 2,0 mm

násobná konstanta: 2,0 mm/1km

Měření délek bez hranolu:

adiční konstanta: 3,0 mm

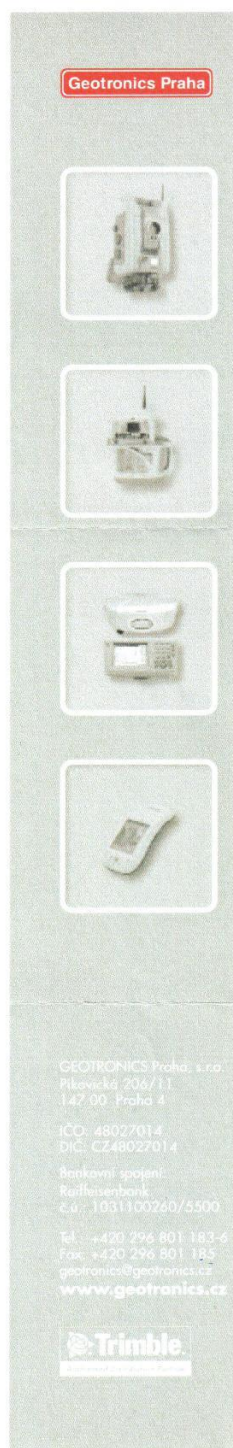
násobná konstanta: 2,0 mm/1km

Geotronics Praha
GEOTRONICS Praha, s.r.o.
Pikovická 11, 147 00 Praha 4
IČ: 48027014 DIČ: CZ48027014

Michal Martinek

Autorizované servisní centrum Trimble

Totální stanice Nikon Focus 6



Pragma s.r.o.
 Na Pankráci 1062/58
 Praha 4
 140 00

V Praze 02.07.2015

PROTOKOL O KALIBRACI č. 042/2015

Typ přístroje: SP Focus 5" DR **Výr. číslo:** A901451
Měřil: M.Florýk **Dne:** 02.07.2017

Srovnávací základna: Praha - Braník
Testované veličiny: Šikmá délka, vodorovné a svislé směry
Způsob testu: Metoda opakovaného měření srovnávací základny se statistickým vyhodnocením (postup schválený auditem SIS Certifiering AB – č. protokolu 254 – Spectra Precision) porovnání s veličinami určenými srovnávacím etalonem:
 Geodimeter 640 S/N: 64230149

Výsledek testu: Výsledky provedeného kalibračního měření plně odpovídají přesnosti udávané výrobcem pro daný typ přístroje:

Měření vodorovných směrů:
 směrodatná odchylka vodorovného směru: $s = 5''$

Měření svislých směrů:
 směrodatná odchylka svislého směru: $s = 5''$

Měření délek:
 adiční konstanta: 3,0 mm
 násobná konstanta: 2,0 mm/1km

Měření délek bez hranolu 2 – 300 m:
 adiční konstanta: 3,0 mm
 násobná konstanta: 2,0 mm/1km

M.Florýk
 Autorizované servisní centrum Trimble

GEOTRONICS Praha, s.r.o.
 Píkoviccká 11, 147 00 Praha 4
 IČ: 48027014 DIČ: CZ48027014

Fotodokumentace trati km 13,200 až km 19,400

