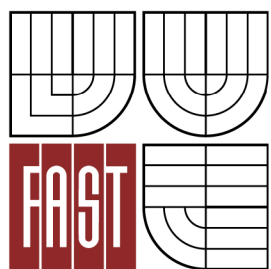


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

DOKUMENTACE MUZEJNÍ ŽELEZNIČNÍ DRÁHY THE DOCUMENTATION OF THE HISTORICAL RAILWAY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN JUREČKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KURUC

BRNO 2013



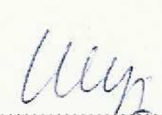
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3646T003 Geodézie a kartografie
Pracoviště Ústav geodézie


ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Jurečka Martin
Název Dokumentace muzejní železniční dráhy
Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Kuruc
Datum zadání diplomové práce 30. 11. 2012
Datum odevzdání diplomové práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012


.....
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Technická norma železnic 013468 Výkresy železničních tratí a stanic

Datový model železniční mapy D3-001-X6 verze 2.1

Projekt přestavby vlečky Zastávka u Brna - Zbýšov na rozchod 600 mm

Směrnice SŽDC č. 50 Požadavky na odbornou způsobilost dodavatelů při činnostech na drahách provozovaných státní organizací Správa železniční dopravní cesty, 2008, č.j. 50 366/08-OP

Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Pro potřeby Muzea průmyslových železnic ve Zbýšově u Brna zaměřte a vyhotovte dokumentaci průmyslové železniční dráhy. Za tímto účelem vybudujte polohové a výškové bodové pole. Geodetickými metodami zaměřte část tratě s přejezdy, umělými stavbami na dráze (most, propustky) a také dopravnu s kolejovým rozvětvením. Výsledkem zpracování měření bude polohopisný a výškopisný plán v obvodu dráhy a geometrické parametry koleje.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Michal Kuruc
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou vyhotovení železniční mapy bývalé důlní dráhy v úseku Zbýšov u Oslavan-Babice u Rosic. Nyní je tato dráha přebudována na úzký rozchod. Cílem bylo rovněž vytvoření bodového pole, měření osy koleje a podrobných bodů při mapování. Pro tento účel se vycházelo z daných předpisů. V dalších částech je uveden postup přípravných, měřických, výpočetních a vizualizačních prací.

Klíčová slova

Jednotná železniční mapa, průmyslová modelová železnice, železniční bodové pole

Abstract

This master's thesis is focused by problematic of creation railway map of the canceled mining railway in section Zbýšov u Oslavan – Babice u Rosic. This railway is being rebuilt to narrow gauge. The purpose was building of horizontal control, measuring of rail axis and surveying points. It issued from the legislation for this purpose. At next parts is given the procedure of preparatory, surveys, calculations and visualizing works.

Keywords

Uniform railway map, industrial model railway, railway horizontal control

Bibliografická citace VŠKP

JUREČKA, Martin. *Dokumentace muzejní železniční dráhy*. Brno, 2013. 71 s., 33 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Michal Kuruc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Martin Jurečka

Poděkování:

Děkuji vedoucímu této diplomové práce panu Ing. Michalu Kurucovi za poskytnuté rady a odborné vedení při tvorbě závěrečné práce. Dále patří poděkování Ing. Michalovi Witiskovi za spolupráci při měřických pracích a odborných radách a také Ing. Pavlu Čápkovi a Bc. Žanetě Cupalové za pomoc při měřických pracích.

V Brně dne 24.5.2013

.....

OBSAH:

1	ÚVOD	9
2	ŽELEZNIČNÍ TRAŤ ZASTÁVKA U BRNA-ZBÝŠOV	11
2.1	Historie železniční tratě.....	11
2.2	Současný stav železnice	12
2.3	Budoucnost železnice	13
2.4	Technické řešení železniční dráhy	14
2.5	Trať Zastávka u Brna – Zbýšov z pohledu legislativy	15
3	MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK	17
3.1	Katastrální mapy	17
3.2	Státní mapa 1:5 000.....	17
3.3	Jednotná železniční mapa.....	18
4	PRÁCE PŘI TVORBĚ JEDNOTNÉ ŽELEZNIČNÍ MAPY	19
4.1	Železniční bodové pole	19
4.2	Základní geodetické body	19
4.3	Geodetické body.....	20
4.4	Body sítě SŽDC-REF.....	20
4.5	Výškové připojení ŽBP.....	20
4.6	Tvorba jednotné železniční mapy	20
4.7	Oprávnění k měření na železnici.....	22
5	REKOGNOSKACE.....	23
5.1	Stávající bodové pole	23
5.2	Tvorba bodového pole.....	23
5.3	Umístění polohových bodů	24
5.4	Umístění výškových bodů.....	25

6	MĚŘICKÉ PRÁCE.....	26
6.1	Práce na železničním bodovém poli.....	26
6.2	Polohové určení základních geodetických bodů.....	26
6.3	Polohové určení geodetických bodů.....	27
6.4	Výškové připojení.....	29
6.5	Podrobné měření.....	31
6.5.1	Měření osy koleje.....	31
6.6	Měření podrobných bodů při klasickém mapování.....	34
7	ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ.....	36
7.1	Výpočet polohového bodového pole.....	36
7.1.1	Zpracování družicového měření.....	36
7.1.2	Faktory ovlivňující přesnost GNSS měření při zpracování.....	37
7.1.3	Transformace bodů.....	40
7.1.4	Výpočet terestricky měřených polohových bodů.....	43
7.2	Výpočet podrobných bodů na ose koleje.....	43
7.3	Výpočet a určení parametrů kolejí.....	46
7.4	Výpočet výškového připojení.....	47
7.5	Vyrovnání nivelačního měření.....	50
7.6	Výpočet výšek podrobných bodů.....	51
8	GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	53
8.1	Tvorba mapy.....	53
8.1.1	Založení výkresu, nahrání bodů.....	54
8.1.2	Vektorová kresba.....	54
8.1.3	Popisy objektů.....	55
8.1.4	Katastrální složka mapy.....	56
8.1.5	Závěrečné práce.....	56
8.1.6	Tvorba kladů mapových listů jednotné železniční mapy.....	58

8.1.7	Vzorový list jednotné železniční mapy	58
8.2	Tvorba příčných profilů	58
8.3	Tvorba podélného profilu.....	59
9	POUŽITÉ PŘÍSTROJE	61
9.1	Totální stanice Topcon GTS 223	61
9.2	GNSS aparatura Leica System 300	61
9.3	GNSS aparatura Trimble 5700.....	61
9.4	Nivelační přístroj DNA 03	61
9.5	Nivelační přístroj Topcon AT-G7	61
10	ZÁVĚR	62
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	64
12	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	67
13	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	69
14	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

1 ÚVOD

Tato diplomová práce pojednává o bývalé železniční vlečce mezi Zbýšovem u Oslavan a Zastávkou u Brna, která je nyní přebudována na úzký rozchod kolejnic 600 mm místním občanským sdružením Muzeum průmyslových železnic. V jejich vozovém parku se nachází několik zcela ojedinělých exemplářů. Tato dráha je nyní zhruba v polovině své výstavby, přičemž sahá z areálu muzea průmyslových železnic až do sousední obce Babice u Rosic, což odpovídá délce přibližně 1200 m. Výstavba úzkorozchodné železnice je podporována několika sponzory a především mikroregionem Kahan, který si od nové „atrakce“ slibuje zvýšení turistického ruchu v regionu.

Provoz na této dráze není pravidelný, jízdy vlaků se uskutečňují jen několikrát do roka. Zbývající provoz zahrnuje samotnou výstavbu dráhy. Dráha je upravená pro dopravu maximální rychlostí 25 km/h. Proto je pohyb i v době provozu na této dráze bezpečný. Pro ilustraci je uveden obr. 1.1



Obr. 1.1 Stroj BN 30R před vjezdem do areálu

Cílem této práce je vytvořit železniční mapu, dle zadaných atributů v datovém modelu D3-001-X6 v. 2.1. Pro tento účel bylo zapotřebí vybudovat nové bodové pole v obvodu železniční dráhy a zaměření provést dle části daného předpisu Opatření ředitele č. 37 vydaného 1.9.2011, Metodický návod pro budování a správu železničního bodového pole. [18] Tento předpis slouží pro vnitřní potřebu Správy železničních a dopravních cest i pro externí geodetické subdodavatele společnosti. Byl zpracován a vydán vedením oddělení Správy železniční geodézie Olomouc.

Určování souřadnic bodů je rozděleno na výškové a polohové měření. Na dalších stranách jsou uvedeny některé informace týkající se zaměřované železniční dráhy a předpisy podle kterých se řídí tvorba jednotné železniční mapy. Poté jsou zmíněny informace týkající se železničního bodového pole, vlastní budování a zaměření bodů, jejich zpracování a vyhodnocení výsledků měření.

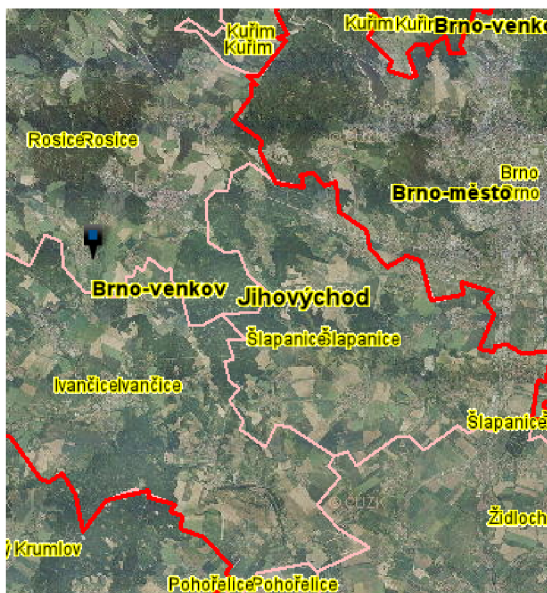
V grafické části je uveden postup při vyhotovení železniční mapy a příloh příčných a podélných profilů.

Objednatelem dokumentace bylo o. s. MPŽ, které požadovalo zaměření situace podél dráhy v rozsahu ochranného pásma a zaměření samotné dráhy, které byly vymezeny aktuální délkou dráhy. Tímto tedy měla vzniknout jednotná železniční mapa, určená specifikací dráhy a zadáním. Jednotná železniční mapa se běžně vyhotovuje po mapových listech. Jelikož tato trať má téměř přímý průběh, byla dle přání MPŽ vyhotovena mapa zobrazující délku celé trati na jednom výkresu. Dalším požadovaným výstupem byly příčné a podélné profily. Mezi přílohy této práce byly také zařazeny obvyklé dokumentace jako geodetické údaje bodů, technická zpráva, výpočetní protokoly. Byly také zjištěny geometrické parametry koleje, které jsou uvedeny v průběhu písemné části diplomové práce i v jejích přílohách. Žádné výsledky práce nebudou dále předávány k úschově pro potřeby správy SŽDC, ani pro provozovatele České dráhy a.s. Proto výstupy nemusely mít strukturu výměnného formátu podle pravidel [9].

2 ŽELEZNIČNÍ TRATĚ ZASTÁVKA U BRNA-ZBÝŠOV

2.1 Historie železniční tratě

Daná lokalita se nachází v okrese Brno venkov (obr. 2.1) z převážné části v katastrálním území Babice u Rosic a z menší části Zbýšov u Oslavan (obr. 2.2 -růžová čára zobrazuje hranice k. ú.).

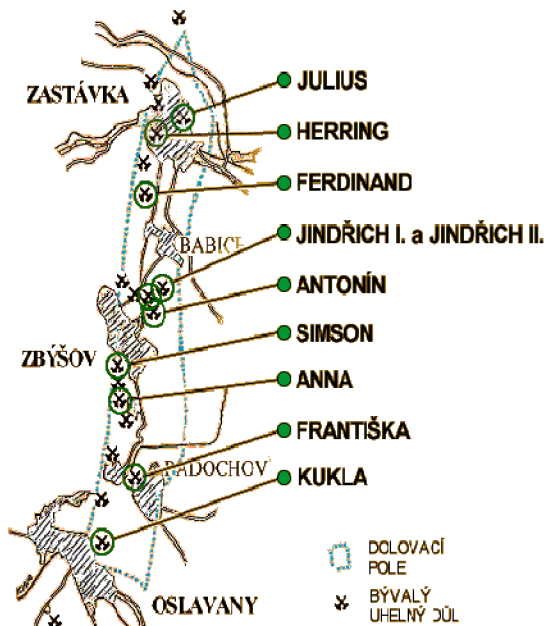


Obr. 2.1 Přehledná mapa[26]



Obr. 2.2 Lokalita – výřez TL 4307 [26]

Historie obce Babice se datuje od první písemné zmínky z roku 1228 související se založením Cisterciáckého kláštera v Oslavanech. V průběhu staletí patřila obec různým vlastníkům a obživou zdejších obyvatel bylo zemědělství. Až koncem 18. století zde dochází k rozvoji těžby uhlí. Rosicko-oslavanský uhelný revír byl nejstarším, ale také nejmenším uhelným revírem nacházejícím se v České republice. Avšak jeho výhodou byl obsah velice kvalitního uhlí. Těžilo se nejdříve povrchové odběrem do hloubky asi 25 m. Ovšem tento způsob získávání nerostu byl velmi pracný a neekonomický, proto roku 1856 došlo k zaražení šachty zvané Ferdinandova.[28] Důl Ferdinand je pak zobrazen na obr. 2.4 Postupně byly zakládány další doly, jejichž přehled je na obr. 2.3, z nichž za zmínku stojí např. důl Jindřich II., který byl jedním z nejhlubších dolů ve střední Evropě a nejhlubším na našem území. Jeho dosažitelná hloubka činila 1550 m. V době rozvíjejícího se průmyslu v polovině 19. stol. byla postavena železnice vedoucí z Brna do Zastávky u Brna, dříve Boží Požehnání (viz. obr. 2.5). Následně se zbudovaly vlečky pro dopravu uhlí mezi jednotlivými doly, které byly po několika letech přestavěny na lokomotivní provoz.[27]



Obr. 2.3 Přehledná situace uhelných dolů [32]



Obr. 2.4 Důl Ferdinand [29]



Obr. 2.5 Železniční stanice v Zastávce u Brna [29]

2.2 Současný stav železnice

Trať mezi Zbýšovem a Zastávkou byla v roce 1969 z důvodů ukončení těžby na dolech zkrácena k dolu Jindřich II. a přebytečná část trati snesena. Byla také zrušena odbočka k dolu Ferdinand v Babičích a takto zredukovaná dráha sloužila až do roku 1992, kdy byla ukončena veškerá těžební činnost. Snesena měla být celá délka trati, ale roku 2005 dráhu převzal spolek Muzeum průmyslových železnic Brno (dále MPŽ) a započaly práce na přebudování z „normálního rozchodu“ 1435 mm na 600 mm, tedy úzký rozchod průmyslové železnice. Nyní je „úzkorozchodka“ vedena od areálu MPŽ, nebo také železniční stanice Důl Jindřich II., až po okrajovou část Babič (viz. obr. 2.2). Ve zmíněném areálu je postaveno koncové nádraží s výtopnou, depem a bývalým strážním domkem, který je nyní v rekonstrukci. V době zpracovávání této práce byl znovu postaven svršek kolejí o délce zhruba 1,3 km s podbitými pražci.[35]



Obr. 2.6 Plán úzkorozchodné tratě [24]

2.3 Budoucnost železnice

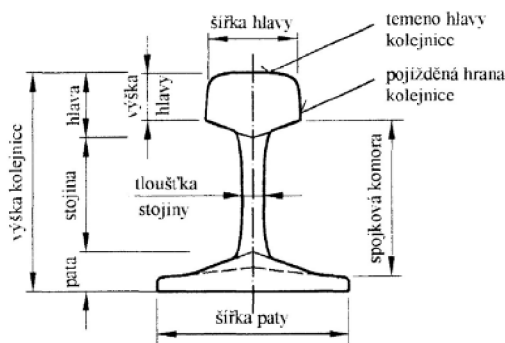
Tato trať již nyní slouží jako turistická atrakce a předpokládá se její další rozvoj. Primárním plánem je dostavba dráhy do Zastávky u Brna, kde bude vedena až k nádraží a dojde zde výhledově k odkupu a převzetí nepoužívaných kolejí od Správy železniční dopravní cesty (SŽDC) a jejich přebudování na úzký rozchod. Vznikne zde zastávka, která bude pojmenována Boží Požehnaní, jako tomu bylo v době počátku provozu železniční vlečky. Dalšími možnými cíly je obnova odbočky do dolu Ferdinand a prodloužení tratě do Zbýšova k dolu Simson, kde má vzniknout hornické muzeum. Tato možnost je projektována ve více variantách. Na obrázku č 2.6 je možno vidět jak má úzkorozchodná železnice vypadat v průběhu několika dalších let. V současném projektu se také počítá s výstavbou nástupišť v Babicích a Zastávce, rekonstrukce přejezdů, obnovení odvodnění a renovace zábradlí na mostech.[24]

2.4 Technické řešení železniční dráhy

Svršek železniční dráhy je tvořen kolejnicovými pásy o délkách 25 m (při neprovedených úpravách). Nachází se zde 2 hlavní tvary kolejnic T a S 18 (druhé označení je 93/18). Křížení tratě a silnice III. třídy bylo provedeno pomocí kolejnice žlábkové, která se běžně používá v tramvajové dopravě.

Tvar kolejnic typu T byl využíván od 30. let minulého století, kdy nahradil předchozí nejstarší typizované tvary Xa a A. V roce 1970 byla zahájena výroba kolejnic tvaru S 49 a zároveň zrušena výroba kolejnic tvaru T. V dnešní době se na tratích používají pouze nové tvary kolejí UIC 60 a S 49, kolejnice tvaru T se již nepoužívají a pouze na některých tratích dosluhují. [40]

Dále je železniční svršek dráhy tvořen kolejnicemi tvaru S 18, které se používaly pro důlní a polní dráhy. Tyto kolejnice se nachází pouze v areálu MPŽ a slouží zde pro odstavení vozů a manipulaci s nimi. Kolejnice S18 byly také použity pro výhybky. Na obr. 2.7 je zobrazeno schéma rozměrů v průřezu kolejnice. Rozměry některých parametrů jsou uvedeny v tabulce 2.1.



V Obr. 2.7 Řez kolejnicí [40]

Tab. 2.1 Rozměry parametrů kolejnic

Tvar kolejnice	Výška kolejnice [mm]	Šířka paty [mm]	Šířka hlavy [mm]	tloušťka stojiny[m]	Plocha průřezu [mm ²]
T	150	128	65,5	15	63,68
S18 (93/18)	93	82	43	10	23,13
NT1	180	150	115 ¹	14	82,89

¹ Zde je uvedena celková šířka hlavy, která se skládá z šířky pojezdové hlavy a šířky žlábků.

Rozměry kolejnic tvaru T byly převzaty z normy S3 Železniční svršek [2], rozměry kolejnic tvaru S18 a žlábkové kolejnice NT1 jsou uvedeny v tabulkách na webových stránkách Třineckých železáren [39].

Tyto kolejnice bylo možné převzít sdružením MPŽ od společnosti ČD, což mělo velký vliv na snížení nákladů výstavby úzkorozchodné dráhy.

Na dráze se dříve vyskytovaly 3 druhy pražců: dřevěné, betonové SB 5 použité v obloucích a betonové VÚS 62 použité v přímé. Nyní jsou pražce pouze dřevěné třídy 2 o rozměrech cca 150x260x1300 mm s protištěpnými sponami. Kolejový rošt je montován na původní kolejové lože s případnými úpravami v případě větších odsunů osy koleje, či na nově upravené kolejové lože. Kolej je zasypána novým drceným kamenivem frakce 32/63 mm. Bylo uvažováno s návrhovou rychlostí 25 km/h a maximální hmotností vozidel na nápravu 10,0 t. [1]

Železniční spodek i s odvodněním byl využit stávající. Došlo k jejich pročištění od zeleně.

2.5 Trať Zastávka u Brna – Zbýšov z pohledu legislativy

V roce 2005 došlo Drážním úřadem ke zrušení železniční důlní vlečky ze Zastávky do Zbýšova. Tím přestala dráha z hlediska zákona o drahách č. 266/1994 Sb. existovat. Došlo pouze k převzetí pozůstatků po dráze a pozemků občanským sdružením MPŽ, které mělo vypracovanou studii na přebudování a znovu zprovoznění této dráhy. Nová trať se však nevrací do některé z kategorií uvedených v zákoně č. 266/1994 Sb. Výčet jednotlivých kategorií dle paragrafu 3 zmíněného zákona je následující:

- a) „dráha celostátní, jíž je dráha, která slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a je jako taková označena,
- b) dráha regionální, jíž je dráha regionálního nebo místního významu, která slouží veřejné železniční dopravě a je zaústěna do celostátní nebo jiné regionální dráhy
- c) vlečka, jíž je dráha, která slouží vlastní potřebě provozovatele nebo jiného podnikatele a je zaústěna do celostátní nebo regionální dráhy, nebo jiné vlečky,
- d) speciální dráha, která slouží zejména k zabezpečení a dopravní obslužnosti obce.“ [6]

Daná trať není zařazena ani do jedné z těchto kategorií drah, čímž se k ní tedy nevztahují práva ani povinnosti provozovatele dle zákona o drahách. Zdejší úzkorozchodná trať funguje jako samosprávný celek kde vlastníkem a současně provozovatelem dráhy je občanské sdružení MPŽ.

Z tohoto důvodu byla tvorba dokumentace byla řízena především podle požadavků objednatele, v tomto případě o.s. MPŽ. Při vytváření dokumentace železniční tratě se vycházelo z některých předpisů uvedených v kapitole č. 4.

3 MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK

Mapy se dělí dle několika hledisek. Jedním z nich je podle měřítka na:

- mapy malého měřítka
- mapy středního měřítka
- mapy velkého měřítka

Dle nařízení vlády č. 81/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 430/2006 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, jsou na území našeho státu závazná mapová díla velkých měřítek katastrální mapa a Státní mapa v měřítku 1:5000 (SM 5). [5] Mezi další mapy velkých měřítek patří i účelové mapy, které zpravidla mají sloužit k předem specifikovaným účelům.

Dělí se na:

- mapy základního významu
- podzemních prostor
- důlní mapy
- ostatní (mapové podklady pro projektování staveb, mapy v lesním hospodářství, mapy nemovitých kulturních památek, dokumentace skutečného provedení staveb). [10]

3.1 Katastrální mapy

Tyto mapy zobrazují hranice pozemků, stavební objekty, hranice katastrálních území, popis a další předměty v rozsahu stanoveném přílohou vyhlášky č. 26/2007 Sb. v platném znění. V současnosti je katastrální mapa stále v analogové formě na více než polovině území ČR a postupně dochází k digitalizaci. [25]

3.2 Státní mapa 1:5 000

Státní mapa 1:5 000 (SM5) obsahuje polohopis, výškopis a popis. Základem pro polohopisný podklad jsou katastrální mapy, výškopisným podkladem je Základní mapa České republiky 1:10 000. Popisná data jsou čerpána z katastrální mapy a databáze geografických jmen České republiky Geonames.

Existuje dle zpracování ve vektorové a rastrové podobě. Vektorová forma se skládá z katastrální, výškopisné a topografické složky. Katastrální složku tvoří mapy DKM, nebo KMD, výškopis pochází z databáze ZABAGED. [25]

Rastrová forma na území, kde není zpracována SM5 ve vektorové podobě, je tvořena naskenovanými Státními mapami odvozenými (SMO-5) v jejich posledních vydáních. Topografická složka je aktualizována pomocí ortofotomap. [25]

3.3 Jednotná železniční mapa

Jednotná železniční mapa (JŽM) je jedna z účelových map základního významu vyhotovená pro potřebu železničního provozu, správu a údržbu železničního zařízení. Vytváří se ve 3. třídě přesnosti výjimečně ve 2. nebo 4. třídě přesnosti. JŽM je rozdělena na mapu Hlavní, Příložnou, Odvozenou a Speciální. Hlavní mapa se zpracovává po mapových listech, jejichž rozměry jsou 500 x 700 mm a jejich rám je rovnoběžný se souřadnicovými osami S-JTSK. Klad mapových listů se řadí tak, aby co nejlépe sledovaly průběh dráhy. Příložná mapa má rozměry mapového listu mapy hlavní, ale zpravidla dvojnásobné měřítko. Vyhotovuje se z důvodů přeplnění mapové plochy. Odvozená mapa se vyhotovuje montáží hlavní mapy pro jednotlivé traťové úseky. Speciální mapy se vyhotovují jako samostatné listy. Obsah je vytvořen na základě požadavků objednatele. [19]

4 PRÁCE PŘI TVORBĚ JEDNOTNÉ ŽELEZNIČNÍ MAPY

Nové bodové pole, vzniklé pro účely železniční dráhy, musí odpovídat předpisům a normám, o kterých bude pojednáno v této kapitole. Jsou to především vyhláška č. 31/1995 Sb. v platném znění a Opatření ředitele č. 37 (OŘ37) č. j. 1166/2011-SŽG.

4.1 *Železniční bodové pole*

Železniční dráha je liniovou stavbou, pro kterou je budováno bodové pole. Toto bodové pole se zřizuje v obvodu dráhy nebo v jejím ochranném pásmu a pokud možno tak, aby stabilizované body ležely na drážních pozemcích ve vlastnictví provozovatele dráhy. Dle znění Zákona o drahách 266/1994 Sb. je předepsáno: „Ochranné pásmo je prostor po obou stranách dráhy, jehož hranice jsou vymezeny svislou plochou vedenou, dle písmene c) u vlečky 30 m od osy krajní koleje.“ [6] V současnosti podél trati mezi Zbýšovem a Babicemi ochranné pásmo neexistuje, jelikož se nejedná o dráhu definovanou zákonem č. 266/1994 Sb. Ochranné pásmo 30 m bylo tedy převzato z dřívější kategorizace dráhy jako vlečky.

Železniční bodové pole se skládá ze dvou základních tříd bodů, které se liší především v metodě měření a jejich charakteristik přesnosti. Body železničního bodového pole se číslují dle předpisu OŘ č. 14 vydaného 1.6.2007 v rozmezí 501 – 3999. Celé číslo bodu má tvar XXXX0000CCCC, kde X značí 4 místné číslo traťového úseku, C značí číslo bodu. [16] Číslo traťového úseku v rámci této práce je uvedeno fiktivní.

4.2 *Základní geodetické body*

Základní geodetické body (ZGB) body tvoří primární síť Železničního bodového pole (ŽBP). Zaměřují se pomocí GNSS technologie a výsledné souřadnice jsou jak v systému ETRS89 v referenčním rámci ETRF2000, tak i S-JTSK. Používá se metody RTK nebo rychlé statické metody (15-20 min.). Výškově jsou určeny v systému baltském - po vyrovnání. Podle vyhlášky č. 31 /1995 Sb. odpovídají bodům určených v 1. třídě přesnosti, tedy se zákl. stř. chybou $m_{x,y} = 0,02$ m. [22] V závislosti na geomorfologických podmínkách se rozmisťují do vzdálenosti až 1300 m, obvykle však do 1 km. Důležitá je také volba vhodného umístění v blízkosti dráhy, aby nedošlo k porušení stálosti bodu v důsledku činností na dráze, a také nesmí být v rozporu s provozními předpisy provozovatele dráhy. U bodů ZGB, na začátku a na konci staničení zaměřovaného ŽBP

se stabilizuje orientační bod (ORZGB), taktéž určovaný metodou GNSS v minimální vzdálenosti 300 m od ZGB. ZGB i ORZGB jsou stabilizovány žulovými kameny s vysekanými křížky nebo jinak označenými středy, či hřbovými znaky v pevném základu. [18]

4.3 Geodetické body

Geodetické body (GB) představují v ŽBP sekundární síť polohových bodů, určených ve 2. třídě přesnosti. Na rozdíl od ZGB se zaměřují terestrickými metodami a umisťují se právě mezi základní body ve vzdálenostech do 250 m od sebe. Jsou tedy určovány v systému S-JTSK a Bpv. Musí být zachována viditelnost mezi sousedními GB a také poměr délek sousedních stran 1:2. Stabilizují se opět žulovými kameny, častěji se však používají měřické hřeby osazené v pevném základu jako např. v betonové patce sloupu s osvětlením či trakčním vedením. I zde musí být brán ohled na stálost stabilizace a bezpečné postavení stroje nad bodem mimo průjezdní profil železničních vozidel. [18]

4.4 Body sítě SŽDC-REF

Zkratka SŽDC-REF označuje referenční železniční geodetický systém realizovaný geodetickým referenčním rámcem (RŽGR). Systém SŽDC-REF je shodný se systémem ETRS89 v realizaci ETRF2000. Připojení bodů do sítě ETRS89 je realizováno přímým měřením pouze statickou metodou GNSS. Body sítě SŽDC-REF jsou geodetickým základem při tvorbě primární železniční sítě. Využívají se především jako referenční a ověřovací body při měření technologií GNSS. [18]

4.5 Výškové připojení ŽBP

K připojení bodů ŽBP do výškového systému Bpv se používá metody technické nivelace s obousměrným měřením (tam-zpět). Rozdíl obou měření musí vyhovovat odchylce $20\sqrt{R}$, kde R je délka nivelačního pořadu v km. Měření vychází z bodů výškového bodového pole ČR, jejichž výška musí být ověřena. [18]

4.6 Tvorba jednotné železniční mapy

Jako každá mapová dokumentace i JŽM musí splňovat platné normy a předpisy. Způsoby tvorby železničních map řešily předpisové řady M vydávané Federálním ministerstvem dopravy. Důležitým pro tvorbu JŽM je předpis M20/1 pro Jednotnou

železniční mapu stanic a tratí, na který navazovala služební rukověť SR 20/1 Metodika mapování. Ta obsahovala jednotlivé postupy pro metody jak geodetické, tak fotogrammetrické. [15]. Tyto předpisy jsou již neplatné a probíhá jejich novelizace. Mezi stále platné předpisy vydané Federálním ministerstvem řady M patří např. M 20/3 Směrnice pro zakládání a vedení technické dokumentace u středisek železniční geodézie, M 21 Předpis pro staničení železničních tratí a také M20/2 vzorové listy jednotné železniční mapy. Část věnovanou geodetickým měřením v současné době řeší řada vnitřních předpisů pod správou SŽG. Především se jedná o tzv. opatření ředitele (OŘ), v nichž je popsán postup při budování bodového pole a vlastního referenčního systému SŽDC-REF, či Opatření k zaměřování objektů železniční a dopravní cesty. Dále jsou v opatřeních uvedeny způsoby tvorby transformačních klíčů, vyhotovení geodetické dokumentace bodového pole, zpracování a ověřování přesnosti měření, formy a struktury předávání výsledků jednotlivých prací.

Pravidla pro vzájemnou výměnu a předávání dat v digitální podobě mezi drážními a mimodrážními organizacemi vydané VŘ DDC (opatření vrchního ředitele ČD) pod č. j. 12.133/1998 dne 30.11.1998 včetně všech jeho dodatků (zkrácené označení D3-001). Tyto pravidla jsou uvedeny v rámci dokumentu Příloha č. 6 směrnice “Členění a směrný obsah a rozsah přípravné a projektové dokumentace” č. j. 1009/94-O7 ze dne 22.12.1994. Cílem dokumentu D3-001 je poskytnout zhotovitelům digitální dokumentace informace o požadovaných formátech této dokumentace, předávané investorovi (ČD) v rámci investiční výstavby. [9] V tomto dokumentu jsou uvedeny jednotlivé části pravidel při tvorbě dokumentace, z nichž je pro geodetickou část podstatný datový model D3-001-X6 v.2.1. K tomuto modelu je vztažen předpis OŘ 36 Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty (ve správě SŽDC, s. o.). Součástí datového modelu je tabulka atributů pro vyhotovování železniční mapy v digitální podobě a soubory pro tvorbu mapy v programu Microstation. Mezi další normy, kterými se stanovuje tvorba JŽM, patří ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek, základní ustanovení, ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky, TNŽ 01 3412 Značky a zkratky v Jednotných železničních mapách. S tvorbou map souvisí i další normy jako ČD S3 Železniční svršek, ČD S4 Železniční spodek a také ČD S3/3 Železniční svršek úzkorozchodných drah, kde jsou však jednotlivé parametry normovány pro rozchod kolejí 760 mm. Dále jsem vycházel z normy TNŽ 01 3468 Výkresy železničních tratí a stanic.

4.7 Oprávnění k měření na železnici

Podle směrnice SŽDC č. 50 Požadavky na odbornou způsobilost dodavatelů při činnostech na drahách provozovaných státní organizací SŽDC, je potřeba prokázat u zaměstnanců dodavatele odbornou a zdravotní způsobilost. Dodavatelem se rozumí fyzické nebo právnické osoby, které realizují pro SŽDC dodávky, služby nebo stavební práce na drahách provozovaných SŽDC. Odbornou způsobilost musí prokázat také osoby, které chtějí vykonávat zeměměřičskou činnost. Konkrétně se jedná o odbornou zkoušku F-14 Vedoucí prací geodetických činností. Členové vykonávající měřické práce na železnicích spravovaných SŽDC podléhají vedení osobě s touto odbornou způsobilostí. Dále každá osoba pracující na kolejišti je povinna absolvovat školení o bezpečnosti práce dle přílohy č. 2 směrnice SŽDC č. 50. Znalosti, které jsou při zkouškách vyžadovány, jsou uvedeny v příloze č. 1 v téže směrnici. V části věnované předpisům pro geodézii již některé normy jsou neplatné, či ve fázi novelizace (viz. výše).[20]

Společnost ČD a.s. ke stanovení odborné způsobilosti vydala předpis ČD Ok 2 (Ok označuje typ dokumentu) Výcvikový a zkušební řád Českých drah a.s. Tento předpis vymezuje okruh pracovních činností, pro které se vyžadují odborné zkoušky a požadované předpoklady a kvalifikační požadavky. Úspěšné složení zkoušek z kvalifikačních předpokladů je základní podmínkou k samostatnému výkonu práce vedoucí geodet, geodet-kartograf. Obě tyto činnosti zahrnují velice podobné odborné znalosti jako u zkoušky F-14. [4]

Během vytváření této diplomové práce bylo zapotřebí čerpat a vycházet z některých předpisů uvedených v požadovaných znalostech odborné zkoušky F-14. Pro měřické práce během vytváření této diplomové práce nebylo potřeba vykonat zkoušku F-14, tato stať sloužila především jako inspirace a informativní sdělení související s danou tématikou.

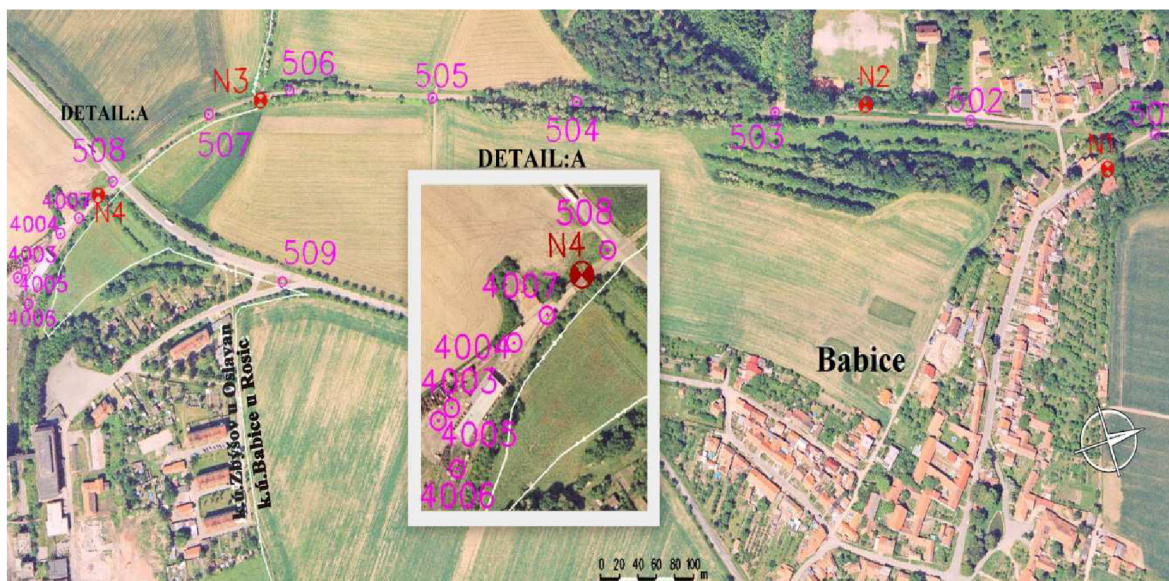
5 REKOGNOSKACE

Krajina, kterou prochází železniční trať mezi Babicemi a Zbýšovem, je poměrně různorodá. Terén je členitý a kopcovitý, největšího převýšení dráha dosahuje přibližně v polovině zaměřované části. Zde také dochází k velkému sklonu terénu po obou stranách tratě. Směrem od Babic k železniční stanici Důl Jindřich Železnici křížují trať objekty v pořadí: místní komunikace, potok, místní komunikace, polní cesta a silnice III. třídy. Dále se na trati také nachází most a propustek klenutý a trubní. Na konci tratě se nachází v areálu MPŽ drážní hlavní depo, malé depo, bývalý strážní domek sloužící dnes jako dopravní kancelář, dílna, a jiné drobné objekty.

5.1 Stávající bodové pole

V dané lokalitě se nacházely dva zhušťovací body a dva trigonometrické body. Připojení měření do systému S-JTSK však mělo být provedeno technologií GNSS a následnou transformací bodů. Proto byl použit ZhB č. 000943072060 pouze pro kontrolní měření. K výškovému připojení se nabízely body podrobného výškového bodového pole IV. řádu ČSNS v Babicích. Při místním šetření byly všechny potřebné nivelační body nalezeny, kromě nivelačního bodu č. 5 pořadu Oc 02 Zastávka – Oslavany, který byl dříve zničen při rekonstrukci rodinného domu.

5.2 Tvorba bodového pole



Obr. 5.1 Přehledná situace bodového pole

Pro polohový a výškový geodetický základ odpovídající přesnosti ZGB, GB a podrobných bodů bylo potřeba vybudovat nové bodové pole dle předpisu [18]. Z tohoto dokumentu vyplynula úvaha o rozmístění jednotlivých bodů. Jejich poloha je zobrazena na obr. 5.1 Přehledná situace bodového pole. Jsou zde pro ilustraci zobrazeny i s ortofotomapami poskytnutými ČÚZK na žádost sjednanou na katastrálním pracovišti pro Brno – venkov. Jedná se konkrétně o ortofoto snímky Moravský Krumlov 6-0, Moravský Krumlov 6-1.

5.3 Umístění polohových bodů

Bylo zvoleno celkem 9 stanovisek (501-509), přičemž body 501, 502, 505, 508, 509 měly být určeny metodou GNSS a stanoviška 503, 504, 506, 507 klasickým terestrickým měřením.



Obr. 5.2 Mezník NATURA Trník [36]

Pro stabilizaci těchto bodů, kromě bodu 509 se použily plastové mezníky Natura Trník 52 jako dostatečně stálá a cenově dostupná stabilizace pro účely diplomové práce. Jedná se o plastové znaky obsahující kotvu, vyrobenou z ocelové kulatiny s přídavnými plastovými výstupky, zabraňujícími vytažení ze země. Konce ocelové kulatiny jsou ve tvaru kulového čepu s vyraženým středem pro centraci (viz. obr. 5.2) Další polohový bod označený 509 byl osazen do tělesa propustku roxorovou tyčí se zakulacenou hlavou do tvaru čepu zafixovanou chemickou kotvou.

Při rozmístění mezníků podél dráhy se dbalo na dodržení max. délek stran (250 m), rovnoměrné vzdálenosti bodů a na jejich vzájemnou viditelnost (alespoň mezi sousední body). Pomocné body v areálu MPŽ 4002, 4003, 4004, 4005, 4006, 4007 se stabilizovaly zatlučenými hřeby. Bod 4002 byl v době po využití k zaměření podrobných bodů zničen při stavební činnosti, jeho další využití však nebylo nutné. Není tedy uveden v geodetických údajích ani přehledné situaci bodového pole. Při zaměřování situace bylo

na pomocných stanoviscích použito trojpodstavcové soupravy, proto nebylo nutné tyto stanoviska stabilizovat.

Pro vyjmenované body byly vytvořeny běžné geodetické údaje. Pro body ŽBP jsou geodetické údaje vytvořeny dle předlohy, která je součástí předpisů OŘ č. 37.

5.4 Umístění výškových bodů

K výškovému zaměření osy koleje a nového geodetického základu bylo vybudováno pomocné výškové bodové pole. V okolí dráhy byly stabilizovány 4 nivelační značky ve stálých podkladech. Ke stabilizacím nivelačních bodů se použily čepové značky zapuštěné do vyvrtaných děr vyplněných chemickou kotvou. Použití této hmoty se osvědčilo, především díky své snadné aplikaci a vysoké pevnosti. Body byly osazeny do opěrné zdi v blízkosti rozestavěného konce trati v Babicích, do zdi bývalé budovy vodárny, na klenutý propustek pod dráhou a na propustku nad areálem MPŽ. Pro tyto body byly vyhotoveny geodetické údaje, které jsou součástí tištěné přílohy č.2. Na obrázku je zobrazena jedna ze stabilizací nivelačního bodu



Obr. 5.3 Stabilizace nivelačního bodu N1

6 MĚŘICKÉ PRÁCE

Rozdělení měřických prací je obvykle na určování bodového pole a na podrobné měření.

6.1 Práce na železničním bodovém poli

V železničním bodovém poli, jak již bylo zmíněno, se postup a metody získávání dat liší podle druhu bodu. Je to dáno hierarchií bodů, stejně jako je tomu například u vytyčovací sítě a také předepsanou přesností získávaných souřadnic.

6.2 Polohové určení základních geodetických bodů

Zaměření těchto bodů bylo provedeno pomocí GNSS metodou rychlé statické observace. Jako referenční stanici je možné podle [18] použít body SŽDC-REF, stanici permanentní poziční služby nebo body dočasně stabilizované a připojené pomocí této sítě (např. CZEPOS). Pro dosažení spolehlivějších výsledků bylo vhodné si zvolit referenční bod přímo na dané lokalitě. V průběhu observace může docházet k odrazu signálu od blízkých překážek, čímž dochází k vícecestnému šíření signálu (multipath). Proto je vhodné umístit referenci na místo s co nejvíce odkrytým obzorem. K tomuto účelu se nabízel bod 509, který měl sloužit jako orientační a pomocný nivelační bod a je umístěn mimo danou trať na vyvýšeném místě s volným horizontem. Mezi další systematické chyby družicových měření patří:

- Chyby související s družicemi (zpoždění signálu v obvodech aparatury na družici, chyby družicových hodin, polohy fázových center antén družic se neshodují s jejich těžišti).
- Vliv atmosféry (troposférická a ionosférická refrakce, která způsobuje opoždění signálu)
- Chyby související s přijímačem (hodiny méně přesné než na družicích, zpoždění signálu v elektronických obvodech, nepřesná znalost excentricit fázového centra) [21]

Před měřením pomocí GNSS je také vhodné si zjistit v jakou dobu měřit. V různých dobách měření jsou družice na obloze v různých konfiguracích a počtech. To také ovlivňuje přesnost výsledků v podobě parametrů DOP, o kterých je pojednáno dále v kapitole 7.1.2. Program LGO umožňuje zobrazit příslušné parametry DOP a počty družic

dle zadaného času a místa. K tomu je ovšem ještě zapotřebí soubor s almanachem družic vztažený k danému datu. Jako nejvhodnější se jeví měření v době od 9 do zhruba 14 hodin v závislosti na počtu měřených bodů a doby měření na nich.

K měřickým pracím se použily 2 GPS aparatury Leica System 300 (obr. 6.2), zapůjčené ze školních sbírek a jedna GPS Trimble 5700 (obr. 6.1) zapůjčená panem Ing. Witiskou. Jako lokální referenční stanice byl zvolen právě přístroj Trimble. Především z důvodu lepších parametrů antény Zephyr Geodetic a zachování přibližně stejných dvojic vektorů při určování ZGB dvěma rovery Leica. Dále proběhla jedna observace dvou drážních bodů 124100000701 a 124100000530. Na každém bodě se měřilo s 10-ti sekundovým intervalem záznamu dat průměrně 25 minut a druhé měření bylo provedeno po 2 hodinách. Na referenčním bodě 509 probíhala observace po celou dobu měření. Pouze v době kolem poledne bylo měření přerušeno a také byla změněna výška antény dle podmínek OŘ č. 37. [18]



Obr. 6.1 Aparatura Trimble Zephyr nad bodem 509



Obr. 6.2 Aparatura Leica nad bodem 501

6.3 Polohové určení geodetických bodů

GB jsou zaměřovány totálními stanicemi s využitím trojpodstavcové soupravy. Typ přístroje a počet skupin měření jednotlivých veličin musí vyhovovat pro určení souřadnic bodů se střední souřadnicovou chybou $m_{x,y} = 0,04$ m. [18] Pro měřenou délku, počáteční úhel α a vrcholový úhel ω v polygonovém pořadu o 3 vrcholech vyšla jejich přesnost s použitím extrémních měřených hodnot (úhel 200^g , délka strany polygonu 250 m) následovně:

Tab. 6.1 Přesnost měřených veličin polygonovým pořadem

stř. chyba	hodnota
m_s	16 mm
m_α	68 ^{cc}
m_ω	51 ^{cc}

Pro srovnání byla spočtena i varianta pro bod určený polární metodou ze ZGB (2 dvojice určovaných GB leží mezi ZGB).

Tab. 6.1 Přesnost měřených veličin polární metodou

stř. chyba	hodnota
m_s	27 mm
m_ω	68 ^{cc}

Závěrem lze konstatovat, že stačí měřit běžnou totální stanicí všechny veličiny jedenkrát. Pro získání kontroly výsledků měření je však potřeba měřit alespoň ve dvou skupinách.

Dále proběhla také úvaha o použití běžné totální stanice i pro měření podrobných bodů na ose koleje. Předepsaná provozní tolerance polohy osy koleje od její projektované polohy dle [3] je:

$$T = \pm 30 \text{ mm}$$

Mezní hodnota pro měření a vytyčování:

$$\delta_{\text{měř}} = \frac{T}{5} = 12 \text{ mm}$$

$$m_p = \frac{\delta_{\text{měř}}}{2} \Rightarrow m_{x,y} = \frac{\delta_{\text{měř}}}{2\sqrt{2}} = 4 \text{ mm}$$

$$m_{x,y}^2 = \frac{m_s^2}{2} + \frac{s^2 m_\omega^2}{2\rho},$$

kde s je 125 m, což představuje polovinu mezní vzdálenosti mezi GB

Použitím zásady stejného vlivu byly určeny požadavky na přesnost měřených veličin:

Tab.6.3 Přesnost měřených veličin při měření bodů osy koleje

stř. chyba	hodnota
m_s	4 mm
m_ω	20 ^{cc}

K účelu zaměření GB a podrobných bodů na ose koleje byla vybrána totální stanice Topcon GTS 233 s přesností měření směřů ve dvou polohách $10''$ a délkovou přesností $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

6.4 Výškové připojení

Cílem výškového měření bylo připojení železničního bodového pole na závazný výškový systém baltský - po vyrovnání. K tomuto účelu se zřídilo 5 pomocných nivelačních bodů N1-N5 rozmístěných podél železniční dráhy (výjimku tvoří bod N5, respektive 509).



Obr. 6.3 Přehledná situace nivelačního měření [26]

Z obrázku 6.3 je patrné, že nově stabilizované nivelační body dostatečně pokryly inkriminovaný úsek dráhy. Navázání těchto bodů do výškového systému Bpv bylo provedeno pomocí bodů ČSNS IV. řádu způsobem, který zobrazuje modrá čára. Body nivelační sítě byly dle geodetických údajů určeny v roce 1962 a od této doby mohlo dojít v dané lokalitě k místním posunům v důsledku poddolování při těžbě uhlí. Proto ověření nivelačních bodů, na něž mělo být měření navázáno, bylo provedeno jako samostatný nivelační úsek, označený č. 1. Tento úsek je tvořen nivelačními oddíly mezi jednotlivými body. Jedná se konkrétně o oddíly: N1 – Oc02-6, Oc02-6 – Oc02-7, Oc02-7 – Oc02-8,

Oc02-8 – Oc02-9, Oc02-9 – N5, N5 – N4, N5 – Oc02-10. Poslední zmíněný oddíl je odbočný. Poté bylo provedeno měření úseku č. 2 mezi novými body, který je zobrazený na obr. 6.3 červenou čarou. V tomto měření bylo zároveň provedeno připojení bodů železničního bodového pole a také výškové zaměření kolejnicových pásů. Pořad byl opět rozdělen na oddíly mezi nivelačními značkami a to: N1 – 501, 501 – 502, 502 – N2, N2 – 503, 503 – 504, 504 – 506, 506 – N3, N3 – 507, 507 – N4. Ostatní polohové body a podrobné body byly určeny bočními záměry. Tímto došlo k připojení všech bodů do výškového systému Bpv s ověřením výšek výchozích bodů pomocí úseků č. 1 a č. 2, které nakonec vytvořily uzavřený nivelační pořad.

Měření bylo vykonáno metodou přesné nivelace, s použitím digitálního nivelačního přístroje DNA 03 a kódových latí. Jedná se o přístroj s vysokou přesností měření, jeho výhodou je rychlost měření a možnost záznamu dat do vnitřní paměti přístroje. Před měřením byla vykonána zkouška nivelačního přístroje pro zjištění sklonu záměrné přímky. Měření v sestavě probíhalo způsobem ZPPZ (Z – zpět, P – vpřed). Latě byly na přestavových bodech pokládány na celistvé litinové podložky. Pro udržení latí ve svislé poloze při urovnané libele sloužily opěrné tyče. Celkové složení měřické skupiny tvořil měřič a 2 figuranti. Pro vlastní bezpečnost při pohybu na komunikacích byl každý člen skupiny opatřen výstražnou vestou.

Nivelační úsek č. 1 vedl celou trasou po zpevněném povrchu (asfalt, beton), proto se výrazně snížil vliv změny výšky latě a přístroje během měření. Nevýhodou bylo pouze měření v části úseku vedoucího přes krajnici silnice III. třídy., kde mohly mít nepříznivý vliv na měření projíždějící vozidla. Nivelační úsek č. 2 sledoval průběh trati po nezpevněném povrchu. Při každém postavení přístroje či latě musely být podložky, respektive nohy stativu řádně sešlápnuty. Někdy bylo nutné odházet kamenivo pro pevné postavení stroje. Jediná nevýhoda použití digitálního přístroje nastala při měření v zalesněné části, kde digitální přístroj měl problém se čtením kódu na lati. Tento problém byl vyřešen zkrácením nivelační sestavy, či změnou výšky horizontu přístroje.

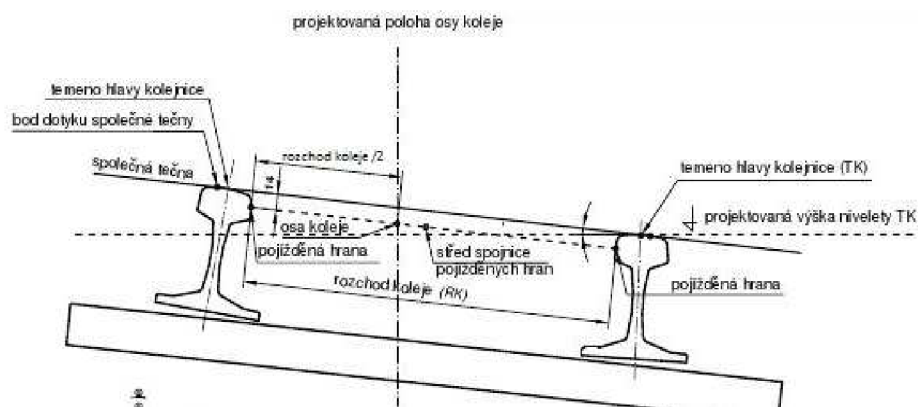
Při měření zpět byly zároveň výškově určeny body polohového pole i podrobné body. Latě byly při nivelaci podrobných bodů pokládány v místech na kolejnicích, které byly předem rozměřeny pásmem a označeny sprejem při polohovém měření.

6.5 Podrobné měření

Způsob zaměření podrobných bodů bylo potřeba rozlišit podle charakteru a nároků na přesnost. Jednak na měření osy koleje a za druhé na měření podrobných bodů při klasickém mapování.

6.5.1 Měření osy koleje

Pro tuto činnost musela být zhotovena speciální pomůcka, s níž by bylo možné pokládat hranol přesně do osy dráhy. Dle ČSN 73 6360-1 je osou koleje množina bodů, ležících v rovinách příčných řezů na spojnici pojížděných hran protilehlých kolejnicových pásů. V oblouku je osa vzdálená o polovinu hodnoty normálního rozchodu koleje od vnějšího kolejnicového pásu.“ V přímé je osa koleje vzdálena o polovinu rozchodu od pásu přilehlému k zajišťovacím značkám. Vnější pás je myšlen kolejnicový pás s větším poloměrem oblouku. [7]

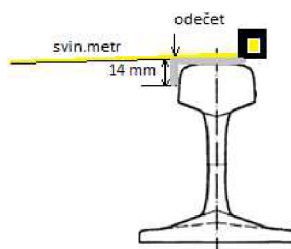


Obr. 6.4 Parametry konstrukčního uspořádání koleje [7]

Rozchod koleje je vzdálenost pojížděných hran protilehlých kolejnicových pásů v rovině příčného řezu. Měří se 14 mm pod pojízdnu plochou (platí i pro typ kolejnice použité na této dráze). [7] Jednotlivé parametry koleje jsou zobrazeny na obr. 6.4.

Pro zaměření polohy osy koleje na trati mezi Babicemi a Zbýšovem byla použita měřická pomůcka označená jako „rozchodka“ (viz. obr. 6.6). Tuto rozchodku si nechal zhotovit pan Ing. Witiska a pro účely této diplomové práce mi byla zapůjčena, za což mu tímto velice děkuji. Příložná pomůcka se skládá z kovového hranolu s řezem tvaru obdélníku a příložné zarážky kolmé k tomuto hranolu. Rozchodka se pokládala na temena hlav obou kolejnicových pásů v příčném řezu. V polovině předepsaného rozchodu $600/2 = 300$ mm od styku zarážky s kolejnicí je vyvrtán malý otvor pro postavení výtyčky s hranolem. Osa koleje se v obloucích zaměřovala pokládáním zarážky k vnějšímu

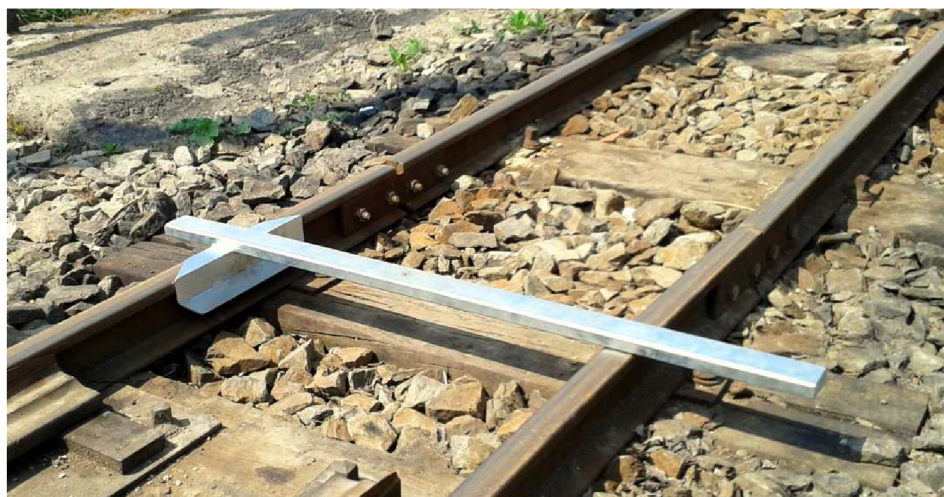
kolejnicovému pásu a v přímém úseku se přikládala střídavě k levému a k pravému kolejnicovému pásu. Problém ovšem nastává, pokud skutečný rozchod není rovný předepsanému. V praxi se při měření absolutní polohy koleje (APK) měří i skutečný rozchod pomocí zařízení, které na sobě může nést současně GNSS aparaturu i hranol, či jedno zařízení může nést totální stanici a druhé hranol. Takové zařízení je ovšem velice nákladné a pro rozchody kolejí 600 mm se ani nevyrábí. Z tohoto důvodu byla poloha osy koleje měřena popsáním způsobem pomocí rozchodky a rozchod kolejí byl měřen metrem svinovacím Stabila BM20. Jeho kovový konec byl přiložen k hraně kolejnicového pásu 14 mm pod pojížděnou hranou a na druhém konci byla odečtena hodnota rozchodu na mm. Položení kovového měřidla přes kolejnicové pásy není na běžné železniční trati povoleno z bezpečnostních důvodů (sepnutí el. okruhů některých zařízení řídicí provoz vlaků apod.). Toto riziko na místní dráze je však vyloučeno, neboť trať neobsahuje taková technická zařízení a skládá se pouze z kolejí a výhybek s manuální obsluhou. Na obou kolejnicových pásech byla použita pomůcka z kovového materiálu s řezem ve tvaru L (obr. 6.5). Její spodní hrana měřila na výšku právě 14 mm. Jeden konec pomůcky se přiložil na plochu temene hlavy kolejnice a kolmý konec se přiložil k pojížděné hraně kolejnice. Klad měřidla byl předem označen v místě položení rozchodky na obou kolejnicových pásech, čímž se také zabránilo vybočení měřidla ze směru. Korekce délky rozchodu kolem hodnoty 600 mm při úvaze převýšení 14 mm činí $k = 0,16$ mm, proto nemá příliš velké opodstatnění ji zavádět.



Obr. 6.5 Pomůcka pro měření rozchodu

Změřené rozchody se využily kromě zjištění skutečného stavu také pro opravu bodů měřených v teoretické ose s rozchodem kolejí 600 mm. Byly spočteny odchylky měřeného rozchodu od předepsaného (600 mm). Body měřené v přímých úsecích byly poté opraveny posunem v příčném směru o polovinu tohoto rozdílu. Body v obloucích byly měřeny dle ČSN 73 6360-1 přímo v ose kolejí. Průměrná hodnota rozchodu činí 607 mm ze souboru 92 měření.

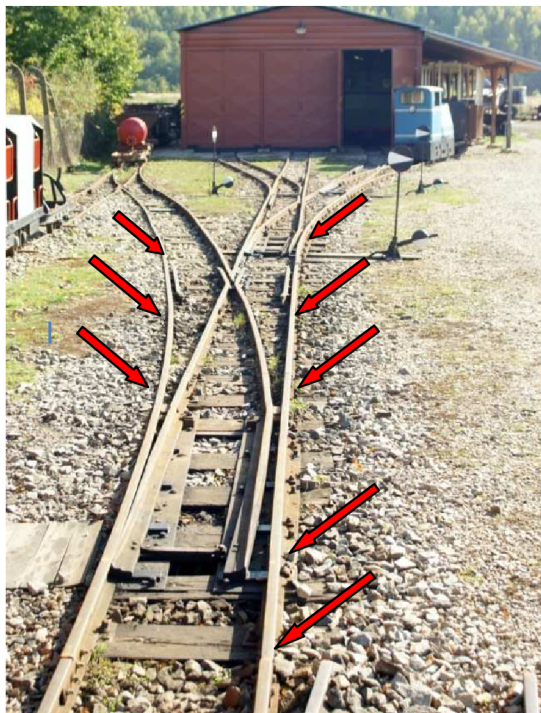
V dokumentu [17] je předepsáno, že mezi podrobnými body mají být takové vzdálenosti, aby mohla být osa koleje bezpečně zobrazena a zároveň nesmí být delší než 50 m. Před měřením byla provedena rozvaha o intervalu rozmístění podrobných bodů tak, aby tvar osy byl dostatečně spolehlivě vyjádřen. Z místního šetření vyplynulo, že vhodné vzdálenosti mezi podrobnými body by byly nejvíce 25 m dlouhé, což se shodovalo s délkami kolejnicových pásů, jejichž délka je rovněž 25 m. Vzdálenosti byly napřed kontrolně rozměřeny pásmem a místa pro zaměření označena sprejem. Dále je v předpisu uvedeno, že na krátkých kruhových obloucích a přechodnic se měří začátek, konec a alespoň střed oblouku. Měření tedy probíhalo vždy minimálně na styku kolejnicových pásů v přímé části, v obloucích minimálně na stycích a uprostřed kolejnicových pásů.



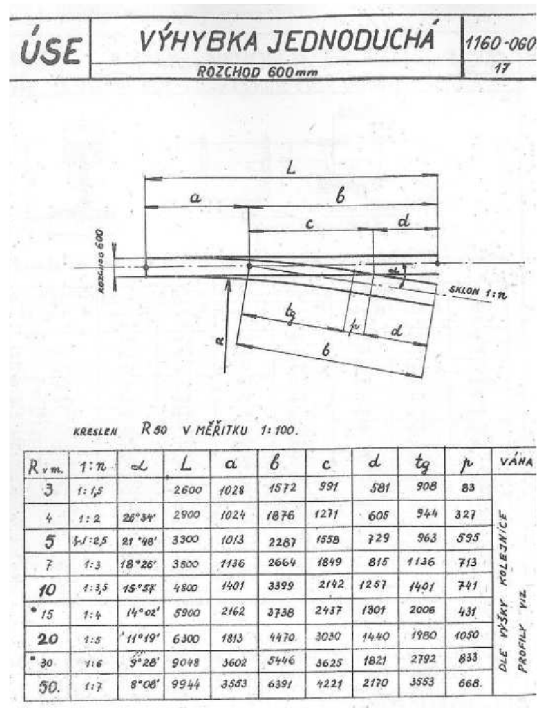
Obr. 6.6 Rozchodka pro měření osy koleje

Na trati se také vyskytují výhybky, především tedy v areálu MPŽ. Jejich zaměření se provádí na začátku (ZV) a na konci výhybky (KV), tedy na stycích kolejí a na hrotě jazyka (pohyblivé části). Hrot jazyka je možné oměřit pouze pásmem, pro zjištění či ověření typu výhyby. Výška tohoto podrobného bodu je pak vypočtena interpolací. Při polárním měření hrotu jazyka je nutné dbát na řádné přiřazení rozchodky ke koleji. Protože se zde mohly vyskytovat některé netypizované druhy výhybek, byly při skutečném zaměření zvoleny další body mimo již vyjmenované (viz. obr. 6.7). Zaměřeny tedy byly ZV, hrot a konec jazyku, body na přímé a odbočné části a KV. Tímto se získaly parametry, z nichž se daly odvodit informace, o jaký typ výhybky se jedná. [17]

Pro identifikaci výhybky podle jejích parametrů se použila tabulka Vítkovických železáren s rozměry jednotlivých výhybek (viz. obr. 6.8). Sloužila především pro vykreslení bodu odbočení osy koleje ve výhybce.

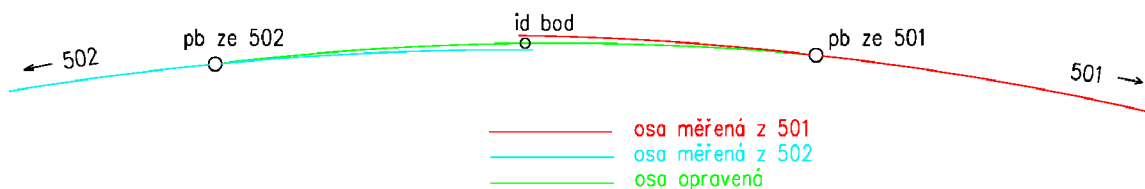


Obr. 6.7 Zaměření výhybky s klady rozchodky



Obr. 6.8 Výhybky s jejich parametry[23]

Dále také byly zaměřeny identické body na ose koleje. Slouží pro lepší návaznost osy koleje ze sousedních stanovisek, kdy by na styku těchto dvou oblastí mohlo nastat vzájemné „odskočení“ segmentů osy (viz. obr. 6.9). Zároveň slouží pro kontrolu měření, kdy se vypočte příčná odchylka od bodu se zprůměrovanými souřadnicemi k změřenému bodu a porovná s mezní hodnotou.



Obr. 6.9 Identický bod osy koleje

6.6 Měření podrobných bodů při klasickém mapování

Polohopis a výškopis byly měřeny metodou elektronické tachymetrie. Mapování probíhalo v pásu 30 m od osy kolejí po obou stranách s omezením oplocených pozemků. Byly zaměřovány body charakterizující terén, krajnice cest apod. V oblasti železničního svršku se mnoho předmětů nenacházelo, proto jej tvoří pouze křížení komunikací s kolejí. Mezi měřené předměty železničního spodku patřila opěrná zeď, zaměřovaná na horní i spodní hraně, dále zpevněné plochy v obvodu i mimo obvod stanice. Ploty měřené v osovém průběhu v úrovni terénu, ploty s podezdívkou s body na lícových stranách směrem k trati. Kolejnicové zarážedlo měřené v ukončení ose koleje, zábradlí, revizní jáma

pro opravy lokomotiv a vagonů měřená po jejím obvodu a jedním bodem měřeným na dně jámy. Na dráze se také vyskytovaly most a propustky, na nichž byly měřeny všechny lomové body a hrany pro správné vykreslení v mapě. V areálu MPŽ i mimo něj se nacházely stavby, které se zaměřily obvyklým průmětem obvodu stěn budov na terén. Do mapy se pak uvedl jejich účel. Zaměřeny také byly drobné objekty jako vpusti, vstupní šachty, šoupata, orientační tyče apod. [17]

7 ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ

7.1 Výpočet polohového bodového pole

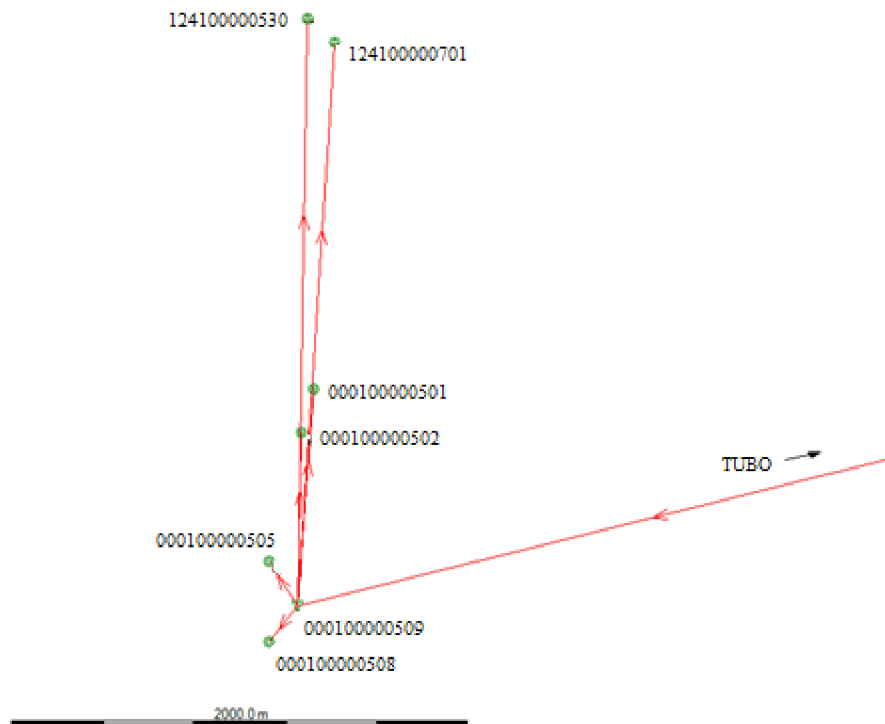
Polohové body jsou tvořeny ZGB, které byly určeny metodou GPS a GB získané terestrickým měřením. Zpracování GNSS měření proběhlo v programu Leica Geo Office v. 5 (LGO) a výpočty polygonových pořadů v programu Groma v. 10. Výsledkem jsou souřadnice bodů v souřadnicovém systému S-JTSK.

7.1.1 Zpracování družicového měření

Výpočet se děje pomocí metody postprocessingu ve zpracovatelském SW. Obvyklým použitím tohoto SW z pohledu satelitních měření jsou výpočty souřadnic bodů v různých předvolených souřadnicových systémech (především ETRS 89) pomocí změřených vektorů. Dále slouží k vyrovnání vektorů samostatně nebo i společně s terestrickými měřeními a k transformaci souřadnic mezi souřadnicovými systémy.

Pro transformaci souřadnic mezi ETRS89 (v ČR od 2.1.2011 převedeného do nového referenčního rámce z ETRF89 na ETRF2000) a S-JTSK slouží několik SW zejména pak jejich přesných verzí schválených ČÚZK. Programy jsou také použitelné v určitých datech, tedy před 2.1.2011, mezi 2.1.2011 a 31.12.2012, od 1.7.2012. Tyto programy jsou předepsány ČÚZK v případě použití tzv. globálního klíče. Při transformaci za použití lokálního klíče je možné použití jakéhokoli softwaru schváleného ČÚZK. Mezi tyto programy se řadí také LGO od verze 1 výše. Pro účely této diplomové práce bylo použito právě lokálního transformačního klíče. [25]

Nejprve se provede předběžný výpočet bodů, kde se zjistí, zda byly vyřešeny tzv. ambiguity potřebné pro výpočet souřadnic. Pokud z některého důvodu nelze ambiguity celočíselně vyjádřit, program označí toto měření za nevyřešené. [18] V tomto případě by bylo nutné vykonat nové měření. Dále je potřeba zkontrolovat zda jsou správně nastaveny offsety fázových center u referenční stanice i roverů. Do výpočtu se také zavedly přesné efemeridy vztahované k danému datu měření, pro zjištění, zda se nedocílí kvalitnějších výsledků. Jejich vliv na výsledné souřadnice byl však zanedbatelný. Dále byla zvolena možnost řešení při využití obou frekvencí L1 i L2 a úhel elevační masky nastaven na hodnotu 15°. U některých družic docházelo k častému výpadku signálu na přijímači, nebo doba příjmu signálu byla krátká. Proto se problematické observační úseky vyřadily z výpočtu. U všech bodů byly vyřešeny ambiguity jako celočíselné.



Obr. 7.1 Přehled měřených bodů technologií GNSS

Výpočet proběhl ve dvou fázích. Nejprve byly určeny souřadnice bodu 509, pomocí permanentní referenční stanice TUBO ze sítě CZEPOS. Byly získány souřadnice z 1. a 2. měření. Rozdíl souřadnic obou měření musel vyhovovat mezní odchylce dle [18] uvedené v dále kapitole 7.1.3 této práce. Vypočtený rozdíl uvedený v tabulce č. 7.3 této odchylce vyhověl, proto výsledek měření mohl být uložen. Jeho souřadnice byly vyjádřeny jako vážený průměr souřadnic z prvního a druhého měření vypočtený programem LGO.

Poté ve druhé fázi přišlo na řadu určení souřadnic ostatních bodů. Při tomto výpočtu byl bod 509 použit jako referenční. Výsledné souřadnice byly následně uloženy a zprůměrovány. Nezprůměrované souřadnice dále posloužily k posouzení přesnosti výsledků. Výsledný přehled měřených vektorů je zobrazen na obr. 7.1.

7.1.2 Faktory ovlivňující přesnost GNSS měření při zpracování

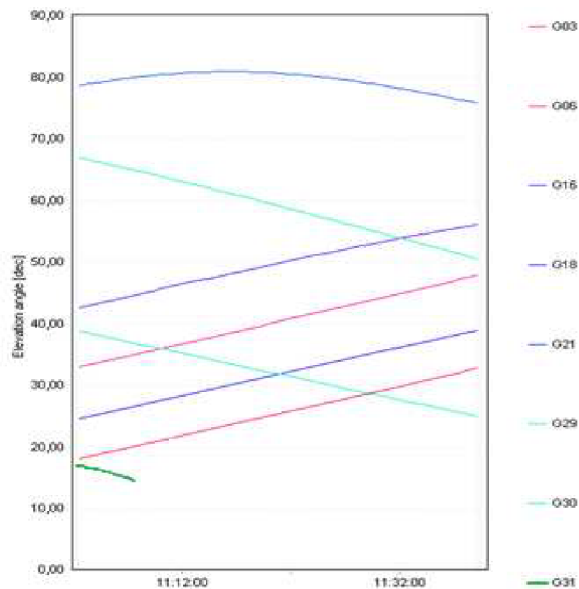
Na kvalitu získaných souřadnic má také vliv geometrické rozmístění družic v době měření. Tuto konfiguraci vyjadřuje podle své velikosti parametr DOP (Dilution of Precision), což je bezrozměrné číslo, které lze vyjádřit v různém tvaru podle přesnosti, jež vyjadřují.

- TDOP (Time Dilution of Precision) časovou.
- HDOP (Horizontal Dilution of Precision) v horizontální poloze.

- VDOP (Vertical Dilution of Precision) ve vertikálním směru.
 - PDOP (Position Dilution of Precision) v prostorové poloze, zahrnující HDOP a VDOP.
 - GDOP (Geometric Dilution of Precision) geometrický, zahrnující TDOP a PDOP.
- [21]

Při vyhodnocování hodnot DOP podle [18], odkazujícím se na vyhlášku [22] nelze ověřit výsledek měření GNSS pomocí dalšího měření GNSS pokud pro obě měření platí, že hodnota parametru GDOP či PDOP je větší než 7 a čas ověřujícího měření vůči času měření ověřovaného se nachází v intervalu $\langle -3+nk; 3+nk \rangle$ hodin, kde $n = 23,9333$ hodin pro systém GPS a 22,5000 hodin pro systém GLONASS, k je počet dní. Zároveň platí i pro měření vyhodnocovaného bez dalšího měření vykonaného souvisle do 1 hodiny, že parametry GDOP nebo PDOP nesmí překročit hodnotu 7. [22]

Ke snížení hodnot DOP je možné vypustit některý časový interval, kde byla zaznamenána největší hodnota DOP, či zkusit vyřadit některou družici z výpočtu. O vyřazení některé družice lze rozhodnout například na základě její polohy či přerušovaném nebo krátkodobém přijímacím intervalu. Nízko letící družice lze vyřadit přímo nastavenou hodnotou úhlu elevační masky. I když se nastaví hodnota úhlu, do výpočtu může vstoupit měření s krátkou dobou příjmu signálu, což bude mít za výsledek skokovou hodnotu DOP v grafu. V náhledu okna elevací družic lze nalézt dráhy družic, při nastavení elevační masky 15° při měření na bodě 503.

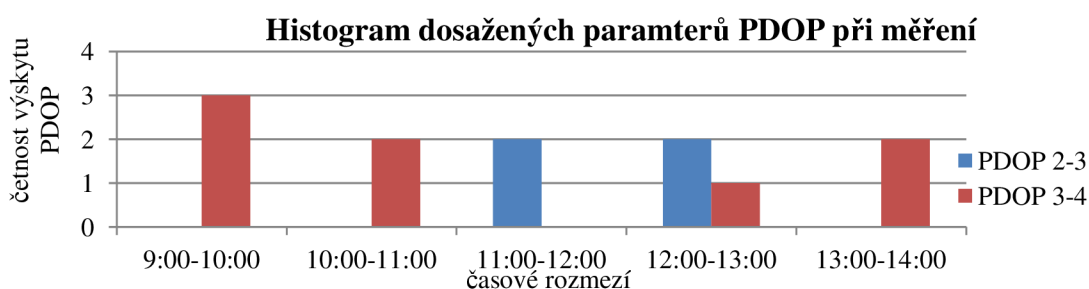


Obr. 7.2 Ukázka okna s inicializovanými družicemi

Zde na obr. 7.2 byla například vyřazena z měření družice č. 31, z důvodu krátké doby příjmu signálu a její nízké dráze. Po jejím vyřazení se průběh změn DOP v dané oblasti časového úseku vyhladil. Přímé vyloučení družic z měření bylo provedeno jen výjimečně. Ze zpracování se spíše vyloučil některý z časových intervalů.

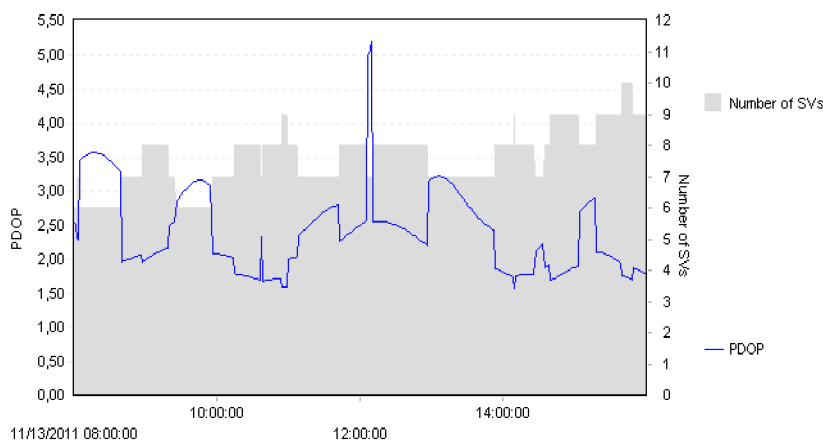
Kontrolovaly se tedy maximální hodnoty GDOP a PDOP, u nichž neměla být hodnota větší než 7. Na daném území by teoreticky měly hodnoty GDOP, tedy největší hodnoty ze všech typů DOP dosahovat maximálních hodnot kolem 4. Reálně však mohou nabývat vyšších hodnot především v důsledku zákrytu obzoru překážkami. Teoretické hodnoty DOP si lze také vyzkoušet v programu LGO jakýkoli verze, v nabídce Satellite Availability.

Pro řešení GNSS měření je důležitým parametrem PDOP. Na obr. 7.3 je výčet četnosti dosažených hodnot PDOP ve dvou intervalech při měření na jednotlivých bodech.



Obr. 7.3 Histogram dosažených parametrů PDOP při měření

Při porovnání grafu s předpokládaným výskytem hodnot PDOP v programu LGO si hodnoty PDOP téměř odpovídají. Hodnoty PDOP při skutečném měření jsou větší právě díky částečnému zákrytu obzoru na stanoviších, se kterými LGO nepočítal. Skoková hodnota kolem 12. hodiny na obrázku č. 7.4 je pravděpodobně způsobena změnou počtu družic, nebo špatnou interpretací dat programem.



Obr. 7.4 Hodnoty PDOP a počty družic podle Satellite Availability

Mezi další faktory ovlivňující přesnost získaných dat, které lze ovlivnit při zpracování jsou redukce z vlivu ionosféry a troposféry.

Troposféra je část atmosféry do výšky zhruba 30 km, která opožděje šíření elektromagnetických vln. K výpočtu je potřeba znát hodnotu refrakčního indexu troposféry. Existují různé modely (všechny založené na informacích o tlaku, teploty a relativní vlhkosti pozemní stanice), jež dovolují tento vliv spočítat. Program LGO nabízí na výběr různé modely řešení. Defaultně je nastaven model Hopfield, který byl zvolen i zde. [14].

Ionosféra je vrstva atmosféry tvořená elektricky nabitými částicemi obklopující Zemi. Má také vliv na rychlost šíření elektromagnetických vln. Její aktivita závisí také v krátkodobém pohledu na denní době a v dlouhodobém, v kterém období 11 - letého cyklu sluneční aktivity se nachází. Určení stavu ionosféry je obtížné definovat, proto je vhodné nechat nastavení modelu řešení na automatickém. [14].

Vliv ionosféry a troposféry by měl být také zredukován při použití dvou frekvencí L1 a L2. [14].

7.1.3 Transformace bodů

Zjištěné souřadnice bodů zaměřených metodou GNSS je potřeba výpočetním způsobem převést ze souřadnicového systému ETRS89 do S-JTSK. Pro tento převod slouží dva typy transformačních klíčů. Jsou to transformační klíče globální a lokální. Při použití globálního klíče jsou obecně získány méně přesné souřadnice než u lokálních klíčů. V nedávné době zaznamenal vývoj globálního transformačního klíče v rámci přechodu z ETRS89 v realizaci ETRF89 na ETRF2000 jistý krok kupředu. Avšak pro dodržení předepsaných přesností určených bodů ($m_{x,y} = 0,02$ m) je nutné použití lokálního transformačního klíče. [22] Transformace souřadnic vždy znamená jisté znehodnocení změřených výsledků, proto je potřeba co nejvíce minimalizovat toto znehodnocení, také proto se využívají lokální klíče. V předpisech pro ŽBP je dokonce zakázáno používání globálního transformačního klíče. Pro lokální klíč se používá 7 – prvkové prostorové podobnostní transformace. K matematickému výpočtu parametrů transformace je zapotřebí několika identických bodů (min. 3) se souřadnicemi v ETRS89 a S-JTSK. Výběr bodů se řídí podle pravidel podle vyhlášky [22]. V ní je například uvedeno, že dolní hranice počtu identických bodů jsou 4, souřadnice všech identických

bodů jsou určeny s přesností vyšší nebo stejnou, než je přesnost požadovaná pro určované body, tedy zhušťovací body ZhB nebo trigonometrické body TB.

Podle dalších bodů přílohy č. 9.11 z výše zmíněné vyhlášky byly vybrány 4 ZhB, tvořící čtyřúhelník kolem dané oblasti s maximální délkou mezi sousedními body 3,9 km. Vybraná konfigurace tedy vyhovovala všem bodům ve zmíněné příloze [22]. Také vykazovala při transformaci nejmenší rezidua z různých variant výběru bodů a poskytovala i možnost kontroly transformace na dalších bodech se souřadnicemi v ETRS89. Tato transformace tedy vyhovuje podmínkám dle [18]. Zde v tabulce jsou uvedeny hodnoty reziduí na vybraných bodech uvnitř obrazce při transformaci z ETRS89 do S-JTSK.

Tab. 7.1 Rozdíly souřadnic bodů v S-JTSK a Bpv uvnitř transformačního obrazce

Bod	ΔY [mm]	ΔX [mm]	ΔH (Bpv) [mm]
000943072420	17	-2	7
000943072041	-3	-10	-28
000943072042	-8	-13	1
000943072060	7	3	-20
000943070010	-8	40	-6
000943072230	-6	-8	-10

Při použití této transformace byly také vyhodnoceny odchylky souřadnic v systému kartézských souřadnic:

Tab. 7.2 Rozdíly souřadnic bodů v ETRS89 uvnitř transformačního obrazce

Bod	ΔX [mm]	ΔY [mm]	ΔZ [mm]
000943072420	-9	15	-5
000943072041	25	5	15
000943072042	11	-4	-9
000943072060	8	10	17
000943070010	-20	-19	30
000943072230	15	-1	2

Jak lze vidět, tak největší rezidua se nachází u TB 1. Dalšími zájmovými body jsou 223 a 206, které se nachází nejbližše zaměřované dráhy. U těchto bodů jsou odchylky již příznivější. Tématem této diplomové práce ovšem není testování přesnosti zaměření bodů polohového bodového pole, či zkoumání vlivu transformace na všechny body v okolí. Svou přesností zaměření bodů metodou GNSS a jejich následná transformace je považována za vyhovující, pokud splňují podmínky uvedené v předpisu [18]. Porovnávají se odchylky dvojího určení s mezní hodnotou, která vychází ze zadané střední chyby

$m_{x,y} = 10$ mm. Celkem 95% odchylek od váženého průměru určeného zpracovatelským SW musí mít hodnotu menší nebo rovno 2,5 násobku této hodnoty. Výsledné rozdíly souřadnic v S-JTSK jsou uvedeny v tabulce 7.3.

Tab. 7.3 Rozdíly souřadnic bodů v S-JTSK

Bod (1.měření)	ΔY [mm]	Mezní ΔY [mm]	ΔX [mm]	Mezní ΔY [mm]
501	0	25	-2	25
502	-1	25	2	25
505	-5	25	3	25
508	3	25	2	25
509	3	25	-1	25
Bod (2.měření)				
501	0	25	1	25
502	1	25	-2	25
505	3	25	-2	25
508	-1	25	0	25
509	-4	25	1	25

Byla provedena také kontrola na dvou vybraných nejbližších bodech ŽBP v Zastávce u Brna. Pro účely diplomové práce poskytlo oddělení SŽG pod správou SŽDC jejich geodetické údaje. Na nich byly zjištěny tyto odchylky v S-JTSK a Bpv:

Tab. 7.4 Rozdíly souřadnic kontrolně zaměřených drážních bodů

Bod	ΔY [mm]	ΔX [mm]	Δh (Bpv) [mm]
530	-8	-27	20
710	-13	-48	3

Z tabulky 7.4 je patrné, že odchylky mají stejný směr v rámci souřadné soustavy. Porovnání dvojice délek získaných z daných a změřených souřadnic tedy může být zavádějící. Proto bylo vhodné zkontrolovat i rozdíly souřadnic s mezní hodnotou. Tímto by měla být ověřena absolutní prostorová poloha těchto bodů.

Daná střední souřadnicová chyba $m_{x,y} = 20$ mm

Mezní hodnota rozdílu souřadnic: $\delta_p = m_{x,y} \sqrt{2} t = 57$ mm

Rozdíl délek: $\Delta d = 12$ mm

Mezní rozdíl dvojice délek: $\delta_d = m_{x,y} \sqrt{2} \sqrt{2} t = 80$ mm

Porovnání: $\Delta d \leq \delta$

7.1.4 Výpočet terestricky měřených polohových bodů

Veškeré výpočty veličin získaných měření totální stanicí byly prováděny v programu Groma v. 10. Nejprve zde byly nastaveny korekce pro délky z Křovákova zobrazení a redukce z nadmořské výšk. Body zaměřené metodou GNSS vstoupily jako dané, ze kterých se nyní určily souřadnice GB polygonovými pořady. Byly spočteny mezilehlé body mezi dvojicí daných bodů (502,505 a 505, 508) dvěma polygonovými pořady. Prvním polygonovým pořadem byly určeny souřadnice 503, 504 a druhým polygonovým pořadem 506, 507. Bod 509 sloužil pro orientace. Výsledné souřadnice určených bodů, úhlové i polohové odchylky v polygonových pořadech jsou uvedeny ve výpočetních protokolech. Polohové odchylky jsou vyjádřeny jako odmocniny ze součtů čtverců rozdílů daných souřadnic a souřadnic získaných polygonovým pořadem. Jejich rozdíl pro ZGB by neměl překročit mezní hodnotu vycházející ze střední souřadnicové chyby pro ZGB. Vzorec je totožný s výše uvedeným pro mezní odchylku.

Tab. 7.5 Souřadnicové rozdíly vypočtené z polygonových pořadů

Pořad	ΔY	mezní	ΔX	mezní
502-505	-14	57	3	57
505-508	3	57	-21	57

Polygonový pořad v areálu sdružení MPŽ byl řešen jako uzavřený s orientací. Důvodem použití tohoto pořadu byla možnost kontroly pomocí uzávěru úhlového i polohového a také zajištění viditelnosti na podrobné body z jednotlivých stanovisek. Výchozím stanoviskem byl bod 508, s orientacemi na body 505 a 507. Tímto polygonovým pořadem byly učeny body 4004 – 4007. Nejedná se zde o ZGB ani GB splňující pravidla předpisu OŘ37, ale již pouze o pomocné body. Svou přesností by však měly odpovídat alespoň 2. třídě přesnosti, stejně jako GB, protože měly být využity kromě měření situace i pro měření osy kolejí v areálu. Další body byly určeny jedním vetknutým pořadem s jednostranně orientovaným stanoviskem a pomocí rajonů, které již byly vypočteny zároveň s podrobnými body.

7.2 Výpočet podrobných bodů na ose koleje.

Poloha podrobných bodů osy koleje byla vypočítána pomocí metody polární. Změřeny byly také identické body z dvojic sousedících stanovisek. Odchylky v osách X a Y byly přepočítány na hodnoty příčných odchylek pomocí metody ortogonálních

vytyčovací prvků v přímce od nejbližšího bodu k zprůměrovaným souřadnicím. Příčná odchylka má totiž na změnu směru více zásadní vliv, než hodnota podélné odchylky. Porovnání odchylek od zprůměrovaného bodu proběhlo s mezní hodnotou vypočtenou z absolutní polohové odchylky osy koleje danou normou S3/3. Z ní byla v kapitole 6.2 odvozena střední polohová chyba.

$$\text{Střední polohová chyba} \quad m_p = 6 \text{ mm}$$

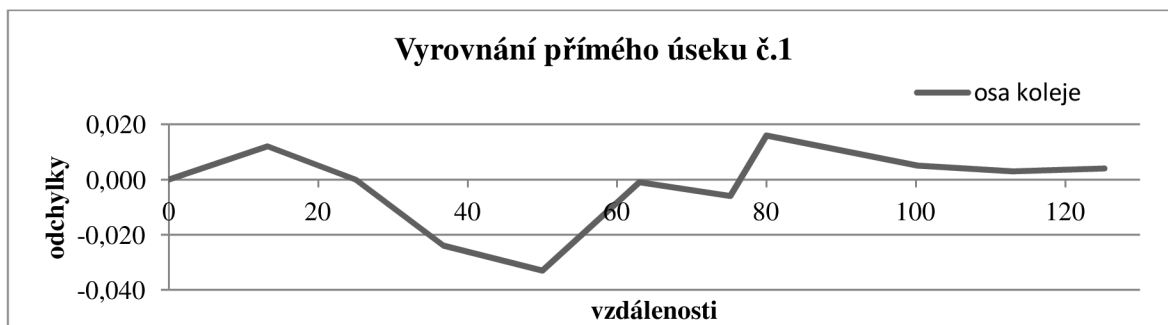
$$\text{Mezní polohová odchylka} \quad \delta_p = m_p t = 12 \text{ mm}$$

Tab. 7.6 Příčné odchylky na identických bodech

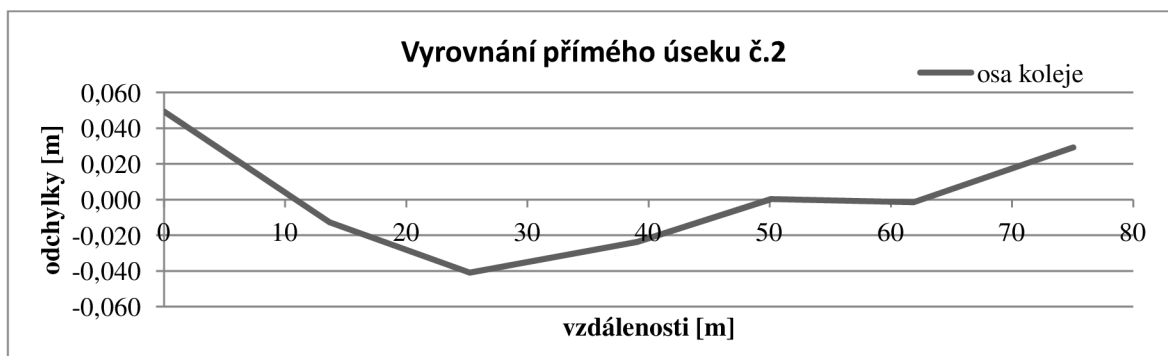
Bod	Příčná odchylka [mm]	Mezní odchylka [mm]
11	3	12
29	1	12
45	1	12
56	5	12
68	4	12
80	11	12
88	1	12

Dalším postupem bylo vyhodnocení změřených bodů osy koleje. V obloucích se získala osa koleje přímým měřením. V přímé se měřením určila pouze teoretická poloha osy, tedy při úvaze rozchodu 600 mm. Ve skutečnosti se však skutečný rozchod liší od předepsaného. Jelikož osa v přímé byla měřena střídavě, mohlo dojít k proložení měřených bodů přímkou. Vyhodnocení proběhlo v programu Microsoft Excel vyrovnáním bodů metodou MNČ aproximací na regresivní přímku. Vyrovnání se děje pomocí funkce LINREGRESE, kterou jsou spočteny jednotlivé parametry lineární rovnice. Kontroluje se korelační koeficient (aby se co nejvíce blížil hodnotě 1), suma čtverců odchylek měřených bodů od aproximované křivky, přesnosti zjištěných koeficientů. Vyrovnané parametry jsou pak dosazeny spolu se souřadnicí za proměnnou x do obecného předpisu rovnice ($y = ax + b$) a výsledkem jsou pak souřadnice bodů ležící na vyrovnané přímce. Dále byly spočteny příčné odchylky od původních bodů a vyrovnávací přímky pomocí metody ortogonálních vytyčovací prvků v programu Groma v.10. Mezní relativní odchylka souřadnic bodů je $\delta_p = 12 \text{ mm}$. Většina příčných odchylek tuto mezní hodnotu překročila. Jednotlivé vyrovnané přímé úseky jsou zobrazeny na obr. 7.5, 7.6, 7.7. Při vyrovnání osy po jednotlivých segmentech kolejí již odchylky byly příznivější,

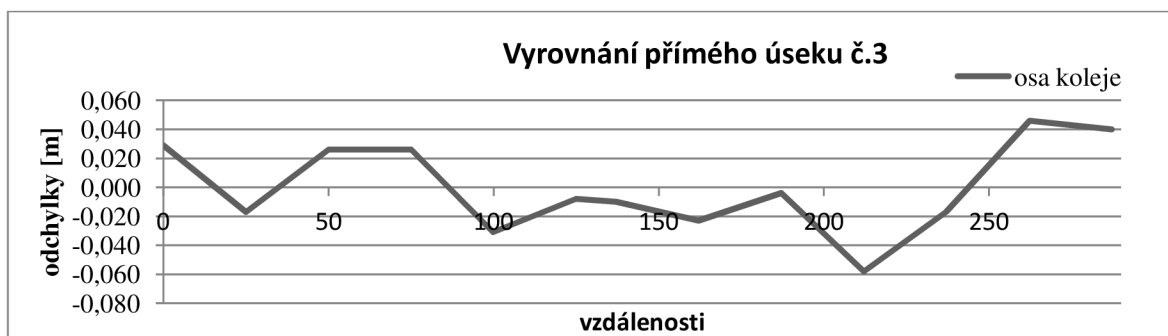
ale na krajních bodech docházelo k vzájemnému odskočení obou přímek, v důsledku nenavazování jednotlivých vyrovnaných přímek na sebe. Hypotézou tedy je, že koleje byly pospojovány s mírnými směrovými odchylkami mezi jednotlivými kolejovými rošty a tím došlo k celkové deformaci přímého úseku. Metodika výstavby a účel této dráhy tomu také může napovídat.



Obr. 7.5 Odchylky od vyrovnané přímky č. 1



Obr. 7.6 Odchylky od vyrovnané přímky č. 2

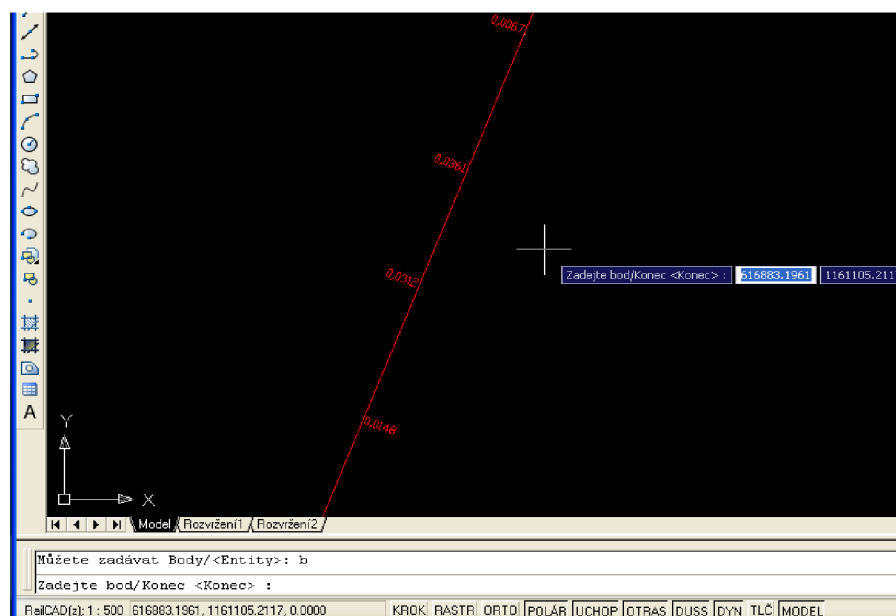


Obr. 7.7 Odchylky od vyrovnané přímky č. 3

Proložení bodů přímkou není v tomto případě vhodné použít, a proto měřené body byly opraveny o příčný posun. Tento posun je hodnota poloviny rozdílu předepsaného a měřeného rozchodu.

Další způsob řešení aproximování bodů přímkou bylo použití programu AutoCad s nadstavbou RailCad. Tato nadstavba se používá především pro projektové účely, kde

se zadávají konkrétní parametry oblouků, lomů sklonů, nivelet apod. Pro účel vyrovnání bodů v přímých úsecích je zde možno použít funkci vyrovnání do přímky. Měřenými body je aproximována přímka a jsou přímo vyneseny příčné odchylky od bodů k této přímce (viz. obr. 7.8)



Obr. 7.8 Aproximování bodů přímkou v RailCadu

7.3 Výpočet a určení parametrů kolejí

V projektu nebylo uvažováno s přechodnicemi, proto byly zjišťovány pouze poloměry jednoduchých kružnicových oblouků. Oblouky, které jsou uvedeny v projektu, byly porovnávány s naměřenými daty a výsledkem byly nesrovnalosti, jednak v poloměrech oblouků a jednak v samotném umístění oblouků. Některé byly posunuty na jiná místa a některé byly zjevně nahrazeny přímým úsekem. Toto souvisí také s metodikou výstavby úzkorozchodné dráhy. Při kompletaci a napojování jednotlivých roštů bylo také použito manuální ohýbačky kolejnic, což mohlo způsobit jiné hodnoty vzepětí oblouků. Charakter stavby tomu dovoľoval, jelikož tato modelová dráha má plnit funkci především jako turistická atrakce provozovaná při malých rychlostech.

Pro zjištění poloměrů oblouků bylo nejprve zapotřebí, aby byly určeny body začátků a konců oblouků. Ty se určovaly dle předpokladu, že začátky a konce oblouků budou na stycích kolejí, které byly zaměřeny polární metodou. Zároveň se také provedla identifikace bodů začátků a konců oblouků na stycích šetření v terénu, neboť oblouky o menších poloměrech (kolem 300 m) lze snadno rozpoznat i pouhým okem. Dalším

předpokladem bylo, že se použilo kolejnicových pásů ze zrušené tratě, které byly již tvarované. Pro zjištění zda se jedná o přímou kolej nebo již o oblouk, byly porovnávány odchylky zjištěných vzepětí s mezními provozními odchylkami vzepětí. Dle normy [3] pro úzkorozchodné dráhy jsou mezní provozní odchylky od projektovaného vzepětí (přímá kolej má vzepětí = 0) nad tětivou délky 10 m pro navrhované rychlostní pásmo 25 a 30 km/h rovny 40 mm. Z toho pro měření vyplývá hodnota mezní odchylky 8 mm. S touto hodnotou byly porovnávány hodnoty vzepětí nad tětivou o délce 10 m na vykreslenou osu koleje. Na základě takto zjištěných faktů byly určeny začátky a konce oblouků na stycích kolejnicových pásů.

Dále následovalo určení poloměrů oblouku. To se provedlo výpočtem a podle grafické rekonstrukce oblouků. Početně byly řešeny pouze oblouky, které přecházely z přímé části tratě. Poloměry byly spočteny pomocí podrobných bodů.

Grafické řešení spočívalo ve vynesení vzepětí mezi koncovými body oblouku, v její polovině byla vynesena kolmice směrem k ose koleje a tím byl získán i střed oblouku. Poté již mohly být poloměry odečteny pomocí těchto tří bodů. Pro kontrolu byly vyneseny tečny k ose v bodech začátku a konce oblouku. Změřil se úhel mezi tečnami a délka tečny. Z těchto údajů poté byly vypočteny poloměry oblouků.

Nakonec bylo potřeba zjistit typy použitých výhybek. Při vykreslování byly zjištěny poloměry oblouků výhybek, jejich celkové délky a polohy jazyků pro přesmyk. Ze zjištěných hodnot byly vyhledány číselně nejbližší typizované výhybky z tabulky vyznačené na obrázku č. 6.8. Uvedené vzdálenosti pro daný typ výhybky se vynesly od začátků výhybek po bod odbočení.

7.4 Výpočet výškového připojení.

Po zaměření všech převýšení bylo zapotřebí zkontrolovat dosažené hodnoty odchylek při měření tam a zpět v jednotlivých oddílech.

Hodnota maximálního rozdílu je pro přesnou nivelaci dána vztahem:

$$D_{max} = 5\sqrt{L}, \text{ kde } L \text{ je délka nivelačního oddílu v km.}$$

Tab. 7.7 Měřená převýšení

oddíl	Převýšení T[m]	Převýšení Z [m]	Rozdíl [m]	D_{max} [m]	m_{hi} [m]
N1, Oc02-6	7,8716	-7,8712	0,0004	0,0033	0,0005
Oc02-6, Oc02-7	6,7880	-6,7876	0,0004	0,0023	0,0004
Oc02-7, Oc02-8	9,7831	-9,7811	0,0020	0,0027	0,0004
Oc02-8, Oc02-9	-0,5412	0,5412	0,0000	0,0020	0,0003
Oc02-9, N5	-12,2952	12,2953	0,0001	0,0029	0,0005
N5, Oc02-10	0,9722	-0,9722	0,0000	0,0016	0,0002
N5, N4	-6,8150	6,8155	0,0005	0,0023	0,0004
N4, 507	2,7142	-2,7146	0,0004	0,0019	0,0003
507, N3	0,0567	-0,0572	-0,0005	0,0019	0,0003
N3, 506	0,3879	-0,3880	-0,0001	0,0012	0,0002
506, 504	4,5454	-4,5442	0,0012	0,0028	0,0004
504, 503	-5,4804	5,4808	0,0004	0,0023	0,0004
503, N2	-2,6976	2,6972	-0,0004	0,0016	0,0003
N2, 502	-2,7142	2,7148	0,0006	0,0017	0,0003
502, 501	-4,7965	4,7952	-0,0013	0,0022	0,0004
501, N1	-2,1122	2,1118	-0,0004	0,0012	0,0002

Pro posouzení přesnosti byla spočtena střední kilometrová chyba, zjištěná z rozdílů měření tam a zpět ze vzorce:

$$m_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n-1}^n \frac{(\Delta h_{i,TAM} - \Delta h_{i,ZPĚT})^2}{s_i}}$$

kde s_i jsou délky jednotlivých oddílů, n je počet oddílů.

Po dosazení naměřených hodnot je střední kilometrová chyba $m_0 = 0,8 \text{ mm}$

Střední chyba jednotlivých převýšení v oddílech je pak:

$$m_{hi} = \frac{m_0}{\sqrt{L}}$$

Připojení nivelačního měření na výškový systém Bpv bylo třeba realizovat na některou ze značek ČSNS IV. řádu a jeho výšku také ověřit měřením na další body. Proto vznikl nivelační pořad zobrazený na obrázku č. 6.3 jako modrá linie, na kterém byly zjištěny odchylky v převýšení mezi danými a měřenými body.

Mezní odchylka mezi daným a měřeným převýšením nivelačních bodů IV. řádu je dána vztahem:

$$D_{max} = 2 + 5\sqrt{L} \text{ (v mm), kde } L \text{ je délka nivelačního oddílu v km.}$$

Tab 7.8 Rozdíly daných a měřených převýšení

Oddíl	Dané převýšení [m]	Měřené převýšení [m]	Rozdíl [m]	D_{max} [m]
Oc02-6, Oc02-7	6,777	6,788	-0,011	0,004
Oc02-7, Oc02-8	9,820	9,782	0,038	0,005
Oc02-8, Oc02-9	0,540	0,541	0,001	0,004
Oc02-9, Oc02-10	-11,306	-11,323	-0,017	0,005

Porovnání s měřenými převýšení jsem zjednodušil a uvedl měřené převýšení již jako zprůměrované hodnoty měření tam a zpět.

Z výsledků uvedených v tabulce č.7.8 vyplývá, že zde bude patrně problém ve správnosti výšek bodů, uváděných v nivelačních údajích.

Do jisté míry se zde naplnil předpoklad, že zde mohlo dojít v důsledku těžby k poddolování oblasti a následně i výškovým posunům.

Na základě provedených opakovaných měření a vyhodnocení rozdílů mezi měření tam a zpět s vypočtenými středními chybami převýšení lze usoudit, že uváděné výšky v geodetických údajích jsou pravděpodobně odlišné od skutečnosti a to v řádu mm s výjimkou bodů Oc08 a Oc09. Proto by bylo vhodné v dané lokalitě provést nové připojení do ČSNS a také doplnění stávajícího výškového bodového pole se zaměřením nových bodů. Zde provedené nivelační měření se může opřít pouze o výsledky měření tam a zpět, které poukazuje, že nelze k připojení použít všechny ověřované body. Pouze mezi body Oc08 a Oc09 byla zjištěna odchylka vyhovující mezní hodnotě. Proto tyto body byly zvoleny jako výchozí pro výškové vyrovnání nivelačního měření.

Dalším kritériem, kterým lze posoudit správnost měření je posouzení odchylek daného a měřeného úseku mezi nivelačními značkami.

Tab. 7.9 Rozdíl daného a měřeného nivelačního úseku

Niv. úsek	D. převýšení [m]	Měř. převýšení [m]	Rozdíl [m]	Mez. rozdíl [m]
Oc02-6, Oc02-10	5,831	5,788	0,043	0,007

Dále posouzení nivelačního úseku č. 1 a č. 2 označeného červeně a modře v kapitole 6.4 při měření tam zpět a kontrola uzavřeného nivelačního pořadu tvořeného těmito dvěma úseky. Mezní uzávěr je pak:

$$\delta_u = 5\sqrt{F}, \text{ kde } F \text{ je délka celého uzavřeného nivelačního pořadu.}$$

Tab. 7.10 Hodnoty nivelačních uzávěrů

		Mezní uzávěr [m]
Uzávěr T [m]	0,0017	0,0065
Uzávěr Z [m]	0,0024	0,0065
Uzávěr z průměr. T – Z ¹	0,0003	0,0065

Mezní rozdíl měření T – Z v nivelačním úseku:

$$\delta_{\text{úš}} = 5\sqrt{L^2}, \text{ kde } L \text{ je délka nivelačního úseku.}$$

Tab. 7.11 Rozdíly měřených nivelačních úseků

Niv. úsek	Měření T [m]	Měření Z [m]	Rozdíl T-Z [m]	Mezní rozdíl [m]
N1, N4 (č.1)	-5,8736	5,8703	0,0033	0,0070
N1, N4 (č.2)	-5,8719	5,8727	0,0008	0,0058

7.5 Vyrovnání nivelačního měření

Pro vyrovnání nivelačních měření byl použit program G-Net. Do něj byly zadány všechna převýšení v oddílech, přibližné výšky bodů a dané výšky bodů s jejich středními chybami uvedenými v tabulce č. 7.12. Také byly zadány střední chyby převýšení z tabulky 7.7 s hodnotami m_{hi} . Body Oc02-8 a Oc02-9 se zvolily jako pevné.

Charakteristiky přesnosti daných bodů dle odstavce č. 4.4 vyhlášky [22] jsou určeny podle střední chyby m_L nivelačního převýšení mezi nivelačními body, která nepřekračuje hodnotu:

$$m_L = \bar{m}\sqrt{L} \text{ (v mm),}$$

kde \bar{m} je základní střední kilometrová chyba převýšení, L je vzdálenost nivelačních bodů v km.

Mezní velikost \bar{m} je stanovena pro síť IV. Řádu vzorcem:

$$\bar{m} = 1,00 + \frac{1,77}{n_R}, \text{ kde } n_R \text{ je počet nivelačních oddílů}$$

Tab. 7.12 Střední chyby výchozích bodů

bod	Oc02-6	Oc02-7	Oc02-8	Oc02-9	Oc02-10
m_L [m]	0,0013	0,0015	0,0011	0,0018	0,0018

Výsledkem jsou vyrovnané výšky bodů s jejich středními chybami.

¹ Uzávěr z rozdílů převýšení ze zprůměrovaných měření T – Z pro modrý a červený úsek

Tab. 7.13 Vyrovnané výšky bodů

Bod	vyrovnaná výška [m]	m_{hi} [mm]
N1	361,0580	0,8
N2	366,4584	0,7
N3	369,7019	0,5
N4	366,9307	0,5
N5 = 509	373,7457	0,4
Oc02-6	368,9294	0,9
Oc02-7	375,7173	0,9
Oc02-10	374,7179	0,4
501	358,9481	0,8
502	363,7429	0,8
503	369,1550	0,7
504	374,6346	0,6
506	370,0908	0,6
507	369,6449	0,5

7.6 Výpočet výšek podrobných bodů.

Mezi podrobné body, určené nivelací patřily body na ose kolejí. Jejich měření probíhalo jak digitálním nivelačním přístrojem DNA03, tak i analogovým přístrojem Zeiss Ni007. Proto se zpracování výsledků lišilo pouze v prepisu zápisníků při výpočtu. Digitálním přístrojem byla měřena osa koleje podél celé trati od začátku před areálem MPŽ po konec v Babicích. Přístrojem Zeiss Ni007 se změřily výšky temen kolejnicových pásů v areálu MPŽ, včetně pomocných stanovisek 4004-4007. Na trati byly nivelační latě pokládány na oba kolejnicové pásy v místě polohově zaměřené osy a zprůměrováním těchto převýšení se získala jejich výška.

Při výpočtu byly také rozlišovány nivelační záměry na jednotlivé kolejnicové pásy. Vypočetly se hodnoty převýšení kolejnicových pásů v příčných řezech a byly porovnány s mezní hodnotou provozní odchylky veličiny převýšení kolejnicových pásů dle [3]. Tato norma platí pro rozchod úzkorozchodných drah 760 mm. Proto překročení mezních hodnot nemusí být pro zaměřovanou trať směrodatné ke korekturnímu podbití kolejí. Mezní provozní odchylka pro rozdíl převýšení kolejí od projektované hodnoty činí 8 mm. V tabulce 7.14 jsou uvedeny převýšení kolejnicových pásů, které překročily tuto mezní hodnotu. Převýšení kolejnicových pásů se v některých místech na obloucích jeví opačná od běžných převýšení pásů v obloucích. Výsledné odchylky budou předány o.s. MPŽ.

Tab. 7.14 Převýšení koleje překračující mezní hodnotu dle [3]

Pro bod	Oblouk/přímá	převýšení [mm] ¹	Pro bod	Oblouk/přímá	převýšení [mm]
11	přímá	11	49	přímá	-22
18	přímá	12	51	přímá	-18
23	přímá	16	52	přímá	-20
26	oblouk levot.	-16	58	přímá	-9
27	oblouk levot.	-10	60	oblouk levot.	-9
31	oblouk pravot.	-22	61	oblouk levot.	-10
34	oblouk pravot.	-14	64	oblouk pravot.	-9
35	přímá	-13	66	oblouk pravot.	-10
36	přímá	-10	75	oblouk levot.	16
37	oblouk levot.	9	77	oblouk levot.	19
39	oblouk levot.	9	79	oblouk levot.	10
40	oblouk pravot.	-11	80	oblouk levot.	13
41	oblouk pravot.	-12	83	oblouk levot.	11
42	přímá	-25	84	oblouk levot.	-24
43	přímá	-16	86	oblouk levot.	-19
44	přímá	-20	87	oblouk levot.	-21
45	přímá	-22	90	oblouk pravot.	-14

¹ Význam znamének: + Znamená výše položený pás pravý ve směru staničení trati
 - Znamená výše položený pás levý ve směru staničení trati

8 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ

8.1 Tvorba mapy

Dříve se železniční mapy vyhotovovaly pouze v analogové podobě na základě skutečného měření v terénu pomocí teodolitů, nivelačních přístrojů a pásma. Později přišlo na řadu i zpracovávání leteckých snímků. V roce 1960 bývalá Měřicko-dokumentační kancelář, jejíž hlavní činností byla dokumentace železničního svršku, byla rozšířena o fotogrammetrický oddíl, který spolupracoval s geodetickými skupinami na tvorbě JŽM v rozsahu sítě ČSD v celém tehdejší Českoslovenku. Revoluce ve výpočetní technice umožnila zvýšení produktivity a zlepšení kooperace s různými organizacemi spolupracujícími s ČD a SŽDC. V dnešní době jsou veškeré mapové podklady železničních drah tvořeny v digitální podobě. To umožňuje přehlednější správu mapových podkladů, aktualizace, snadnější skladovatelnost, možnost dalších zpracování pro různé potřeby a také pro stále žádanější GIS aplikace. [12]

Organizace SŽG a dodavatelé pro SŽDC vytvářejí mapové podklady nejčastěji v programech Microstation a Kokeš. Pro vypracování map podle směrnic SŽDC je nyní využívána rozšířená nadstavba MGEO o Rozšíření pro tvorbu dokumentace železniční infrastruktury. Toto Rozšíření plně nahrazuje dřívější aplikaci ZEM, která byla určena pro starší verze Microstationu. Rozšíření je určeno pouze pro verzi MGEO v.9.0.1 a vyšší. Obsahuje tyto části a funkce:

- datový model pro SŽDC - předloha projektu vytvořená podle směrnice ČD DDC (dokumentu D3-001- X6)
- podpůrné soubory pro tvorbu dat (knihovny značek, stylů čar, font se symboly návěstidel)
- uložená nastavení modulů a nástrojů podle požadavků směrnice (např. vstupní a výstupní formát seznamu souřadnic)
- kreslení prvků mapy zadáváním kódů nebo názvů dle směrnice (dialogové okno Seznam:Úplný Digitální model dle SŽDC)
- podpora kladu JŽM (informace o kladu jednotných železničních map Správy železniční dopravní cesty, tisk mapových listů v uvedeném kladu)
- specializované kreslicí funkce (parametry koleje, skloník, návěstidla, námezník, atd.) [34]

Na ústavu Geodézie se takové programové vybavení nenachází, hlavně kvůli přesné specifikaci pro použití pouze na železniční dopravu. Vzhledem k charakteru železniční dráhy v Babicích a Zbýšově bylo možné vytvořit mapový podklad pomocí základních funkcí Microstation a MGEO. Tvorba se přednostně řídila podle datového modelu D3-001-X6. Informace, které nebyly obsahem datového modelu, byly čerpány ze vzorových listů jednotné železniční mapy předpisu M20/2 vydaného Federálním ministerstvem dopravy v roce 1986 a také z norem TNŽ 01 3468 [11] a ČSN 01 3411 [8]. Zmíněné předpisy jsou uvedeny i v mimorámových údajích mapy.

8.1.1 Založení výkresu, nahrání bodů

Výkres byl vytvořen pomocí zakládacího výkresu Seed.dgn, uvedeným v datovém modelu. Tento zakládací soubor je formě 3D výkresu, což nemá příliš velké opodstatnění při tvorbě tištěného mapového podkladu, ale především pro další virtuální zpracování.

Byla provedena také rozvaha v jakém měřítku mapu vyhotovit. Železniční mapy jsou dle [11] tvořeny přednostně v měřítku 1:1 000, což ale vzhledem k charakteru místní železniční dráhy nepřipadalo jako příliš vyhovující měřítko. Také byl brán ohled na stísněnost zobrazovaného území a přehlednost, kterou by mapa mohla ztratit při použití tohoto měřítka. Proto jsem se rozhodl vyhotovit mapu v měřítku 1:500, které je také dovoleno použít. Mapa má mít výstup digitálního výkresu i tištěné podoby jako celistvé výkresové dokumentace dle přání MPŽ.

Poté byly nadstavbou MGEO nahrány všechny podrobné body s jejich výškami, dle předepsaných atributů. Je však zapotřebí rozlišovat podrobné body situace a body osy koleje dle jejich nároků na přesnost. Pro situaci JŽM jsou zaměřovány podrobné body ve 3. třídě přesnosti, což předem deklaruje nevhodnost uvádět jejich souřadnice na 3 desetinná místa. Zatímco parametry kolejí, či přímo souřadnice jsou v předpisech SŽDC uváděny na 3 desetinná místa. Byly tedy vytvořeny 2 výkresy obsahující samostatnou mapu a osu koleje, K výkresovému souboru s mapou pak bude možné referenčně připojit výkres s osou koleje. Do výkresu s mapou byly nahrány body s přesností na centimetry, body na ose koleje s přesností na milimetry jak v poloze, tak ve výšce.

8.1.2 Vektorová kresba

Kresba byla vytvářena podle daných atributů pro jednotlivé prvky. Objekty v atributové tabulce jsou seřazeny logicky se zvyšujícími se čísly vrstev. Skládá se z těchto

částí (v závorce je uveden rozsah vrstev): atributy pro železniční svršek (1-11), železniční spodek (12-22), stavby (23-24), kabelové vedení (25-36), potrubní vedení (37-47), terén (48-51), katastr nemovitostí (52-59), body (60-63). Výkres je tedy rozdělen do celého rozsahu vrstev pro Microstation v. 7, což kompenzuje nepříliš velkou barevnou škálu prvků. Spousta jich totiž má podobnou či stejnou barevnost, i když se jedná o naprosto odlišné prvky, např. hrana svahu – barva č. 80 středně šedá, silnice – barva č. 96, tmavší odstín šedé. Datový model také obsahoval soubory s typy čar i buňkami používaných společností SŽDC.

8.1.3 Popisy objektů

Popisy objektů byly psány dle předpisu [17]. U mostů je uváděn údaj o kilometrácii, ve kterém se nachází. Dále také hodnoty světlostí otvorů jak jdou za sebou ve směru kilometráže. Staničení prvního bodu osy koleje bylo zjištěno z identických objektů v projektu s vyznačenou kilometrácii nacházejících se poblíž počátku mapování. Kilometráž je uváděna na mapě s velikostí písma 2,5, ostatní popisy jsou s výškou písma 1,5. Světlost mostního otvoru je vodorovná vzdálenost líců podpěr daného otvoru. Světlosti se zapisují jako kolmé (měřené kolmo k podpěrám) nebo šikmé (měřené ve směru osy mostu) v závislosti na tom, zda most je kolmý nebo šikmý. Za údaj o světlostech se uvádí údaj o volné výšce. Volná výška je nejmenší výškový rozdíl mezi temenem kolejnice přemostované dráhy, povrchem přemostované pozemní komunikace, hladinou vodního toku nebo terénem a nejnižším místem na konstrukci mostu. [30]

U propustků se uvádí pouze rozlišení propustek (ať je již klenutý, či kamenný) nebo trubní propustek. Dále se zapisuje evidenční kilometr (opět s větší výškou písma), kolmá světlost otvoru a volná výška, která se však u trubních propustků neuvádí. [17]

Popis přejezdů se zapisuje s číslem evidovaným v pasportu přejezdů a s kilometrácii. Pro dokumentaci skutečného provedení stavby přejezdu se dále uvádí skutečná šířka přejezdu a úhel křížení. Číslo přejezdu bývá uvedeno na zabezpečovacím zařízení. [17] V tomto případě bylo možné uvedení vlastního číslování od čísla 1 dále dle navrhovaných přejezdů.

Ve výkresu dále nesmí chybět popisy povrchů zpevněných ploch, či objektů vytvořené již podle předepsaných atributů.

8.1.4 Katastrální složka mapy

Účelová mapa JŽM obsahuje také katastrální situaci pro zobrazení kterými parcelami trať prochází, pro projektové účely, upřesnění hranic drážních pozemků aj. Aby bylo možné zobrazit katastrální situaci do mapy, musela být podána žádost na katastrálním úřadě o poskytnutí mapových podkladů pro účely této diplomové práce. Na základě podané žádosti mi byly zaslány katastrální mapy v digitální podobě. V k. ú. Babice u Rosic se nacházela ještě stále katastrální mapa v rastrové podobě. V k. ú. Zbýšov u Oslavan již proběhla vektorizace dat v rámci komplexních pozemkových úprav. Podkladem katastrální situace v k. ú. Zbýšov u Oslavan byla tedy část mapy DKM v blízkosti zájmového území. Rastrovou mapu bylo zapotřebí zvektorizovat. Rastrová data jsou tvořena několika transformovanými mapovými listy v souborech typu *.cit. Katastrální složka pro účely této práce slouží pouze jako orientační, proto nebylo zapotřebí postupovat dle pravidel pro digitalizaci dat katastrálních map v rastrové podobě. Při vektorizaci bylo pouze dbáno, aby vznikající čárová kresba co nejvíce kopírovala linie rastru. Kresba byla tvořena opět dle zadaných atributů v datovém modelu. Parcelní čísla, která se nevešla do ohrazení parcel, byly vyvedeny šipkami. Vnitřní kresba u budov je rozlišena jinými atributy než běžná linie se slučkami. Celá katastrální situace má být umístěna ve výšce 0. Pro tuto katastrální složku mapy byl vytvořen další výkres pro referenční připojení z důvodu snadnější aktualizace katastrální situace a jednoduššímu vypnutí/zapnutí v železniční mapě.

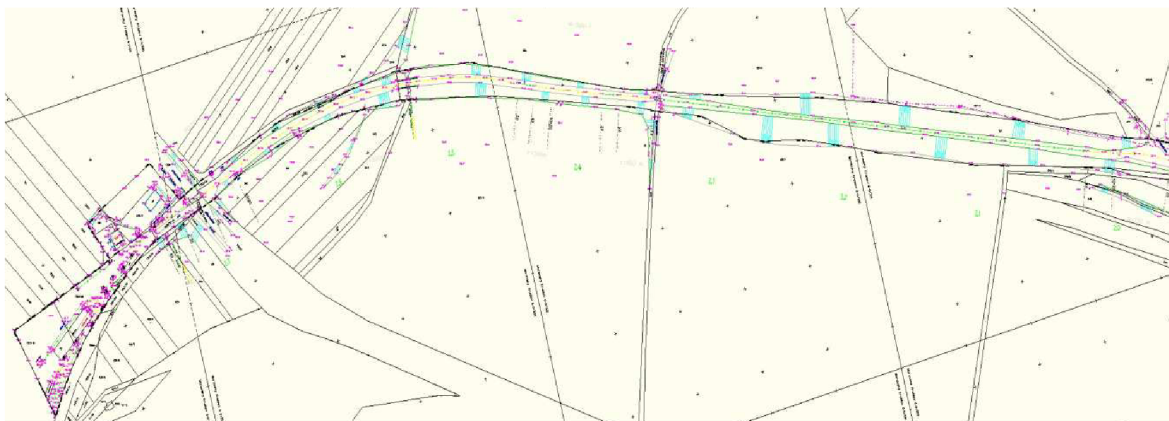
Železnice měla být vedena pouze parcelami, které převzalo sdružení MPŽ od společnosti ČD a.s. Jedná se konkrétně o parcely:

k.ú. Zastávka:	p.č. 794/1
k.ú. Babice u Rosic:	p.č. 921
k.ú. Zbýšov u Oslavan:	p.č. 1923/8, p.č. 1923/20

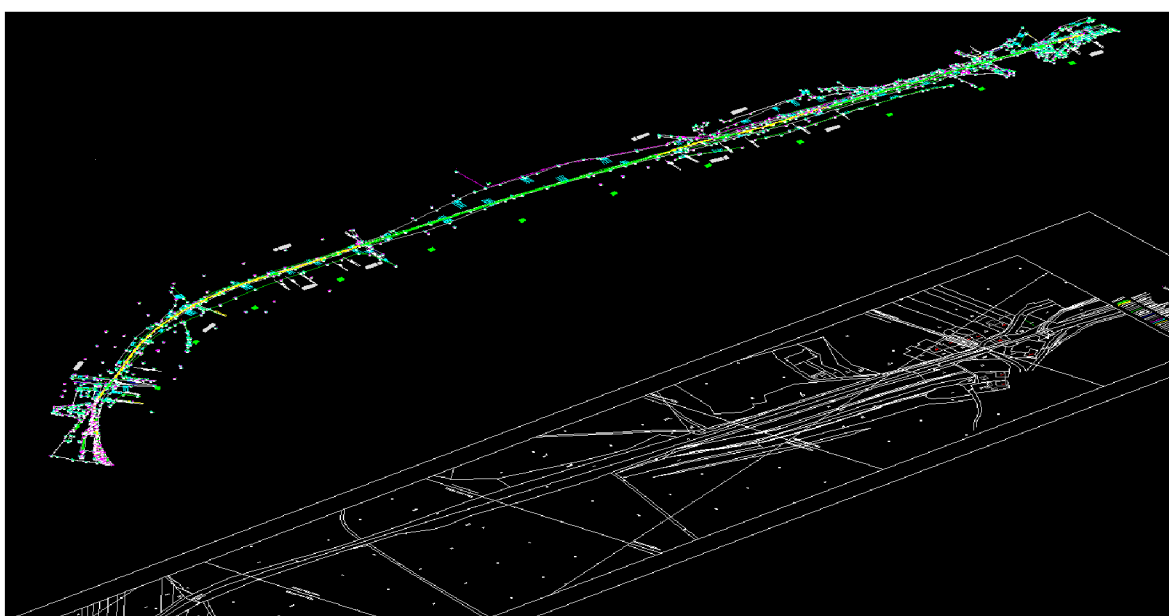
Výsledkem zjištění polohy železničního svršku je, že přebudovaná trať nepřekročila hranice dotyčných parcel.

8.1.5 Závěrečné práce

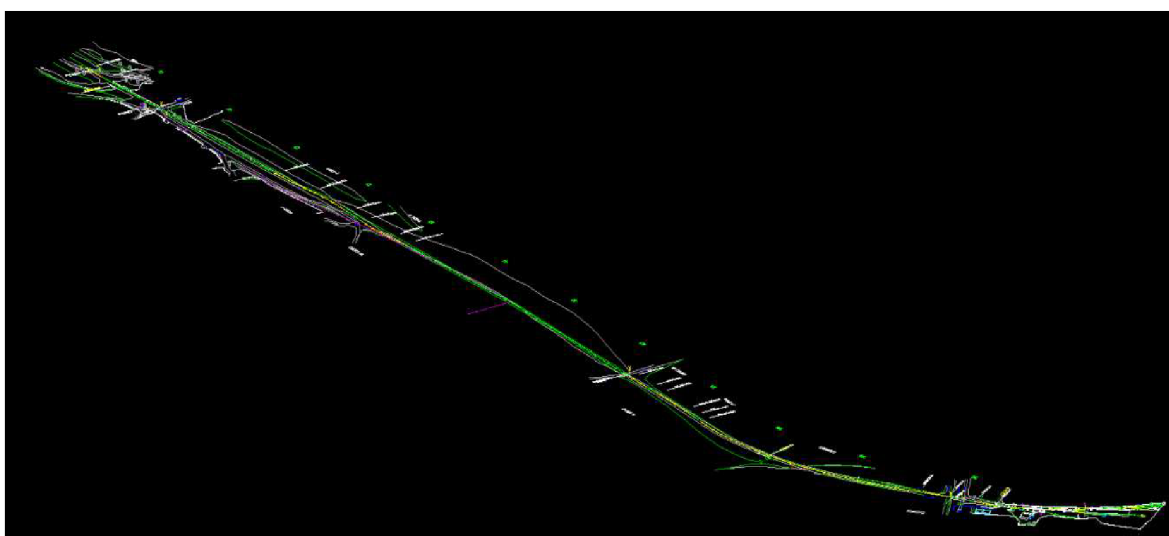
Při závěrečných pracích tvorby mapy zbývalo doplnit některé drobnosti, jako jsou klady mapových listů měřítka 1:500, vycházející z map SM5, mapové křížky se souřadnicovými popisky, legendu, použité předpisy, severku, popisovou tabulku a mimorámové údaje. Na obrázcích 8.1, 8.2, 8.3 jsou uvedeny ukázky výsledné mapy.



Obr. 8.1 Ukázka mapy (pohled shora)



Obr. 8.2 Ukázka mapy pohled 1 ve 3D



Obr. 8.3 Ukázka mapy pohled 2 ve 3D

8.1.6 Tvorba kladů mapových listů jednotné železniční mapy

Tvorba mapy v této kapitole byla vztažena k vypracování účelové mapy dle požadavků o.s. MPŽ. Z akademických důvodů byl vytvořen i jeden list JŽM s totožným obsahem. Přehled kladů mapových listů je běžným výstupem při tvorbě jednotné železniční mapy z toho důvodu bylo potřeba jej vyhotovit spolu se zmíněným vybraným mapovým listem. Přehled kladů zobrazuje pokrytí mapovými listy celou plánovanou trasu od zastávky Boží Požehnutí v Zastávce u Brna až po železniční stanici Důl Jindřich ve Zbýšově. Klad mapových listů je uveden v tištěné příloze č.9.

8.1.7 Vzorový list jednotné železniční mapy

Pro porovnání s běžným tiskovým výstupem, byl vytvořen jeden vybraný list JŽM v měřítku 1:1000, včetně mimorámových údajů v přešpaném rozměru i kladu mapového listu a je součástí tištěné přílohy č.8.

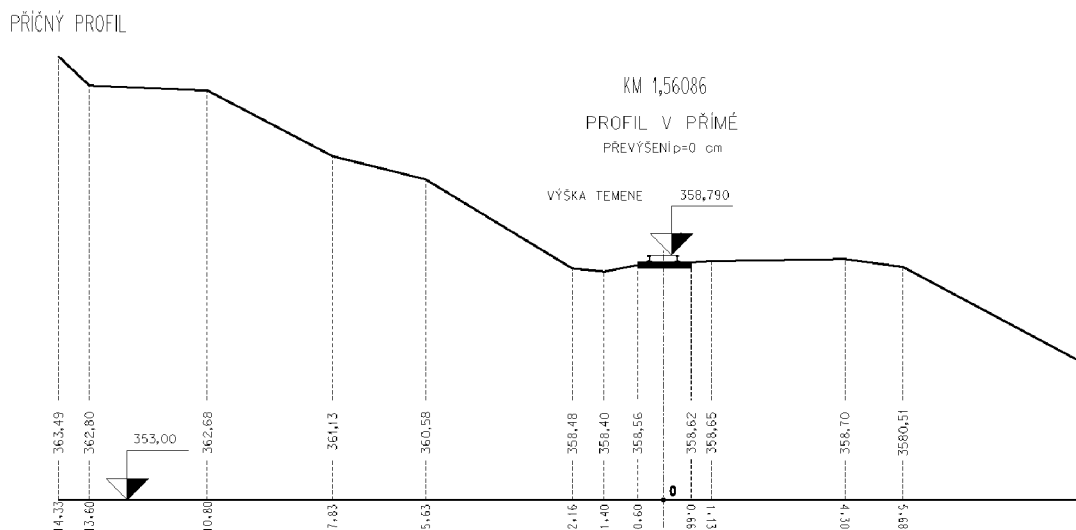
8.2 Tvorba příčných profilů

Příčné profily jsou nedílnou součástí každého zaměření pro projekty liniových staveb. Vyjadřují se svislými řezy terénem ve směru kolmém k ose komunikace, či železnice. Slouží k vyjádření terénu a jeho úpravy, výpočty kubatur pro navážku či výkop zeminy, vyjádření vztahu zaměřovaného objektu k terénu a jiným objektům. [10]

Vzdálenosti příčných profilů se řeší v pravidelných intervalech, aby dostatečně vyjádřily skutečnost v objektech, které se nacházejí v ose trasy a křížení jiných objektů s osou. Šířka příčných profilů je volena dle charakteru stavby, a aby také přesahovala šířku plánovaných úprav. [10]

Tvorba příčných profilů není stanovena již zmíněnými předpisy ani datový model neobsahoval vzorový příčný profil. To samé platilo i pro podélný profil. Proto grafická úprava odpovídá úpravám uvedených v textu skriptu Mapování I a obecným pravidlům tvorby příčných a podélných profilů. Měřítko bylo zvoleno 1:100 a interval příčných profilů byl zvolen po 30 metrech. Další profily byly určeny body v ose koleje s křížením komunikací, s propustky a mostem. Profily byly vytvářeny v programu Microstation v.7 pomocí kopie výkresu s JŽM. Poloha a výška řezů byla určena vynesáním podrobných bodů na průsečíky kolmic od osy koleje s čárovou kresbou. Tyto body byly poté exportovány do textového souboru, který se dále importoval do nového 2D výkresu. Bylo

nutné vždy vynést výšky bodů s ohledem na zvolenou srovnávací rovinu. Celkem bylo vytvořeno 44 profilů, které jsou součástí elektronické přílohy č.10.



Obr. 8.4 Ukázka příčného profilu

8.3 Tvorba podélného profilu

Podélný profil zobrazuje informace o délkových a výškových poměrech celé trasy v její ose. Je to svislý řez rovinou, která je proložena osou dráhy. Podélný profil se často odvozuje z příčných profilů měřených v terénu. Opět jako u příčných profilů i zde se zobrazují místa křížení osy trasy s objekty, objekty v ose a další charakteristické body. [10]. Podélný profil se nejčastěji vynáší převýšený desetinásobně. To znamená, že pokud měřítko situace je 1:1000, výšky jsou vynášeny v měřítku 1:100. Je to z toho důvodu, aby byly patrné a dobře rozeznatelné výškové změny osy trasy, někdy zobrazované i s terénem (především v projektové dokumentaci). Aby bylo možné kresbu umístit do daného formátu, zvolí se srovnávací rovina o zaokrouhlené výšce. Tam kde jsou větší spády, se obvykle musí zvolit více srovnávacích rovin, ale podélný profil pak již není zobrazen souvisle. [10]

U železnic jsou sklony trasy daleko menší, než jsou u silničních komunikací, proto se místo v procentech uvádí v promilích ‰.

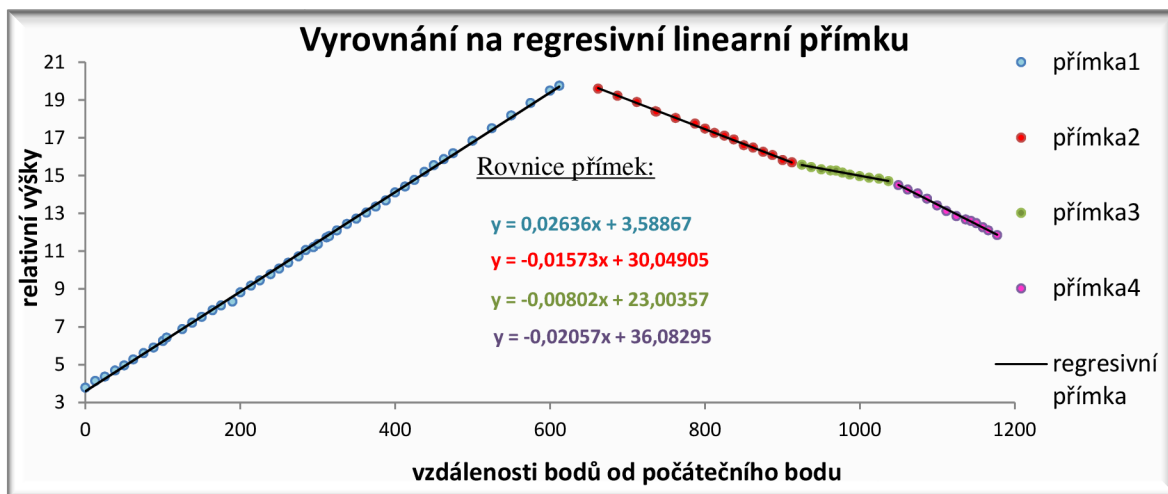
Pro podélný profil bylo zvoleno měřítko 1:2000/200 vzhledem k přehlednosti a výstupnému formátu. Vykreslení proběhlo opět v programu Microstation v.7, kde se manuálně vynesly jednotlivé výšky zaměřených bodů osy koleje ve stanovených vzdálenostech od sebe. Pro již postavenou trať není důvod zobrazení terénu v podélném

profilu, proto byla vyznačena pouze niveleta temene kolejnicového pásu. Jelikož převýšení koleje nebylo projektováno, bylo možné zobrazit již zjištěnou výšku v ose mezi kolejnicovými pásy zaměřených přesnou nivelací.

Dále byly zobrazeny směrové poměry trasy železnice s vyznačením hodnot jednotlivých prvků. Schematické vyjádření sklonových poměrů bylo určeno vyrovnáním pomocí metody MNČ podrobných bodů aproximovaných na lineární regresivní přímku. Protože se podél trati nachází různé sklony kolejí, byla trať rozdělena na více vyrovnávacích přímek. Z podélného profilu a také pomocí projektovaných sklonových poměrů byla stanovena předběžná místa lomů sklonu na měřených bodech. Vyrovnání výšek podrobných bodů na přímku proběhlo v programu Microsoft Excel funkcí LINREGRESE. Zároveň byla provedena analýza přesnosti a korelace přímky. Postupným přidáváním nebo ubíráním podrobných bodů v oblasti předběžného zvolení byly vybrány body, které přispěly k co největší korelaci. Při hledání míst lomů sklonu se také bral ohled na další hodnoty, jako jsou střední chyby určení koeficientů a také reziduální součet čtverců. Nejvhodnější regresní funkcí je pak ta funkce, která má reziduální součet čtverců nejnižší.[33] Takto se získaly parametry přímky a, b a tím i sklonu. Vyjádření přímky rovnicí:

$$y = ax + b \quad , \text{ kde } a \text{ je směrnice přímky (sklon) a } b \text{ hodnota konstanty}$$

Další možností je vynesení bodů do grafu a jejich proložení lineární regresivní přímkou. Výsledné parametry přímky jsou identické jako za použití funkce LINREGRESE.



Obr. 8.5 Určení sklonů tratě regresivní lineární přímkou

9 POUŽITÉ PŘÍSTROJE

9.1 Totální stanice Topcon GTS 223

- Zvětšení dalekohledu 30x.
- Max. délka na 1 hranol 3000 m.
- Přesnost měření délek $\pm(2 \text{ mm}+2 \text{ ppm})$.
- Přesnost měření úhlů ($3''=1 \text{ mgon}$).
- Citlivost alhidádové libely $30''/2 \text{ mm}$. [37]



Obr. 9.1 Totální stanice GTS 223[35]

9.2 GNSS aparatura Leica System 300

- Umožňuje měření na dvou frekvencích L1, L2 s kódy CA/P.
- Přesnost relativní polohy pro statické měření 5mm +1ppm.
- Obsažena anténa GPS SR399, kontroler GPS Wild CR333. [21]

9.3 GNSS aparatura Trimble 5700

- Umožňuje měření na frekvencích pro systém GPS: L1, L2, L5, také frekvence GLONASS (L1-L3) a GALILEO (E1, E2, E5, E6).
- Schopnost Trimble Stealth™ pro snížení vlivu z vícestného šíření signálu.
- Obsažena anténa Trimble Zephyr Geodetic 2, kontroler Trimble 5700. [38]

9.4 Nivelační přístroj DNA 03

- Střední kilometrová chyba 0,3 mm s invarovou latí, 1,0 mm s výsuvnou latí
- Střední chyba měření délek 5mm/10m.
- Rozsah měřených vzdáleností na latě 1,8 m-110 m.
- Citlivost libely $8''/2\text{mm}$. [13]

9.5 Nivelační přístroj Topcon AT-G7

- Střední kilometrová chyba $\pm 2,5 \text{ mm}$.
- Zvětšení dalekohledu 22x.
- Rozsah automat. kompenzátoru $\pm 10''$. [31]



Obr. 9.2 Leica DNA03 [21]

10 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření dokumentace železničního díla v rozsahu zadaném o. s. Muzea průmyslových železnic a také seznámení s tvorbou železniční dokumentace, která není příliš běžná. K tomuto účelu bylo čerpáno z několika předpisů a norem, především pak z předpisové řady OŘ, které se využívá při měřických pracích na železničních tratích. Zajímavostí také je, že pro daný rozchod kolejí 600 mm, nejsou zpracovány žádné normy, pouze nejbližším dokumentem lze považovat normu S3/3 pro rozchody kolejí 760 mm.

Pro dosažení požadovaný cílů bylo zapotřebí vybudovat nové bodové pole. Což zahrnovalo rekognoskaci v daném území, stabilizaci polohových a nivelačních bodů a jejich zaměření. Při určování železničního bodového pole bylo použito technologie GNSS a terestrických měření. Během vyhodnocení měření byly zjištěny odchylky, které se porovnály s danými mezními hodnotami. Při výškovém měření se použilo metody přesné nivelace, přičemž byly při dvakrát změřeném převýšení (tedy při měření s ověřením) zjištěny na některých bodech ČSNS IV. řádu odchylky překračující mezní hodnoty. Tyto odchylky mohou být způsobeny změnou výšek nivelačních bodů v důsledku sedání podloží v tomto poddolovaném území, kde byla po více než století provozována hornická činnost. Změřená převýšení byla následně vyrovnána v programu G-net.

Dalším postupem bylo zaměření osy koleje a určení jejích parametrů. Za tímto účelem by bylo vhodné použít speciálního vozíku s odrazným hranolem, který je tlačen obsluhou a současně při měření prostorové polohy osy kolej je schopen měřit i sklon a rozchod kolejí. Tento systém je ovšem zcela nedostupný pro daný rozchod kolejí. Proto byla zhotovena jednoduchá měřicí pomůcka pro postavení odrazného hranolu do předepsané osy koleje. Výsledkem vyhodnocení průběhu osy koleje bylo zjištění, že jednotlivé kolejové rošty vytváří na stycích v přímých úsecích směrová vybočení a tím dochází k deformacím přímých úseků v řádu cm. Trať nemá ani výškově lineární průběh, proto při určování sklonů bylo zapotřebí aproximovat body přímkou. S přihlédnutím k danému charakteru stavby, nízkých provozních rychlostech a způsobu budování dráhy jsou tyto skutečnosti zanedbatelné. Dále byla také zaměřena situace do vzdálenosti 30 m od osy podél celé dráhy.

Po vyhodnocení měřených bodů, bylo přistoupeno k samotné tvorbě železniční mapy. Kresba byla provedena v programu Microstation v.7 a řídila se dle zadaných atributů uvedených v datovém modelu D001-3-X6 v.2.1 využívaných pro tvorbu jednotné železniční mapy. Mezi další výstupy patřily také příčné řezy a podélný profil. V rámci seznámení prací při vyhotovování železniční dokumentace byl vytvořen také jeden vybraný mapový list jednotné železniční mapy na daném území. S tímto také souviselo vyhotovení přehledu kladů mapových listů. Klad mapových listů zobrazuje rozložení jednotlivých mapových listů při zpracování celého budoucího traťového úseku mezi železniční zastávkou Boží Požehnutí v Zastávce u Brna a železniční stanicí Důl Jindřich ve Zbýšovském areálu MPŽ.

Tato práce byla ve výsledku dosti časově náročná, což se samotného zaměření týče, tak i zpracování, což se odvíjelo od zadaného rozsahu prací. Stala se však cennou zkušeností, kterou lze využít i při dalších pracích.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

LITERATURA:

- [1] ANDRATSCHKE, Jan. *Průvodní a technická zpráva, Přestavba vlečky Zastávka-Zbýšov na úzkorozchodnou železnici*. Brno, 2008. 11 s.
- [2] ČD S3. *Železniční svršek: Část čtvrtá Kolejnice*. Praha: České dráhy, s.o., 2003.
- [3] ČD S3/3. *Železniční svršek úzkorozchodných drah*. Praha: České dráhy, s.o., 2002.
- [4] ČD Ok 2. *VÝCVIKOVÝ A ZKUŠEBNÍ ŘÁD ČESKÝCH DRAH, a. s. 2. vyd.* Praha: České dráhy, a. s., 2006.
- [5] Česká republika. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání. In: *81/2011*. 2011, 31/2011.
- [6] Česká republika. Zákon o dráhách. In: *266/1994*. 1995.
- [7] ČSN 73 6360-1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha - Část 1: Projektován*. Praha: Český normalizační institut. 2008.
- [8] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky*. Praha: Vydavatelství norem Praha. 1990. 108s.
- [9] D3 - 001. *Pravidla pro vzájemnou výměnu digitálních dat mezi drážními a mimodrážními organizacemi: Příloha číslo 6 Směrnice "Členění a směrný obsah a rozsah přípravné a projektové dokumentace" č.j. 1009/94-O7 ze dne 22.12.1994*. České dráhy, s.o., Divize dopravní cesty, o.z., 1998. 10s.
- [10] FIŠER, Zdeněk; VONDRÁK, Jiří. *Mapování I*. VUT, Brno: CERM s.r.o., 2005. 48 s.
- [11] TNŽ 01 3468, *Výkresy železničních tratí a stanic*. Praha: Generální ředitelství Českých drah. 1993. 26s.
- [12] KUDĚLÁSEK, Radovan. *Představujeme - SŽG Olomouc. Železnice: Zpravodaj nejen pro zaměstnance státní organizace Správa železniční dopravní cesty*. 2011, II, č. 1, s. 5.
- [13] LEICA GEOSYSTEMS. *Leica DNA03/DNA10, User manual*. Leica Geosystems AG, Heerbrugg. 2006. 158s.
- [14] LEICA GEOSYSTEMS. *Leica Geo Office Online Help*. 8.1. 2011. 1045 s.

- [15] M20/1. *Předpis pro Jednotnou železniční mapu stanic a tratí*. Praha: Nakladatelství Dopravy a spojů, 1987. 26s.
- [16] OŘ č. 14. *Opatření ředitele: Tvorba bodového pole*. Olomouc: SŽDC, 2007. 6s.
- [17] OŘ č. 36. *Opatření ředitele: Opatření k zaměřování objektů železniční dopravní cesty*. Olomouc: SŽDC, 2011. 19s.
- [18] OŘ č. 37. *Opatření ředitele: Metodický návod pro budování a správu železničního bodového pole*. Olomouc: SŽDC, 2009. 9s.
- [19] PLÁNKA, Ladislav. *Kartografie a základy GIS, Modul 05, Státní mapové dílo*. Brno: CERM, s.r.o., 2006. 63 s.
- [20] Směrnice SŽDC č. 50. *Požadavky na odbornou způsobilost dodavatelů při činnostech na dráhách provozovaných státní organizací Správa železniční dopravní cesty*. Praha: SŽDC, 2012. 41 s.
- [21] ŠVÁBENSKÝ, Otakar; WEIGEL, Josef; MACHOTKA, Radovan. *Seminár GPS, Modul 01, Metodika GPS měření a vyhodnocení*. VUT, Brno. 2007. 140 s.
- [22] Vyhláška ČÚZK č. 31/1995 Sb., ve znění pozdějších novel, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. 1995.
- [23] Tabulka Vítkovických železáren ze dne 26.6.1951.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

- [24] Budoucnost zbýšovské dráhy. *Muzeum průmyslových železnic* [online]. 2005 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.mpz.cz/>.
- [25] Český úřad zeměměřický a katastrální [online]. 1.8.7. Praha, 2013, 02.05.2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: www.cuzk.cz.
- [26] Geoprohlížeč ČÚZK. ČÚZK. Český úřad zeměměřický a katastrální [online]. © 2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec>.
- [27] *Historie hornictví v mikroregionu Kahan* [online]. Vyd. 1. Brno: Mikroregion Kahan, 2008, 39 s. [cit. 2013-05-02]. ISBN 978-80-254-1847-5.
- [28] Historie obce Babice. In: *Obec Babice u Rosic* [online]. Obec Babice u Rosic, © 2007 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.babiceurosic.cz/history.php>.
- [29] Historie severní části revíru. In: HORKÝ, Martin. *Zastavka.cz* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.zastavka.cz/historie-obce/historie-severni-casti-reviru.html>.

- [30] JANČÍK, Petr. *Návrhy a provozování dopravně-inženýrských objektů*, Mosty. IKP CE. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: Praha <http://prezi.com/byh9x182qxfo/nap3/>.
- [31] *Nivelační přístroje* [online]. 2003, [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.geoserver.cz/zbozi_files/119/nivelacni-pristroj-topcon-atg7cz.
- [32] Přehled dolů. *Vlastivědný spolek Rosicko-Oslavanska* [online]. © 2011 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.rosicko-oslavansko.cz/13-historie/30-prehled-dolu>.
- [33] Regresní a korelační analýza. *Homen.vsb.cz* [online]. © 2006 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~oti73/cdpast1/KAP09/KAP09.HTM>.
- [34] Rozšíření MGEO pro tvorbu dokumentace železniční infrastruktury. GISoft [online]. © 1995-2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z:
- [35] Současnost zbýšovské dráhy. *Muzeum průmyslových železnic* [online]. 2005 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.mpz.cz/>.
- [36] Stabilizační materiál. *GEUSware* [online]. © 2010 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.geus.cz/spotmi.htm>.
- [37] Totálky - Totální stanice GTS 230. *Geometra Opava* [online]. © 2010 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: http://obchod.geometra-opava.com/html/totalky_gts230N.htm
- [38] *Trimble GNSS antenas* [online]. 2009 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.accupoint.com/uploads/pdf/022543-381A_GNSSAntennas_DS_0707_lr.pdf.
- [39] Výroba. *Skupina / Group TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY - MORAVIA STEEL* [online]. © 2005, 30.4.2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: www.trz.cz/vyrd/FD5701646AE506B3C125701C0034037F
- [40] *ŽELEZNIČNÍ STAVITELSTVÍ: Příprava přednášek*. 2009, 56 s. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: http://telegrafroad.sweb.cz/legislativa/zeleznice_stavitelstvi.pdf.
<http://www.gisoft.cz/MGEO/Rozsireni-MGEO-pro-SZDC>.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Bpv	Výškový systém Baltský po vyrovnání
CZEPOS	Česká síť permanentních stanic GNSS pro určování polohy
ČD	České dráhy a.s.
ČSD	Českosloveské dráhy
ČSN	Česká státní norma
ČSNS	Česká státní nivelační síť
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DKM	Digitální katastrální mapa
DOP	Dilution of precision
ETRF2000	European Terrestrial Reference Frame 2000
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
GB	Geodetický bod
GDOP	Geometric Dilution of Precision
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HDOP	Horizontal Dilution of Precision
JŽM	Jednotná železniční mapa
KMD	Katastrální mapa digitalizovaná
KV	Konec výhybky
LGO	Leica Geo Office
MNČ	Metoda nejmenších čtverců
MPŽ	Muzeum průmyslových železnic
ORZGB	Orientační základní geodetický bod
OŘ	Opatření ředitele
PDOP	Position Dilution of Precision
RTK	Real Time Kinematic
RŽGR	Referenční železniční geodetický rámeček
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SM5	Státní mapa 1:5 000
SMO-5	Státní mapa odvozená 1:5 000

SW	Software
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
SŽDC-REF	Referenční systém
SŽG	Správa železniční geodézie
TB	Trigonometrický bod
TDOP	Time Dilution of Precision
TNŽ	Technická norma železnic
VDOP	Vertical Dilution of Precision
VŘ	Opatření vrchního ředitele
ZABAGED	Základní báze geoinformačních dat
ZGB	Základní geodetický bod
ZhB	Zhušťovací bod
ZPPZ	Měření zpět, vpřed, vpřed, zpět
ZV	Začátek výhybky
ŽBP	Železniční bodové pole

13 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Stroj BN 30R před vjezdem do areálu	9
Obr. 2.1 Přehledná mapa.....	11
Obr. 2.2 Lokalita – výřez TL 4307	11
Obr. 2.3 Přehledná situace uhelných dolů	12
Obr. 2.4 Důl Ferdinand	12
Obr. 2.5 Železniční stanice v Zastávce u Brna	12
Obr. 2.6 Plán úzkorozchodné tratě.....	13
Obr. 2.7 Řez kolejnicí	14
Obr. 5.1 Přehledná situace bodového pole	23
Obr. 5.2 Mezník NATURA Trnák	24
Obr. 5.3 Stabilizace nivelačního bodu N1	25
Obr. 6.1 Aparatura Trimble Zephyr nad bodem 509	27
Obr. 6.2 Aparatura Leica nad bodem 501	27
Obr. 6.3 Přehledná situace nivelačního měření	29
Obr. 6.4 Parametry konstrukčního uspořádání koleje.....	31
Obr. 6.5. Pomůcka pro měření rozchodu	32
Obr. 6.6 Rozchodka pro měření osy koleje	33
Obr. 6.7 Zaměření výhybky s klady rozchodky.....	34
Obr. 6.8 Výhybky s jejich parametry.....	34
Obr. 6.9 Identický bod osy koleje.....	34
Obr. 7.1 Přehled měřených bodů technologií GNSS	37
Obr. 7.2 Ukázka okna s inicializovanými družicemi.....	38
Obr. 7.3 Histogram dosažených parametrů PDOP při měření.....	39
Obr. 7.4 Hodnoty PDOP a počty družic podle Satellite Availability	39
Obr. 7.5 Odchyly od vyrovnané přímky č.1	45
Obr. 7.6 Odchyly od vyrovnané přímky č.2	45
Obr. 7.7 Odchyly od vyrovnané přímky č.3	45
Obr. 7.8 Aproximování bodů přímkou v RailCadu	46
Obr. 8.1 Ukázka mapy (pohled shora).....	57

Obr. 8.2 Ukázka mapy pohled 1 ve 3D.....	57
Obr. 8.3 Ukázka mapy pohled 2 ve 3D.....	57
Obr. 8.4 Ukázka příčného profilu	59
Obr. 8.5 Určení sklonů tratě regresivní lineární přímkou.....	60
Obr. 9.1 Totální stanice GTS 223	61
Obr. 9.2 Leica DNA03.....	61

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Rozměry parametrů kolejnic	14
Tab. 6.1 Přesnost měřených veličin polygonovým pořadem.....	28
Tab. 6.2 Přesnost měřených veličin polární metodou.....	28
Tab. 6.3 Přesnost měřených veličin při měření bodů osy koleje	28
Tab. 7.1 Rozdíly souřadnic bodů v S-JTSK a Bpv uvnitř transformačního obrazce.....	41
Tab. 7.2 Rozdíly souřadnic bodů v ETRS 89 uvnitř transformačního obrazce	41
Tab. 7.3 Rozdíly souřadnic bodů v S-JTSK	42
Tab. 7.4 Rozdíly souřadnic kontrolně zaměřených drážních bodů.....	42
Tab. 7.5 Souřadnicové rozdíly vypočtené z polygonového pořadu.....	43
Tab. 7.6 Příčné odchylky na identických bodech	44
Tab. 7.7 Měřená převýšení	48
Tab. 7.8 Rozdíly daných a měřených převýšení.....	49
Tab. 7.9 Rozdíl daného a měřeného nivelačního úseku	49
Tab. 7.10 Hodnoty nivelačních uzávěrů	50
Tab. 7.11 Rozdíly měřených nivelačních úseků	50
Tab. 7.12 Střední chyby výchozích bodů	50
Tab. 7.13 Vyrovnané výšky bodů.....	51
Tab. 7.14 Převýšení koleje překračující mezní hodnotu dle [3]	52

14 SEZNAM PŘÍLOH

LISTINNÉ PŘÍLOHY:

- Příloha č.1: Technická zpráva
- Příloha č.2: Geodetické údaje bodů
- Příloha č.3: Přehledná situace měřické sítě
- Příloha č.4 Zápisník měření (ukázka)
- Příloha č.5 Výpočetní protokoly (ukázka)
- Příloha č.6 Seznamy souřadnic (ukázka)
- Příloha č.7: Geodetické zaměření železniční dráhy 1:500
- Příloha č.8: Mapový list Jednotné železniční mapy
- Příloha č.9: Přehled kladů mapových listů JŽM
- Příloha č.10: Příčné profily (ukázka)
- Příloha č.11: Podélný profil

ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY:

- Příloha č.1: Technická zpráva
- Příloha č.2: Geodetické údaje bodů
- Příloha č.3: Přehledná situace měřické sítě
- Příloha č.4 Zápisníky měření
- Příloha č.5: Výpočetní protokoly
- Příloha č.6 Seznamy souřadnic
- Příloha č.7: Geodetické zaměření železniční dráhy 1:500
- Příloha č.8: Mapový list Jednotné železniční mapy
- Příloha č.9: Přehled kladů mapových listů JŽM
- Příloha č.10: Příčné profily
- Příloha č.11: Podélný profil