

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra speciální geodézie



**URČENÍ PROSTOROVÉ POLOHY ZAJIŠŤOVACÍCH
ZNAČEK ŽELEZNIČNÍ TRATI**

Determination of spatial position of railway witness marks

Bakalářská práce

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

Ondřej Hovorka

Praha 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hovorka** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **410887**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra speciální geodézie**
Studijní program: **Geodézie a kartografie**
Studijní obor: **Geodézie, kartografie a geoinformatika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Určení prostorové polohy zajišťovacích značek železniční trati

Název bakalářské práce anglicky:

Determination of Spatial Position of Railway Witness Marks

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Jaromír Procházka CSc., katedra speciální geodézie FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **21.02.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **28.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

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

V Praze, dne

Ondřej Hovorka

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu doc. Ing. Jaromíru Procházkovi, CSc., který mi byl rádcem při psaní této bakalářské práce a měl pro mě pochopení a trpělivost. Děkuji také firmě Pragema s.r.o. za zapůjčení přístrojů a pomůcek k měření a za poskytnutí dat potřebných k porovnání výsledků mnou dosažených s daty firmy. Jmenovitě bych rád poděkoval panu Ing. Lukáši Weissovi za cenné konzultace a pomoc při vlastním měření. Za pomoc při měření bych také chtěl poděkovat slečně Bc. Miroslavě Sršňové a panu Lukáši Hovorkovi. V neposlední řadě děkuji svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá nezávislým určením prostorové polohy zajišťovacích značek železniční tratě Turnov – Liberec v úseku Sychrov – Hodkovice nad Mohelkou a porovnáním výsledků s výsledky dosaženými firmou Pragma s.r.o.

Využívá metody oboustranně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu pro určení polohy a přesné nivelace pro určení výšky zajišťovacích značek.

Klíčová slova

Železniční geodézie, Prostorová poloha, Zajišťovací značka, Železniční trať, Předpis S3, Přesnost, Porovnání.

Abstract

This bachelor thesis deals with independent determination of witness marks spatial position on the railway track Turnov - Liberec in section Sychrov - Hodkovice nad Mohelkou, and comparison of results reached during measurements for this thesis with results reached by company Pragema s. r. o.

There is used a traverse oriented on both ends to determine the position and precise levelling to determine height of witness marks.

Keywords

Railway geodesy, Spatial position, Witness mark, Railway, Regulation S3, Accuracy, Comparing.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíle práce	12
3 Železniční trať č. 030 Jaroměř - Liberec.....	13
3.1 Historie tratě.....	13
3.2 Popis projektu	15
4 Pragema, s. r. o.	16
4.1 Historie firmy	16
4.2 Firemní práce na projektu	16
5 Zajišťovací značky	17
5.1 Všeobecné zásady	17
5.2 Druhy zajišťovacích značek.....	17
5.2.1 Sloupkový typ zajišťovacích značek.....	18
5.2.2 Konzolová zajišťovací značka	19
5.2.3 Hřbová zajišťovací značka	22
5.2.4 Štítek s popisem základních parametrů zajištění koleje.....	23
5.3 Zaměření polohy zajišťovacích značek.....	26
6 Metody určení polohy a výšky zajišťovacích značek	28
6.1 Metoda volných stanovisek.....	28
6.2 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad	28
6.3 Technická nivelace (TN).....	29
6.4 Přesná nivelace (PN).....	30
7 Přístroje	32
7.1 Trimble S3.....	32
7.2 Leica TS06	32
8 Měření a výpočty.....	33
8.1 Polohové měření.....	33
8.1.1 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad	33
8.2 Výškové měření	45
8.2.1 Přesná nivelace (PN).....	45
9 Výsledky	51
9.1 Polohová měření.....	51
9.1.1 Metoda volných stanovisek.....	51
9.1.2 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad	52
9.1.3 Porovnání metod pro určení polohy.....	53

9.2 Výšková měření	55
9.2.1 Technická nivelace (TN).....	55
9.2.2 Přesná nivelace (PN).....	56
9.2.3 Porovnání metod pro určení výšek.....	57
10 Závěr	58
Seznam zdrojů.....	61
Seznam příloh.....	63
Seznam obrázků	64
Seznam tabulek	65
Přílohy.....	66

Seznam zkratek

ČD	České dráhy
Bpv	Výškový systém Baltský – po vyrovnání
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
ČVUT	České vysoké učení technické
Fsv	Fakulta stavební
HGD	Hlavní geodet dráhy
PBPP	Podrobné bodové polohové pole
PN	Přesná nivelace
PNS	Plošné nivelační síť
PP	Polygonový pořad
PPK	Prostorová poloha koleje
PVBP	Podrobné výškové bodové pole
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické síť katastrální
SBTN	Stabilizované body technických nivelací
SPPK	Správce prostorové polohy koleje
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
SŽG	Správa železniční geodézie
TN	Technická nivelace
UOZI	Úředně oprávněný zeměměřický inženýr
ZBP	Základní bodové pole
ZhB	Zhušťovací body
ZVBP	Základní výškové bodové pole
ZZ	Zajišťovací značky
ŽBP	Železniční bodové pole
ŽSP	Železniční stavitelství Praha

1 Úvod

Počátky drážní dopravy spadají do začátku 19. století. První železnice byla postavena v Anglii v roce 1821. Vedla mezi městy Stocktonem a Darlingtonem, měřila celkem 40 km. Provoz na této veřejné železnici zajišťovala koňská síla. První koňská železnice na území České republiky byla vybudována z Českých Budějovic do Lince. Jedná se současně o první železnici pro veřejnou dopravu na evropské pevnině. Návrh vypracoval a v roce 1813 předložil F. J. Gerstner. Stavba začala 25. srpna 1825 a již 28. září 1828 byl zahájen částečný provoz koňskými potahy. Celá železnice byla uvedena do provozu 1. srpna 1832. Z Českých Budějovic do Lince měřila celkem 131 km.

Prvních sto let rozvoje železniční dopravy a železniční sítě lze označit jako rozvoj parních železnic a ohraničit jej lety 1825 až 1925. Již ke konci tohoto období nastává rozvoj elektrizace a modernizace železnic, vyvolaný snahou hospodárněji využívat energie.

Na našem území byla vybudována první parní železnice jako součást trati na území bývalého Rakouska-Uherska. Železnice vedla z Vídně v Rakousku do Bochnie v Polsku. Dne 4. března 1836 byla udělena výsada k projektování, se stavbou se začalo ve Vídni a již 6. června 1838 dojel první vlak tažený parní lokomotivou na naše území.

První elektrizovaná železniční trať, dlouhá 24 km, vedoucí z Tábora do Bechyně, byla postavena v roce 1902. O tři roky později se začalo s elektrizací pražských nádraží. Další elektrizace železnic na našem území se uskutečnily až po druhé světové válce. [6]

Tato bakalářská práce se zabývá současnou fází historie železnice - modernizací. Tedy ne modernizací jako takovou, ale jednou z jejích částí.

Správa železniční dopravní cesty (SŽDC) vytvořila projekt na modernizaci železniční tratě č. 030 Jaroměř - Liberec v úseku Turnov - Liberec. Firma Pragema, s.r.o., zabývající se geodetickými a mapovacími pracemi, obdržela zakázku na vytvoření dočasného bodového pole vedoucího podél této železniční tratě, konkrétně mezi stanicemi Sychrov – Hodkovice nad Mohelkou. Toto

bodové pole mělo hlavní využití při pokládce nového železničního svršku, kdy k němu byla vztažena přesná poloha kolejnic.

Po usazení železničního svršku přišlo na řadu jeho zajištění. K tomu slouží tzv. zajišťovací značky. Úkolem firmy bylo určit prostorovou polohu těchto značek podle pokynů uvedených v předpisu S3, díl III: Železniční svršek, Zajištění prostorové polohy koleje ve znění změn č. 1 a 2 ^[2].

Na vlastním měření provedeném firmou jsem se aktivně podílel jako figurant, ale pro účely práce jsou tato měření označena jako převzatá.

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je nezávisle zjistit prostorovou polohu zajišťovacích značek železniční tratě Turnov - Liberec v úseku Sychrov - Hodkovice nad Mohelkou a následně porovnat výsledky s výsledky dosaženými firmou.

Předmětem práce je zaměřit zajišťovací značky, přibližně v délce 1 km tratě, polohově oboustranně orientovaným a oboustranně připojeným polygonovým pořadem a výškově přesnou nivelací. Výsledky poté porovnat s metodou volných stanovisek pro určení polohy a s technickou nivelací pro určení výšky, kterými zajišťovací značky zaměřovala firma Pragema s.r.o. a dosažené rozdíly zhodnotit.

3 Železniční trať č. 030 Jaroměř - Liberec

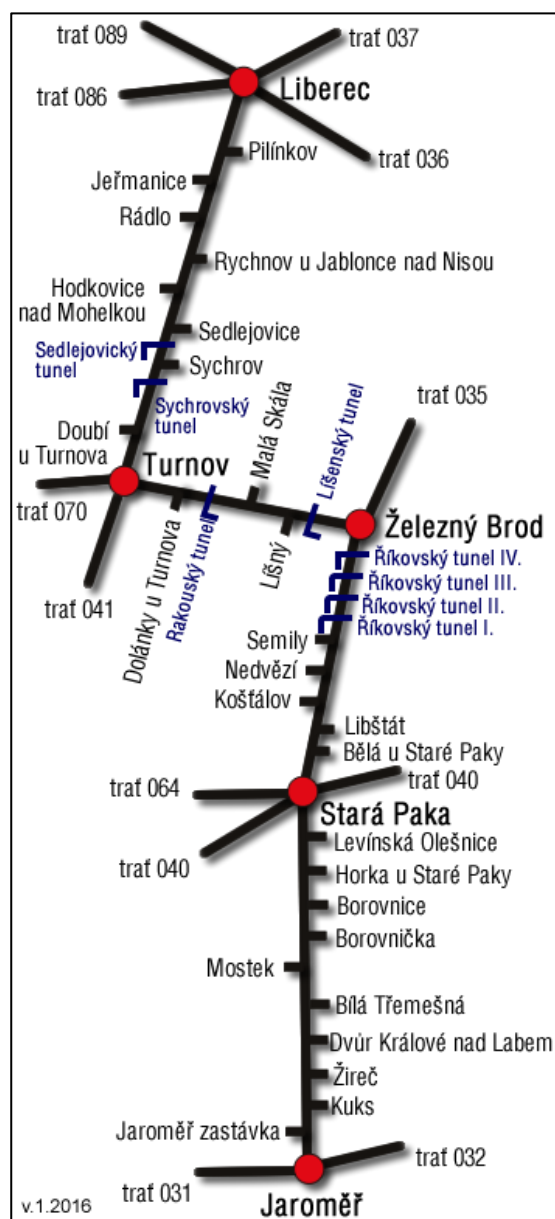
3.1 Historie tratě

Počátky železnice mezi krajskými městy Pardubicemi a Libercem sahají do roku 1854, kdy „Podnikatelstvo c. k. jiho-severoněmecké dráhy“ (německý oficiální název *k.k. priv. Süd-norddeutsche Verbindungsbahn*, **SNDVB**) získalo oprávnění k provozu a povolení k výstavbě trati. Stavba železnice byla zahájena v roce 1856.

Nejsložitější úsek na výstavbu trati byl mezi stanicemi Semily a Železný Brod. Trať zde vede údolím řeky Jizery. Pro cestující představuje tento unikátní úsek nejkrásnější podívanou, kde vlak projíždí mimo jiné i čtyřmi tunely.

Pokud se zaměříme na historii současné trati č. 030 z Jaroměře do Liberce, tak první úsek z Jaroměře do stanice Horka u Staré Paky byl zprovozněn 1. června 1858. Další úsek vedoucí přes Železný Brod až do Turnova byl uveden do provozu o půl roku později, tj. 1. prosince 1858. Poslední část trati z Turnova do Liberce byla zprovozněna 1. května 1859. Tímto dnem bylo definitivně dokončeno železniční spojení Pardubic a Liberce.

Celková délka tratě č. 030 je 121,591 km a po celé své délce je jednokolejná. Provoz na trati je obousměrný a vlak dohromady projíždí 8 tunely a 31 stanicemi a zastávkami (viz Tabulka č. 1). [3]



Obrázek 1: Železniční trať č. 030 [3]

Název	typ	kilometráž	nadmořská výška
Jaroměř	stanice	39,699	254
Jaroměř zastávka	zastávka	41,999	278
Kuks	zastávka	47,632	308
Žireč	zastávka	50,445	329
Dvůr Králové nad Labem	stanice	54,230	350
Bílá Třemešná	stanice	60,806	374
Mostek	stanice	67,247	440
Borovnička	zastávka	69,870	469
Borovnice	zastávka	73,922	506
Horka u Staré Paky	stanice	77,373	494
Levínská Olešnice	zastávka	80,215	466
Stará Paka	stanice	84,891	420
Bělá u Staré Paky	zastávka	89,455	396
Libštát	zastávka	92,889	390
Košťálov	stanice	94,677	386
Nedvězí	zastávka	99,015	353
Semily	stanice	102,279	334
Železný Brod	stanice	109,083	295
Líšný	zastávka	113,370	276
Malá Skála	stanice	115,697	277
Dolánky	zastávka	120,665	255
Turnov	stanice	123,996	265
Doubí u Turnova	zastávka	128,564	309
Sychrov	stanice	132,074	344
Sedlejšovice	zastávka	133,895	344
Hodkovice nad Mohelkou	stanice	137,570	373
Rychnov u Jablonce nad Nisou	stanice	143,376	441
Rádlo	zastávka	147,475	476
Jeřmanice	stanice	149,758	497
Pilínkov	zastávka	155,434	429
Liberec	stanice	160,359	372

Tabulka 1: Seznam stanic a zastávek na trati č. 030 [3]

3.2 Popis projektu

Modernizace tratí a stavební činnosti s ní spojené jsou vedeny především za účelem zlepšení železniční infrastruktury v celém úseku stavby. Zkrátí se jízdní doba, dojde ke zlepšení obratu souprav, zlepší se vazby přípojných spojů, zvýší se stabilita grafikonu vlakové dopravy. Plánovaným nasazením nových vozidel na osobní vlaky a rychlíky, po soutěžích na dopravce v daném úseku, přibližně od roku 2018, dojde k ještě výraznějšímu zkrácení jízdních dob. To zpříjemní cestování, aniž by se změnilo využití či snížila kapacita železniční trati.

Stavba je vedena ze železniční stanice Turnov v km 124,577 do železniční stanice Liberec hl. n. v km 159,170. Délka úseku stavby je 33,847 km. Celý úsek je jednokolejný a nezahrnuje železniční stanici Jeřmanice, které se stavba netýká. Z celkového úseku stavby je délka nového železničního svršku 4735 m. Nové výhybky 6 ks, regenerace 2 ks. Konkrétním obsahem projektu, jehož součástí je i 25 mostních objektů a 15 propustků, je realizace: železničního staničního a přejezdového zabezpečovacího zařízení, železničního spodku a svršku, nástupiště, železniční přejezdy, železniční tunely a trakční energetická zařízení. [1]



Obrázek 2: Trhání roštu v Hodkovicích nad Mohelkou [1]

4 Pragma, s. r. o.

4.1 Historie firmy

Po zrušení geodetického odboru ŽSP a.s. (Železničního stavitelství Praha) se 5 pracovníků tohoto odboru rozhodlo založit společnost Pragma. Zapsání firmy Pragma, s. r. o. do obchodního rejstříku je datováno na 18. prosince 1995.

Díky zkušenostem pracovníků z předchozího působení v odboru ŽSP a.s. má firma největší zkušenosti právě s pracemi spojenými s výstavbou železnic, případně silnic a dálnic.

V současnosti firma zajišťuje širokou škálu geodetických činností. Konkrétně poskytuje: práce v katastru nemovitostí, geodetické práce při přípravě, realizaci a dokončení staveb atd. [4]

4.2 Firemní práce na projektu

Na projektu modernizace trati č. 030 Jaroměř – Liberec v úseku Turnov – Liberec bylo prvním úkolem firmy vybudovat mezi stanicemi Sychrov – Hodkovice nad Mohelkou dočasné bodové pole, které mělo vycházet ze stávajícího ŽBP (Železniční bodové pole). Dočasné bodové pole mělo ŽBP zhustit a mělo sloužit hlavně k přesnému urovnání železničního svršku v podélném i příčném směru. Po usazení zajišťovacích značek (viz níže) měla firma za úkol zjištění jejich prostorové polohy. Poloha zajišťovacích značek byla určena metodou volných stanovisek a jejich výšky technickou nivelací. Obě použité metody odpovídají předpisu S3, díl III: Železniční svršek, Zajištění prostorové polohy koleje ve znění změn č. 1 a 2^[2].

5 Zajišťovací značky

5.1 Všeobecné zásady

Pro zachování volného průjezdného průřezu je velmi důležité správné umístění koleje do předepsané polohy dané projektem. Proto je tato poloha koleje na tratích SŽDC určována pomocí zajišťovacích značek. Prostorová poloha koleje je vytyčována a následně kontrolována vzhledem k zajišťovacím značkám. Tyto značky jsou nejpodrobnějším bodem železničního bodového pole a je kladen důraz na přesné určení jejich prostorové polohy a stabilitu osazení. Zajišťují hlavní koleje, koleje na spádovištích, seřaďovacích nádražích a jiné koleje, které označí služba tratě příslušné správy dráhy.

Geometrická poloha koleje se zjišťuje vždy při novostavbách, přestavbách a obnovách železničního svršku, a také při udržovacích pracích, které vedou ke změně geometrické polohy koleje. Osazení se provádí s dostatečným předstihem před zahájením prací na železničním svršku. Tento požadavek vyplývá jak z Předpisu SŽDC S3 „Železniční svršek“^[2], tak i z ustanovení ČSN 73 0420-2 „Přesnost vytyčení staveb“^[8]. [7]

Zajišťovací značka se umísťuje s ohledem na její dlouhodobou stabilitu a měřickou dostupnost. V podélném směru se umísťuje podle toho, jedná-li se o kolej v přímé, přechodnici, či kružnicovém oblouku. Zajišťovací značky se vždy osazují na bodech, v nichž se mění směrové a výškové poměry koleje. Umísťování značek se řídí Předpisem S3^[2]. Poloha nových ZZ je dána projektem, který podléhá schválení správcem prostorové polohy koleje (SPPK). Tento správce je zaměstnanec Správy železniční geodézie a má oprávnění UOZI (Úředně oprávněný zeměměřický inženýr). [2]

5.2 Druhy zajišťovacích značek

Pro zajištění prostorové polohy koleje se používají tyto druhy ZZ:

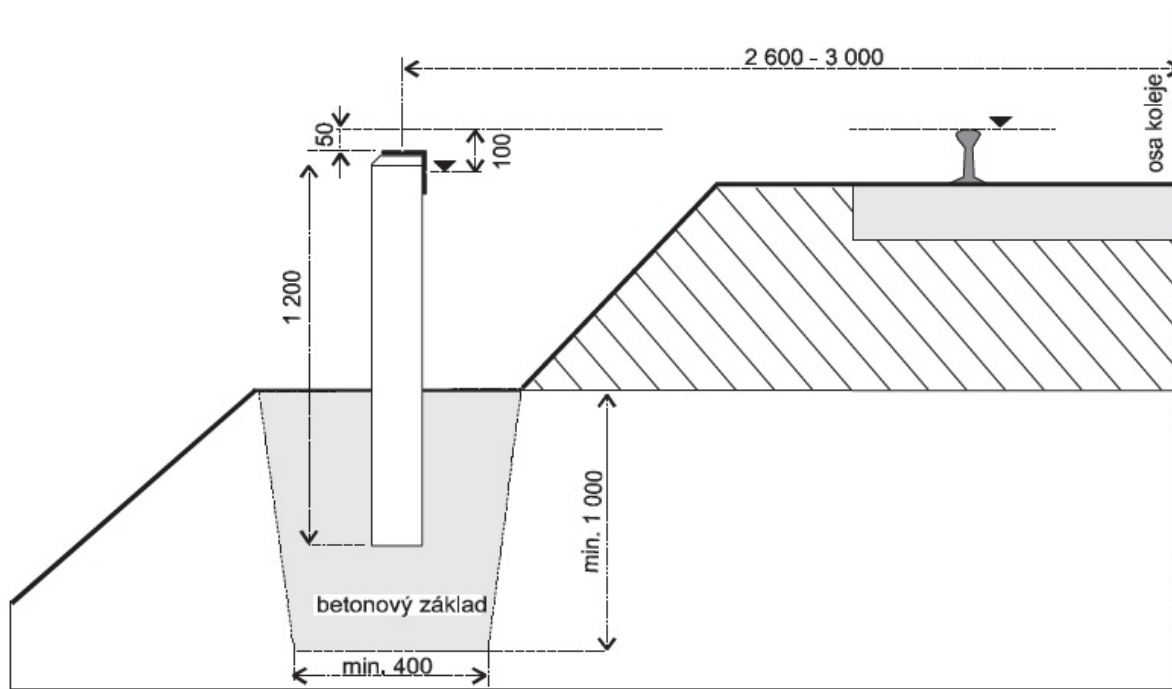
- a) sloupková
- b) konzolová
- c) hřebová

5.2.1 Sloupkový typ zajišťovacích značek

Tento typ zajišťovacích značek a jakékoli jiné dříve používané typy ZZ mají pouze dočasný charakter a používají se pouze do doby zřízení nového zajištění prostorové polohy koleje nebo jako doplnění chybějících značek.

Železobetonový sloupek je osazen svisle do betonového základu ve stanovené vzdálenosti od osy koleje. V horní části má zabetonován ocelový plech o rozměrech 110 x 110 x 5 mm s měřickými znaky (viz Obrázek 5). Značka je výškově osazená tak, aby horní plocha ocelového plechu ve sloupku byla asi 50 mm pod temenem přilehlého kolejnicového pásu zajišťované koleje (viz Obrázek 3). Poloha je určena ke středu zářezu v horní hraně ocelového plechu a výška k zářezu v jeho boční hraně směrem ke koleji. Na zajišťovací značce je v horní části železobetonového sloupku připevněna plechová tabulka o rozměru 145 x 120 mm s popisem základních parametrů tabulky (viz níže kapitola Štítek s popisem základních parametrů zajištění koleje).

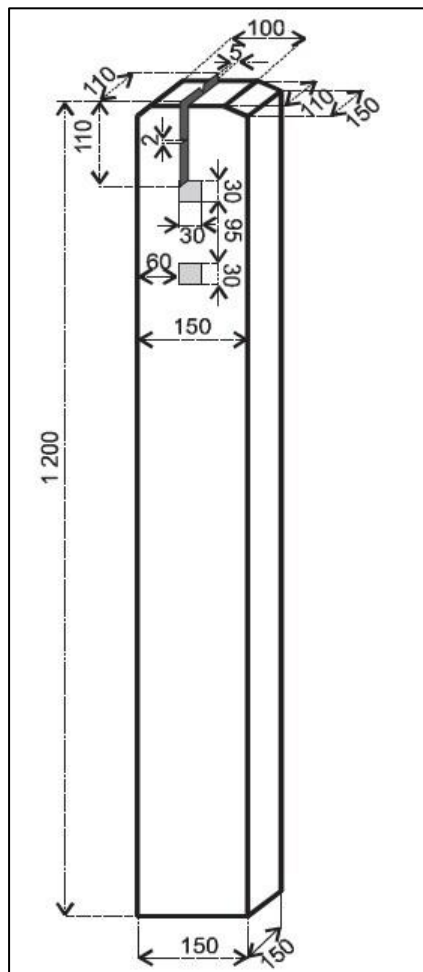
Vzdálenost zajišťovací značky od osy koleje je dán rozmezím 2 600 – 3000 mm (vit Obrázek 3). [2]



Obrázek 3: Osazení sloupkové ZZ vzhledem k ose koleje (všechny míry jsou v milimetrech) [2]



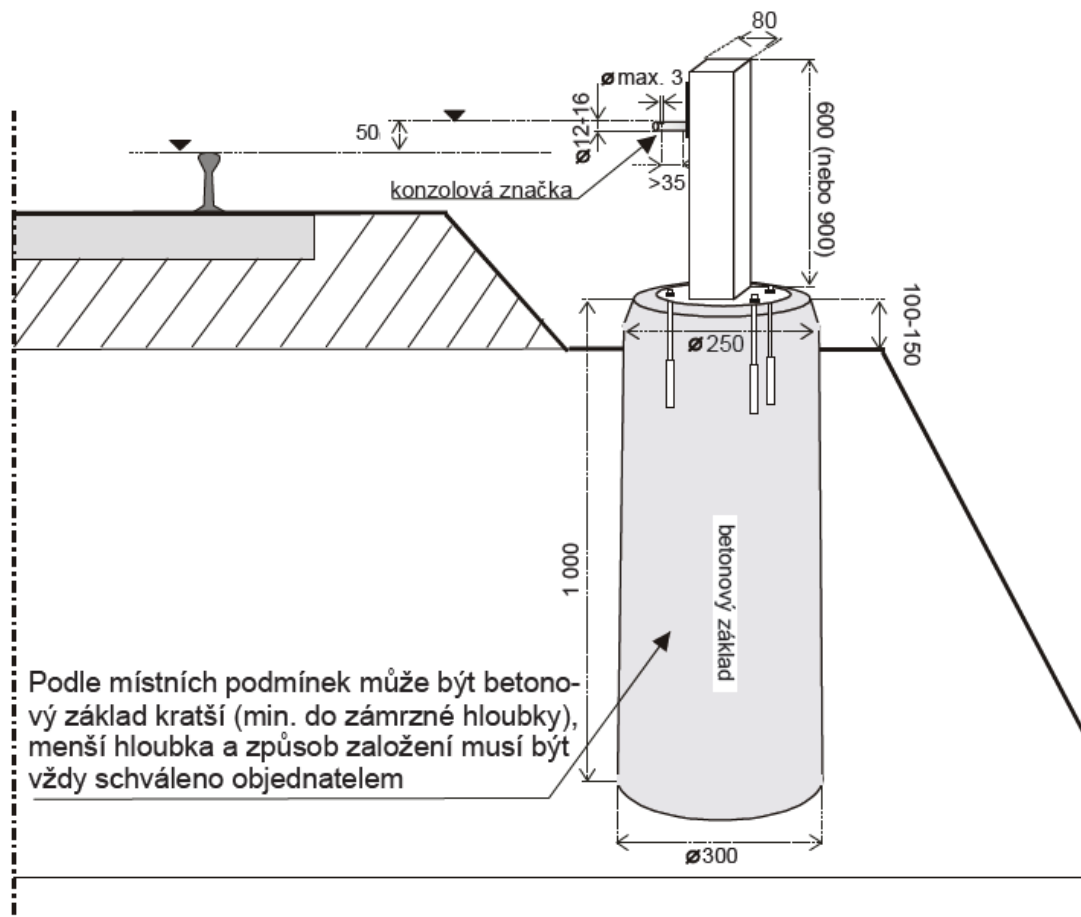
Obrázek 4: Sloupkový typ značky
(foto: Hovorka, 2017)



Obrázek 5: Sloupkový typ značky -
železobetonový sloupek (všechny
míry jsou v milimetrech) [2]

5.2.2 Konzolová zajišťovací značka

Základním prvkem tohoto typu zajištění PPK je konzolová značka stabilně uchycená na vhodném nosném podkladu (např. na podpěře trakčního vedení, na speciálním kovovém sloupku (viz Obrázek 6), na kovové konstrukci mostu, na stavebním objektu apod.). Konzolová zajišťovací značka je tvořena kovovou konzolí a upevňovacím pouzdrem. V horní části je vyvrtán svislý otvor. Ten vyznačuje měřicí znak zajišťovací značky pro stanovení polohy. Horní plocha otvoru vyznačuje výškové zajištění. Doporučené rozměry této ZZ jsou uvedeny na Obrázku 7. [2]



Obrázek 6: Konzolová značka na zajišťovacím kovovém sloupku (všechny míry jsou v milimetrech) [2]

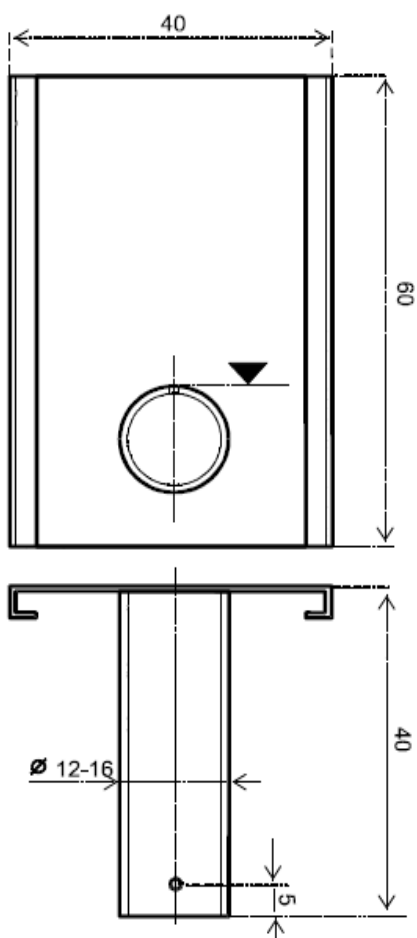
Umístění zajišťovací značky se volí tak, aby podélná osa konzoly byla orientována vodorovně a kolmo na osu zajišťované koleje.

Každá značka tohoto typu je doplněna štítkem s popisem základních parametrů zajištění koleje (viz níže kapitola Štítek s popisem základních parametrů zajištění koleje). Tento štítek je umístěn v pouzdře, které je pevně spojen s konzolou. Pouzdro je tvořeno zadní úchytnou plochou zajišťovací značky (pro lepení, navaření, šroubový spoj, pokud je to technologicky možné nebo pro jiné uchycení), která je na stranách ohraničena zarážkami.

Zadní úchytná stěna konzolové zajišťovací značky, resp. pouzdra, je stabilně připevněna k podkladu (např. k podpoře trakčního vedení, kovovému sloupku aj.) Vhodný připevňující materiál je volen podle typu a úpravy nosného povrchu tak, aby nebyla narušena jeho funkce, stabilita, konstrukce ani životnost. Na elektrizovaných tratích se konzolové značky většinou upevňují na podpěry trakčního vedení. Na neelektrizovaných tratích nebo v případech, kdy nelze

přípevnit zajišťovací značky na trakční vedení se upevňují na speciální kovový sloupek zapuštěný do betonového základu (viz Obrázek 6). Ve výjimečných případech (v tunelech, na mostech, v dopravních apod.) lze umístit značku na jiné stabilní objekty. Takovéto úpravy schvaluje objednatel (ST) v návrhu projektu zajištění koleje.

Zajišťovací kovový sloupek se skládá ze stabilizujícího betonového základu a nosného pilíře, ke kterému se upevňuje konzolová zajišťovací značka. Nosný pilíř je kovový sloupek zapuštěný nebo pevně přišroubovaný k betonovému základu. Konzolová značka se štítkem s popisem zajišťovaných hodnot je upevněna do stanovené výšky na svislou plochu sloupku směrem ke koleji. Zajišťovací značka se upevňuje šroubovým spojem nebo přivařením. Kovový sloupek je opatřen antikorozií úpravou. Vhodné rozměry sloupku a betonového základu jsou uvedeny na Obrázku 6. [2]



Obrázek 7: Konzolová značka
(všechny míry jsou v milimetrech) [2]



Obrázek 8: Konzolová značka (foto: Hovorka, 2017)

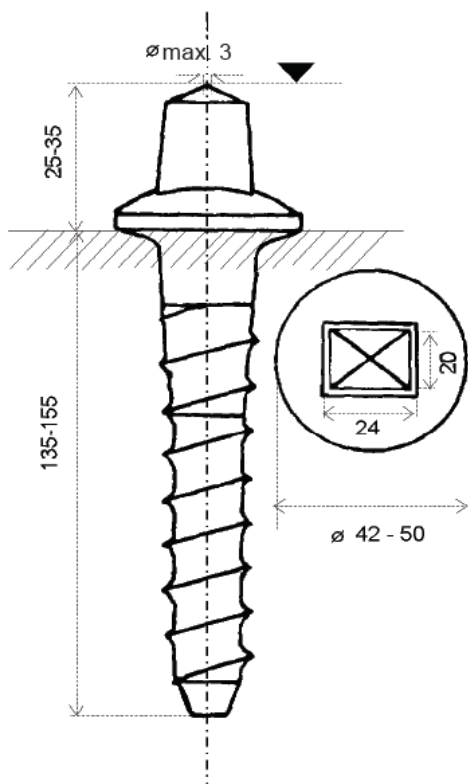
5.2.3 Hřbová zajišťovací značka

Zajišťovací značky tohoto typu se osazují na elektrizovaných tratích do betonových základů podpěr trakčního vedení. V železničních stanicích a zastávkách jsou umísťovány do nástupišť. Dále například do parapetů mostů apod.

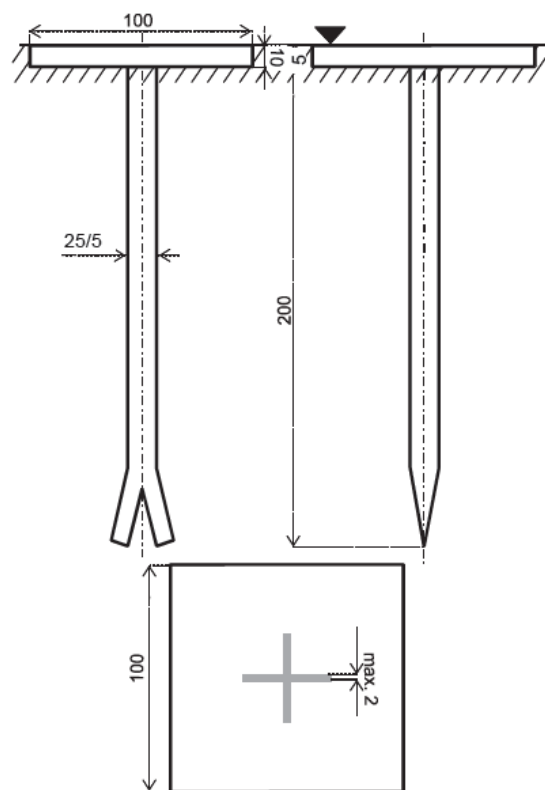
Hřeb je z kovu nebo speciálních slitin odolávajících klimatickým podmínkám. Značky z materiálu podléhajícího korozi musí být chráněny antikorozním nátěrem. Hřbové značky jsou vždy osazovány svisle do příslušného podkladu (betonový základ podpěr trakčního vedení atd.). V jejím nejvyšším místě je vyznačen měřicí znak vyvrtaným otvorem nebo vypilovaným křížkem.

K tomuto křížku nebo k vyvrtanému otvoru je vztažena poloha zajišťovací značky. Výška je vztažena k temeni hřbové značky. Hřbových značek je několik druhů a ty nejpoužívanější jsou znázorněny na Obrázku 9 - 11.

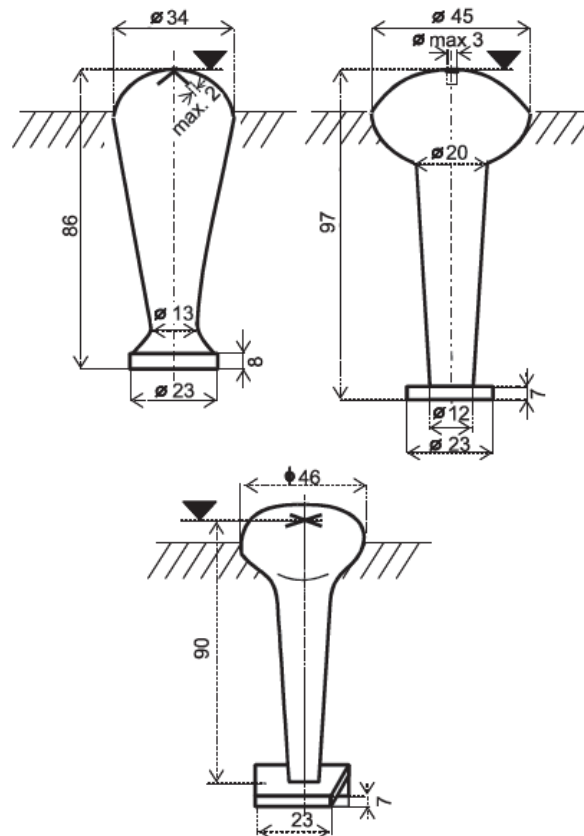
Zajišťovací značka je, jako ostatní značky, opatřena štítkem s popisem základních parametrů zajištění polohy koleje. U tohoto typu ZZ se štítek připevňuje k podkladu v blízkosti značky. [2]



Obrázek 10: Hřbová značka - vrtule (všechny míry jsou v milimetrech) [2]



Obrázek 9: Hřbová značka (všechny míry jsou v milimetrech) [2]



Obrázek 11: Hřbová litinová značka (všechny míry jsou v milimetrech) [2]

5.2.4 Štítek s popisem základních parametrů zajištění koleje

Všechny typy zajišťovacích značek jsou, podle místních podmínek, doplněny štítkem s popisem základních parametrů zajištění koleje. Štítek je zhotoven z kovového nebo plastového materiálu nebo může mít formu samolepící fólie odolné povětrnostním podmínkám. Je součástí konzolové nebo sloupkové zajišťovací značky nebo je umístěn v nejbližším okolí značky hřbové.

U konzolových značek se tento štítek nachází v pouzdře, které je součástí značky. K pouzdru je štítek vhodně přišroubovaný nebo přilepený. U hřbových značek je upevněn na povrch stabilního objektu (podkladu) nacházejícího se v bezprostřední blízkosti značky. Nejčastěji to bývá podpěra trakčního vedení. [2]

Charakteristický bod koleje	Zkratka
začátek přechodnice	ZP
konec přechodnice	KP
začátek kružnicového oblouku	ZO
konec kružnicového oblouku	KO
bod obratu oblouků opačných směrů	BO
vrcholový bod tečnového polygonu	VB
začátek vzestupnice	ZVZ
konec vzestupnice	KVZ
vrchol zaoblení lomu sklonu	VZO
začátek zaoblení lomu sklonu	ZZO
konec zaoblení lomu sklonu	KZO
výměnový styk výhybky	ZV
výhybkový styk na konci výhybky	KV
střed křižovatkové výhybky	SKV
střed kolejové křižovatky	SKK

Tabulka 2: Seznam charakteristických bodů koleje [2]

Popis zajišťovacích značek umístěný na štítku obsahuje (viz Obrázek 12):

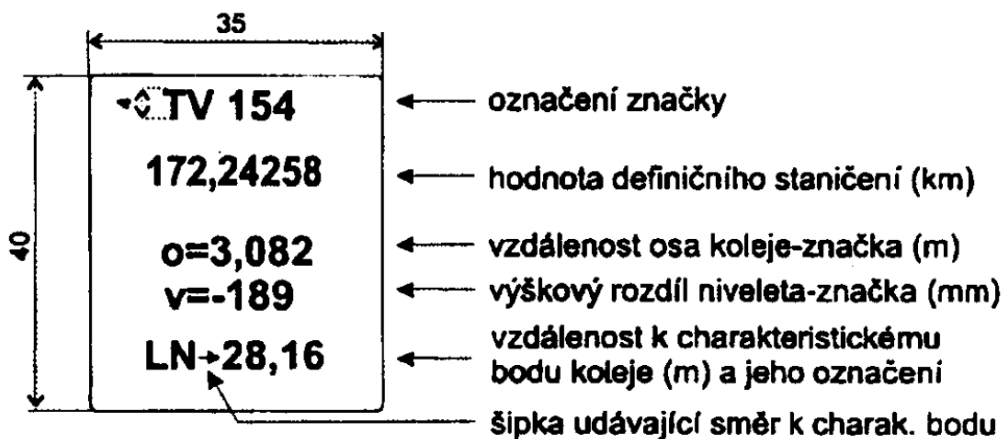
- označení zajišťovací značky
- staničení
- vodorovnou vzdálenost – o
- výškový rozdíl – v
- směr a vzdálenost k charakteristickému bodu koleje

Staničení se uvádí jen u zajišťovacích značek koleje, které definují průběh tzv. definičního staničení, tj. převážně pro 1. kolej (viz Obrázek 13), u štítků pro další koleje se staničení neuvádí (viz Obrázek 14). V případě umístění skoku ve staničení do zajišťovací značky je uváděno nejprve staničení příchozí a pod ním staničení výchozí (viz Obrázek 15). Při výskytu nadměrné délky, tj. prodloužení osy staničení, je pro staničení použit zápis vyjadřující toto prodloužení (viz Obrázek 16). Zápis hodnoty staničení je uváděn podle zásad uvedených v předpisu M21: Předpis pro staničení železničních tratí ^[9].

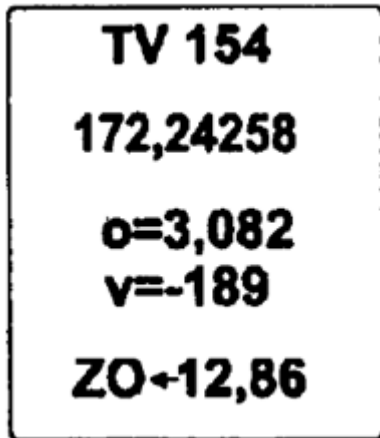
Vodorovná vzdálenost, vyznačena symbolem „o“, je uváděna v metrech na tři desetinná místa. Výškový rozdíl, vyznačen symbolem „v“ je uváděn v milimetrech.

Vzdálenost k charakteristickému bodu koleje (viz Tabulka 2) je uváděna jen u popisu zajišťovací značky, která se nachází nejbližší k tomuto bodu. Hodnota je uváděna v metrech na tři desetinná místa a směr je vyznačen šipkou.

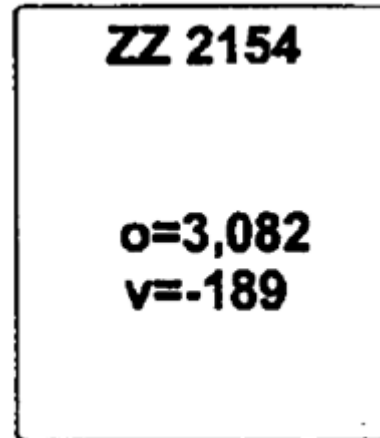
Rozměry, tvar a popis štítku jsou dány předpisem S3 ^[2] (viz Obrázek 12). Veškeré úpravy a výjimky, vhodnost samolepicích fólií, lepidel k přilepení štítku a technologií lepení posuzuje a schvaluje SŽDC HGD. [2]



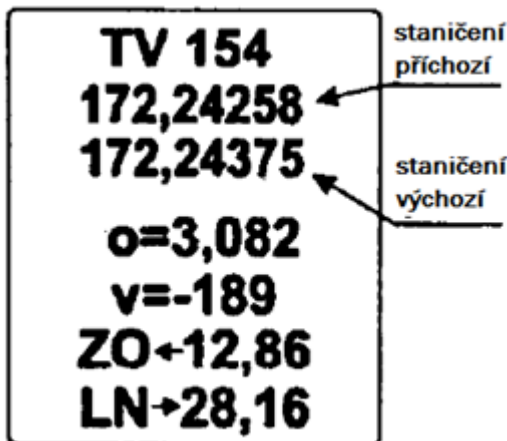
Obrázek 12: Štítek s popisem základních parametrů zajištění koleje u konzolové a hřbové značky (všechny míry jsou v milimetrech) [2]



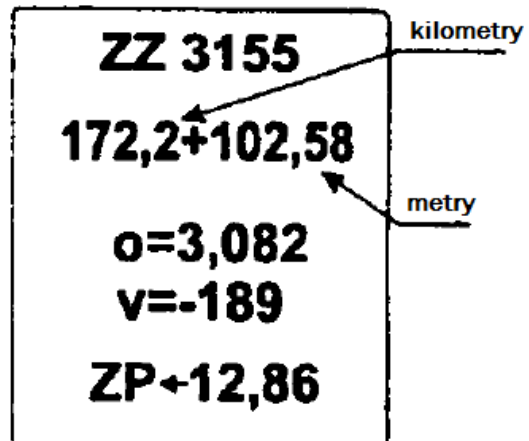
Obrázek 13: Zajišťovací značka na stožáru TV [2]



Obrázek 15: Zajišťovací značka mimo stožár, za TV číslo 154 (vpravo), pro 2. kolej [2]



Obrázek 14: Zajišťovací značka, do které byl umístěn bod skoku [2]



Obrázek 16: Zajišťovací značka umístěná do úseku nadměrné délky [2]

5.3 Zaměření polohy zajišťovacích značek

Geodetické zaměření a ověření polohy a výšky zajišťovacích značek musí být provedeno odborně způsobilými osobami podle zákona č. 200/1994 Sb. o zeměměřictví [5]. Ověření dokumentace musí být uskutečněno UOZI (Úředně oprávněným zeměměřickým inženýrem) podle zákona č. 200/1994 Sb. o zeměměřictví [5] a podle vyhlášky ČUZK č. 31/1995 Sb. [10]

Určení polohy zajišťovacích značek musí být provedeno měřením zabezpečujícím stanovenou přesnost podle ČSN 73 0420-1,2 pro vytyčení polohy

podrobných bodů trasy^[8]. Zajištění prostorové polohy koleje musí vycházet z jednotných a stále stejných geodetických podkladů. Zajišťovací značky se určují z ověřených bodů ŽBP. Při doplňování zajišťovacích značek k již stávajícím je možné použít, jako geodetický podklad, ověřených stávajících zajišťovacích značek. Každá zajišťovací značka musí být zaměřena minimálně třikrát z různých stanovisek. Při činnostech na železničním svršku a při novém zajištění prostorové polohy koleje musí být poloha každé zajišťovací značky geodeticky ověřena. Pro ověření je třeba určit její polohu vzhledem ke spojnici obou sousedních značek. Příčná odchylka zajišťovací značky (tj. ve směru normály vzhledem k ose koleje) nesmí překročit hodnotu 5 mm.

Poloha a výška zajišťovacích značek se zaměří a zajištění prostorové polohy koleje se vypočte před uvedením stavby do trvalého provozu. Na neelektrizovaných tratích se měření a výpočty provádí po ustálení železničního spodku a podloží. U značek sloupkového typu nejdříve po 14 dnech od stabilizace. Na elektrizovaných tratích, kde jsou zajišťovací značky umísťovány na nově zřízených podpěrách trakčního vedení nebo na jejich základech, se jejich poloha zaměřuje až po zatížení těchto podpěr vrcholovými tahy, ne dříve než půl roku po zřízení základu. [2]



Obrázek 17: Znárodnění měřeného úseku na podkladu Mapy.cz [13]

6 Metody určení polohy a výšky zajišťovacích značek

6.1 Metoda volných stanovisek

Metoda volných stanovisek spočívá v určení souřadnic nestabilizovaných bodů (stanoviska totální stanice), měřením vodorovných úhlů a délek na trvale či dočasně signalizované body o známých souřadnicích. Pro určení souřadnic zajišťovacích značek musí být tato přechodná stanoviska volena podle Pokynu č. 2 k zaměření zajišťovacích značek, který je přílohou k Předpisu S3 , díl III^[2]. Podle tohoto Pokynu jsou přechodná stanoviska volena podle viditelnosti na zajišťovací značky tak, aby každou zajišťovací značku bylo možné zaměřit ze tří různých stanovisek.

Vzhledem k maximální vzdálenosti 150 m, na kterou jsou zajišťovací značky určovány a s tím, že jsou ZZ měřeny ze tří stanovisek, se vodorovné úhly měří v jedné skupině a při každé registraci úhlů se měří i délky na všechny viditelné zajišťovací značky a na všechny viditelné body železničního bodového pole. Z těchto bodů jsou vypočteny souřadnice a výšky stanovisek. [2]

6.2 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad

Metoda polygonových pořadů je jednou z metod pro určení souřadnic podrobného bodového pole. Polygonové pořady oboustranně připojené a orientované jsou ohraničeny známými body, tzn. souřadnice počátečního i koncového bodu polygonových pořadů jsou známy. V polygonových pořadech se měří levostranné vodorovné vrcholové úhly a délky. Z důvodu minimalizace chyb z centrace se při měření polygonových pořadů používá trojpodstavcová souprava.

Polygonové pořady musí být navázány na body železničního bodového pole. Nesmí být používáno volných ani vetknutých polygonových pořadů. Vodorovné úhly se měří minimálně ve dvou skupinách, v případě automatického cílení ve třech skupinách. Požadovaná směrodatná odchylka měřeného úhlu v jedné skupině je minimálně 1 mgon. [11]

6.3 Technická nivelace (TN)

Technická nivelace je nejběžnější druh nivelace a řídí se „**Směrnici pro technickou nivelaci**“. Svou přesností postačuje pro většinu technických úkolů, které se zabývají určováním výšek. Využívá se také pro určení nadmořských výšek některých bodů podrobného výškového bodového pole (PVBP). Zejména se jedná o stabilizované body technických nivelací (SBTN) a o dodatečné měření výšky bodů polohopisného bodového pole. Rozlišuje se technická nivelace základní přesnosti (nižší nároky na přesnost) a zvýšené přesnosti (vyšší nároky na přesnost).

Pro technickou nivelaci je potřeba nivelační přístroj s minimálně 16-ti násobným zvětšením, nivelační libelou o citlivosti alespoň $60''/2\text{mm}$ (koincidenční libela $80''/2\text{ mm}$) nebo kompenzátorem odpovídající přesnosti, nivelační latě se zřetelným dělením, pevnou patkou (při zvýšené přesnosti se vyžadují celistvé latě z jednoho kusu vybavené krabicovou libelou) a lehké nivelační podložky.

Při základní přesnosti se délka záměr volí až 120 m. Záměry se určují odhadem (1 – 2 m u krátkých, 5 m u dlouhých záměr. Nivelační oddíl vetknutý mezi 2 nivelační body se měří jedenkrát, u volných pořadů dvakrát (tam a zpět).

Při zvýšené přesnosti se volí maximální délka záměr 80 m (optimální je 40 až 50 m). Protože se jedná o metodu geometrické nivelace ze středu, jsou délky nivelačních sestav půleny krokováním, popř. se kontrolují nitkovým dálkoměrem, s ohledem na eliminaci nevodorovnosti záměrné přímky, vlivu zakřivení Země a částečně i vlivu vertikální refrakce. Navíc se dalekohled nemusí přeastřovat. Výška záměry nad terénem má být minimálně 0,3 m, opět vzhledem k omezení vlivu vertikální refrakce na přesnost převýšení. V případě použití dvou latí se volí sudý počet sestav, aby se vyloučila indexová chyba. [12]

Kritériem přesnosti je mezní odchylka mezi daným převýšením (rozdíl výšek počátečního a koncového bodu) a měřeným převýšením. Ta se určí ze vzorce:

$$\Delta_{max} = 40 * \sqrt{L} \text{ [mm]}, \quad (6.1)$$

při zvýšené přesnosti

$$\Delta_{max} = 20 * \sqrt{L} \text{ [mm]}, \quad (6.2)$$

Vzniklá odchylka se rozdělí úměrně jednotlivým horizontům přístroje (nejlépe k záměrům vzad). Pokud bylo převýšení měřeno dvakrát, uvádí se ještě mezní odchylka mezi dvakrát měřeným převýšením:

$$\Delta_{max} = 0,67 * 40 * \sqrt{L} \text{ [mm]}, \quad (6.3)$$

při zvýšené přesnosti

$$\Delta_{max} = 0,67 * 20 * \sqrt{L} \text{ [mm]}. \quad (6.4)$$

kde L je délka nivelačního pořadu v kilometrech. [12]

6.4 Přesná nivelace (PN)

Přesná nivelace se řídí „Nivelační instrukcí pro práce v ČSNS“. Používá se při měření výšek ve výškovém bodovém poli, hlavně v pořadech III. a IV. řádu a v plošných nivelačních sítích (PNS). Také při speciálních pracích vyšší přesnosti z oblasti inženýrské geodézie. Rozlišuje se přesná nivelace pro měření nivelačních pořadů IV. řádu a PNS spadajících do podrobného výškového bodového pole (PVBP) a pro měření nivelačních pořadů III. řádu spadajících do základního výškového bodového pole (ZVBP).

Pro přesnou nivelaci se používá nivelační přístroj s minimálně 24 násobným zvětšením, nivelační libelou o citlivosti alespoň 20,6''/2mm (koincidenční libela 41''/2 mm) nebo kompenzátorem odpovídající přesnosti (pro měření nivelačních pořadů III. řádu musí mít přístroj optický mikrometr a chrání se při měření slunečníkem). Přístroj se staví na pevné stativy. Nivelační latě musí být celistvé, z jednoho kusu, vybavené urovnávací libelou (pro měření nivelačních pořadů III. řádu musí mít latě invarovou stupnici a opěrky) a těžké litinové nivelační podložky.

Každý pořad se niveluje dvakrát (tam a zpět) alespoň v jinou denní dobu. Při použití dvou latí musí být sudý počet sestav. Záměry se rozměřují pásmem s přesností na 1 dm. Délky záměr jsou maximálně 50 m, výška záměry nad terénem je minimálně 50 cm (v případě kratších záměr ve svažitém terénu 25 cm). Použijí-li se dvoustupnicové latě, nesmí rozdíl od konstanty překročit u záměry 1 mm a v sestavě 1,5 mm. Připojovací a kontrolní měření se provádí na dva nejbližší body. Komparace latí se provádí ve zkušební či na nivelační základně.

Při měření nivelačních pořadů III. řádu mají záměry délku maximálně 40 m a výška záměry nad terénem je minimálně 80 cm (v případě kratších záměr ve svažitém terénu 40 cm). U dvoustupnicových latí nesmí rozdíl od konstanty překročit u záměry 0,1 mm a v sestavě 0,2 mm. Připojovací a kontrolní měření se provádí na dva nejbližší body, které však musí být vzdáleny minimálně 1 km. Komparace latí se provádí s využitím polního etalonu přímo v poli. [12]

Kritériem přesnosti je mezní odchylka mezi nivelovaným převýšením tam a zpět. Ta se určí ze vzorce:

$$\Delta_{max} = 5 * \sqrt{R} \text{ [mm]}, \quad (6.5)$$

při měření nivelačních pořadů III. řádu:

$$\Delta_{max} = 3 * \sqrt{R} \text{ [mm]}, \quad (6.6)$$

kde R je délka nivelačního oddílu v kilometrech.

Pro nivelační úsek se používá pro výpočet mezní odchylka, která se určí ze vzorce:

$$\Delta_{max} = 5 * \sqrt[3]{L^2} \text{ [mm]}, \quad (6.7)$$

při měření nivelačních pořadů III. řádu

$$\Delta_{max} = 3 * \sqrt[3]{L^2} \text{ [mm]}, \quad (6.8)$$

kde L je délka nivelačního úseku v kilometrech.

Pro ověřovací měření mezi dvěma výškově známými body se k uvedeným hodnotám připočítávají 2 mm. [12]

7 Přístroje

7.1 Trimble S3

Přístrojem Trimble S3 byla měřena poloha zajišťovacích značek metodou volných stanovisek. Toto měření provedla firma Pragema s.r.o., která tento přístroj vlastní. Trimble S3 má funkci automatického cílení a je vybavený impulsním dálkoměrem se směrodatnou odchylkou 2 mm + 2 ppm. Úhlová přesnost je definovaná směrodatnou odchylkou jednoho směru měřeného v jedné skupině $\sigma_\varphi = 2''$ tedy 0,6 mgon. [15]



Obrázek 18: Trimble S3 [16]

7.2 Leica TS06

Tento přístroj byl zapůjčen z katedry speciální geodézie Fsv ČVUT v Praze. Přístrojem byla měřena poloha zajišťovacích značek oboustranně připojeným a oboustranně orientovaným polygonovým pořadem. Je vybavený impulsním dálkoměrem se směrodatnou odchylkou 1,5 mm + 2 ppm. Úhlová přesnost je definovaná směrodatnou odchylkou jednoho směru měřeného v jedné skupině $\sigma_\varphi = 3''$ tedy 1,0 mgon. [17]



Obrázek 19: Leica TS06 [18]

8 Měření a výpočty

8.1 Polohové měření

Pro určení souřadnic x , y zajišťovacích značek byly použity dvě rozdílné metody měření. Metodou volných stanovisek zjišťovala polohové souřadnice zajišťovacích značek firma Pragema s.r.o. Tato měření jsou převzatá a jsou prezentována ve výsledcích této práce (viz kapitola č. 8 Výsledky). S těmito daty je porovnáváno vlastní měření polohy zajišťovacích značek metodou oboustranně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu.

8.1.1 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad

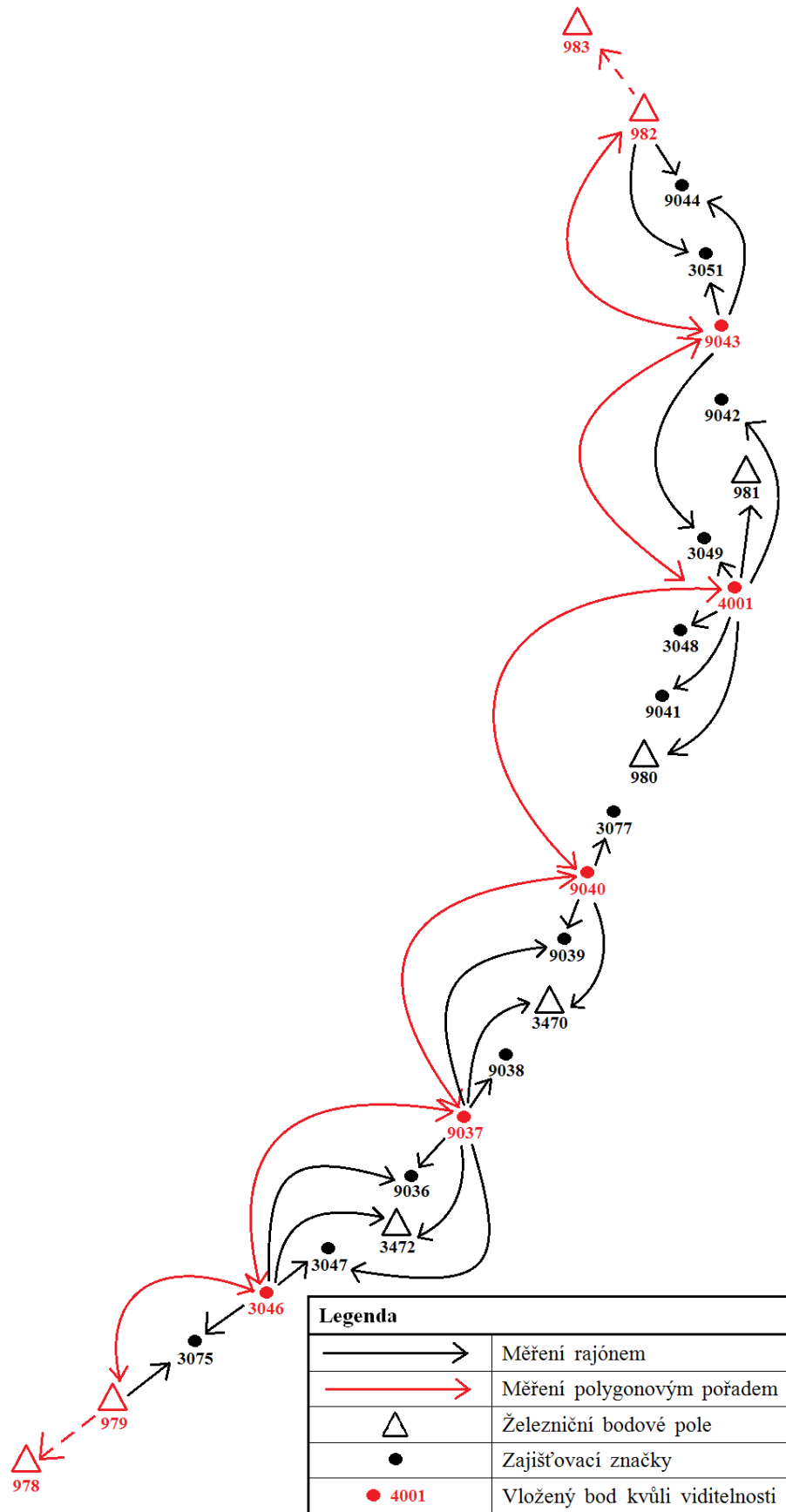
Měření polohy zajišťovacích značek proběhlo dne 28. 6. 2016.

Pomůcky:

- Leica TS06
- Sada odrazných hranolů Leica
- Trojpodstavcová souprava (3x stativ)

Postup měření

- Polygonový pořad byl měřen s využitím trojpodstavcové soupravy.
- Osnovy vodorovných směrů polygonového pořadu byly měřeny ve dvou skupinách.
- Při každém měření směru byla změřena vodorovná délka.
- Fyzikální redukce byly zavedeny při měření do totální stanice
- Počátek polygonového pořadu byl vložen do bodu železničního bodového pole č. 979 s orientací na bod železničního bodového pole č. 978.
- Následující vrcholy polygonového pořadu byly voleny tak, aby každá zajišťovací značka mohla být zaměřena polární metodou (viz Obrázek 18).
- Počet vrcholů polygonového pořadu byl zvolen co nejmenší, s ohledem na viditelnost na zajišťovací značky, z důvodu minimalizace chyby z centrace.
- Polygonový pořad byl zakončen na bodě železničního bodového pole č. 982 s orientací na bod železničního bodového pole č. 983.



Obrázek 20: Průběh polygonového pořadu

Číslo bodu	Definiční staničení [km]	Vzdálenost mezi body [m]	Y [m]	X [m]
978	135,801852		686479,067	987045,944
979	136,052157	250,304	686341,795	98686,557
3472	136,240276	188,119	686274,845	986660,523
3470	136,496785	256,510	686204,250	986413,839
980	136,668418	171,632	686152,437	986250,213
981	136,855073	186,656	686094,886	986072,178
982	137,027128	172,055	686100,123	985899,514
983	137,211989	184,861	686167,920	985725,475

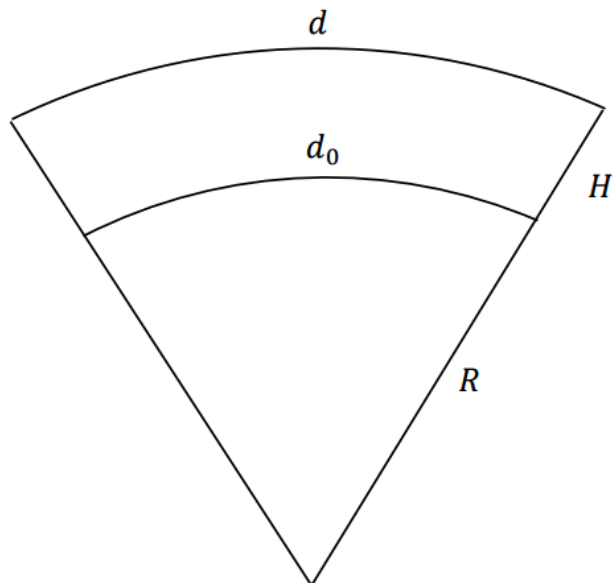
Tabulka 3: Seznam souřadnic použitých bodů železničního bodového pole

Zpracování

a) Redukce délek

Měřené délky bylo třeba opravit o matematické redukce (z nadmořské výšky a do zobrazovací roviny S-JTSK). Jelikož byla délka polygonového pořadu přibližně 1 km, byl pro redukci do nulového horizontu započítán průměr nadmořských výšek H počátečního a koncového bodu. Stejný postup byl zvolen pro výpočet měřítka zobrazovací roviny S-JTSK. Měřítka bylo vypočteno na počátečním a koncovém bodě a do výpočtů byl použit jejich průměr m_{JTSK} . Vypočtené redukované délky a jednotlivé mezivýpočty redukcí jsou zapsány v Tabulce 4.

- Redukce délky do nulového horizontu



Obrázek 21: Redukce délky do nulového horizontu

$$\Delta d = \frac{d \cdot H}{R} \quad (7.1)$$

$$d_0 = d - \Delta d \quad (7.2)$$

kde:

d je vodorovná délka,

H je průměrná nadmořská výška,

R je poloměr Zeměkoule (6380000 m). [11]

- Redukce délky do zobrazovací roviny S-JTSK

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (7.3)$$

$$dr = r - 1\,298\,039 \quad (7.4)$$

$$m_{JTSK} = 0,9999 + 1,22822 \cdot 10^{-14} \cdot dr^2 - 3,154 \cdot 10^{-21} \cdot dr^3 + 1,848 \cdot 10^{-27} \cdot dr^4 \quad (7.5)$$

$$d_{JTSK} = d_0 \cdot m_{JTSK} \quad (7.6)$$

kde:

X a Y jsou rovinné souřadnice,

m_{JTSK} je měřítkový koeficient. [11]

počáteční bod	koncový bod	d [m]	Δd [m]	d(0) [m]	d(S-JTSK) [m]
979	3075	50,107	0,003	50,104	50,105
979	3046	119,980	0,007	119,973	119,975
3046	3075	69,911	0,004	69,907	69,908
3046	3047	50,596	0,003	50,593	50,594
3046	9036	120,288	0,007	120,281	120,283
3046	9037	189,530	0,011	189,519	189,522
9037	9039	137,497	0,008	137,489	137,491
9037	3470	135,355	0,008	135,347	135,349
9037	9038	68,987	0,004	68,983	68,984
9037	9036	69,388	0,004	69,384	69,385
9037	3472	121,300	0,007	121,293	121,295
9037	3047	138,949	0,008	138,941	138,943
9037	9040	206,110	0,012	206,098	206,102
9040	9039	68,668	0,004	68,664	68,665
9040	4001	192,770	0,011	192,759	192,762
9040	3470	70,792	0,004	70,788	70,789
4001	9042	104,834	0,006	104,828	104,830
4001	3049	64,000	0,004	63,996	63,997
4001	3048	9,353	0,001	9,352	9,353
4001	9043	148,828	0,009	148,819	148,822
4001	981	95,322	0,006	95,316	95,318
4001	980	91,988	0,005	91,983	91,984
9043	3049	84,854	0,005	84,849	84,851
9043	3051	44,451	0,003	44,448	44,449
9043	9044	80,417	0,005	80,412	80,414
9043	982	119,044	0,007	119,037	119,039
982	3051	74,941	0,004	74,937	74,938
982	9044	39,175	0,002	39,173	39,173

Tabulka 4: Matematické redukce měřených délek

b) Výpočet polygonového pořadu

- Úhlové vyrovnání

Ze souřadnic byly vypočteny směrníky z počátečního bodu č. 979 na orientaci č. 978 a z koncového bodu č. 982 na orientaci č. 983. Dále byl vypočten součet vrcholových úhlů. Směrník z koncového bodu č. 982 na orientaci č. 983 byl také vypočten z naměřených směrů podle vzorce:

$$\sigma'_{982,983} = \sigma_{979,978} + \Sigma\omega - i * 2R \quad (7.7)$$

kde:

$\Sigma\omega$ je součet vrcholových úhlů,

i je počet vrcholů polygonového pořadu,

R je v našem případě 100 gonů (v šedesátinné míře by to bylo 90°).

Ze směrníku vypočteného ze souřadnic a z naměřených úhlů byla vypočtena úhlová odchylka polygonového pořadu:

$$O_\omega = \sigma_{982,983} - \sigma'_{982,983} \quad (7.8)$$

Kritériem přesnosti úhlového vyrovnání je mezní úhlová odchylka:

$$\Delta\omega = \pm 200 * \sqrt{i + 1} \text{ [mgon]} \quad (7.9)$$

Úhlová odchylka O_ω byla rozdělena rovnoměrně k vrcholovým úhlům polygonového pořadu. Z vyrovnaných vrcholových úhlů byly vypočteny směrníky mezi jednotlivými body. [11]

- Souřadnicové vyrovnání

Byly vypočteny souřadnicové rozdíly z měřených veličin podle vzorce:

$$\Delta y'_{ij} = \sin(\sigma_{ij}) * d_{ij} \quad (7.10)$$

$$\Delta x'_{ij} = \cos(\sigma_{ij}) * d_{ij} \quad (7.11)$$

kde d_{ij} je vodorovná délka mezi vrcholy polygonového pořadu. Součet těchto souřadnicových rozdílů byl porovnán se souřadnicovými rozdíly počátečního a koncového bodu Δy_{pk} , Δx_{pk} . Odchylky souřadnic byly vypočteny jako rozdíl těchto dvou veličin:

$$O_y = \Delta y_{pk} - \Sigma \Delta y'_{ij} \quad (7.12)$$

$$O_x = \Delta x_{pk} - \Sigma \Delta x'_{ij} \quad (7.13)$$

Z nich byla následně vypočtena polohová souřadnicová odchylka:

$$O_p = \sqrt{O_y^2 + O_x^2} \quad (7.14)$$

Kritériem přesnosti souřadnicového vyrovnání je mezní souřadnicová odchylka:

$$\Delta p = \pm 0,01 * \sqrt{\Sigma d} + 0,15 \quad (7.15)$$

kde Σd je součet délek.

Opravy pro souřadnicové vyrovnání byly rozděleny úměrně k velikosti souřadnicových rozdílů v absolutní hodnotě podle vzorce:

$$\delta y_i = \frac{O_y}{\Sigma |\Delta y'_{ij}|} * |\Delta y'_{ij}| \quad (7.16)$$

$$\delta x_i = \frac{O_x}{\Sigma |\Delta x'_{ij}|} * |\Delta x'_{ij}| \quad (7.17)$$

Z vyrovnaných souřadnicových rozdílů byly vypočteny vyrovnané souřadnice vrcholů polygonového pořadu. Výčet odchylek je uveden v Tabulce 5 a výpočet souřadnic polygonového pořadu je uveden v Tabulce 6. [11]

Přesnost určení zajišťovacích značek oboustranně orientovaným a oboustranně připojeným polygonovým pořadem lze přibližně hodnotit maximální směrodatnou souřadnicovou odchylkou $\sigma_{X,YS}$, bodu uprostřed polygonového pořadu, která se vypočítá ze zjednodušených vztahů pro směrodatné odchylky v příčném (σ_{YS}) a podélném (σ_{XS}) směru.

$$\sigma_{YS} = \left(n * d * \frac{\sigma_\omega}{\rho} \right) * \sqrt{\frac{n}{192}} \quad (7.18)$$

$$\sigma_{XS} = \frac{\sigma_d}{2} * \sqrt{(n-1)} \quad (7.19)$$

$$\sigma_{X,YS} = \sqrt{(\sigma_{XS}^2 + \sigma_{YS}^2)/2} \quad (7.20)$$

kde:

n je počet vrcholů polygonového pořadu,

d je měřená délka,

σ_ω je směrodatná odchylka měřeného úhlu ω ,

σ_d je směrodatná odchylka měřené délky d . [14]

Úhlové vyrovnání	
Součet vrcholových úhlů	$\Sigma\omega = 1339,4179 \text{ gon}$
Koncový směrnik z naměřených úhlů	$\sigma_{982,983}^{\prime} = 176,3606 \text{ gon}$
Úhlová odchylka	$O\omega = - 8,9 \text{ mgon}$
Mezní úhlová odchylka	$\Delta\omega = \pm 56,6 \text{ mgon}$
Souřadnicové vyrovnání	
Souřadnicové rozdíly y z naměřených veličin	$\Delta y_{979,982}^{\prime} = -241,672 \text{ m}$
Souřadnicové rozdíly y ze souřadnic	$\Delta y_{979,982} = -241,672 \text{ m}$
Souřadnicová odchylka y	$Oy = 0 \text{ mm}$
Souřadnicové rozdíly x z naměřených veličin	$\Delta x_{979,982}^{\prime} = -937,024 \text{ m}$
Souřadnicové rozdíly x ze souřadnic	$\Delta x_{979,982} = -937,043 \text{ m}$
Souřadnicová odchylka x	$Ox = -19 \text{ mm}$
Polohová odchylka	$Op = 19 \text{ mm}$
Mezní polohová odchylka	$\Delta p = \pm 462 \text{ mm}$

Tabulka 5: Odchylky úhlového a souřadnicového vyrovnání polygonového pořadu

VÝPOČET SOUŘADNIC BODŮ POLYGONOVÝCH POŘADŮ								Str.:				
Číslo pořadu	Číslo bodu	Úhly a úhlové vyrovnání			Směrníky σ			Strany s	Souřadnice a souřadnicové vyrovnání			
		g	c	cc	g	c	cc		$ \sin \sigma $	$ \cos \sigma $	Y	X
		1+ sin σ + cos σ		1+ sin σ + cos σ		1+ sin σ + cos σ			1+ sin σ + cos σ		1+ sin σ + cos σ	
(1)	(2)	(3)			(4)			(5)	(6)	(7)	(8)	
	978											
										686 479,067	987 045,944	
	979	184	76	-13 98	36	94	27					
										686 341,795	986 836,557	
	3046	199	91	-13 06	221	71	12	119,975		0,000 -40,128	-0,002 -113,065	
										686 301,667	986 723,490	
	9037	195	69	-13 49	221	62	05	189,522		0,000 -63,134	-0,004 -178,697	
										686 238,533	986 544,789	
	9040	203	94	-13 28	217	31	41	206,102		0,000 -55,365	-0,004 -198,526	
										686 183,168	986 346,259	
	4001	191	29	-13 08	221	25	56	192,762		0,000 -63,171	-0,004 -182,117	
										686 119,997	986 164,138	
	9043	182	49	-12 70	212	54	51	148,822		0,000 -29,137	-0,003 -145,941	
										686 090,860	986 018,194	
	982	181	31	-12 20	195	04	09	119,039		0,000 9,263	-0,002 -118,678	
										686 100,123	985 899,514	
	983				176	35	17					
										686 167,920	985 725,475	

Tabulka 6: Výpočet a vyrovnání souřadnic polygonového pořadu

c) Výpočet polární metody (rajónu)

Zajišťovací značky, které nebyly zaměřeny přímo polygonovým pořadem, byly zaměřeny polární metodou z vrcholů polygonového pořadu. Při výpočtu jejich souřadnic byla orientace provedena na sousední body polygonového pořadu, případně na další body železničního bodového pole zaměřené rajónem (viz Tabulka 7 až Tabulka 13),

Směrodatná souřadnicová odchylka zajišťovací značky měřené polární metodou (vliv měřených veličin) se vypočítá ze vztahu:

$$\sigma_{X,YP} = \sqrt{\left[\left(\frac{1}{2}\right) * \left(\sigma_d^2 + d_{AP}^2 * \frac{\sigma_\omega^2}{\rho^2}\right)\right]} \quad (7.21)$$

kde:

- d_{AP} je měřená délka,
- σ_d je směrodatná odchylka měření délky d ,
- σ_ω je směrodatná odchylka měření úhlu ω . [14]

V tabulkách jsou červeně vyznačené odchylky měřených veličin od veličin vypočtených ze souřadnic.

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
979	ST				686341,795	986836,557
978	O	0,0000	-0,0007 36.9427	-0,004 250,377	686479,067	987045,944
3046	O	184,7698	0,0007 221,7111	0,002 119,975	686301,667	986723,490
3075	ZZ	182,7620	219,7047	50,105	686326,533	986788,833

Tabulka 7: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 979

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
3046	ST				686301,667	986723,490
979	O	0,0000	-0,0009 21,7111	0,002 119,975	686341,795	986836,557
9037	O	199,9106	0,0009 221,6200	0,004 189,522	686238,533	986544,789
3075	ZZ	1,4398	23,1500	69,908	686326,532	986788,827
3047	ZZ	198,4225	220,1327	50,594	686285,932	986675,405
9036	ZZ	197,9675	219,6777	120,283	686265,077	986608,907

Tabulka 8: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 3046

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
9037	ST				686238,533	986544,789
3046	O	0,0000	-0,0010 21,6200	0,004 189,522	686301,667	986723,490
9040	O	195,6949	0,0000 217,3138	0,003 206,102	686183,168	986346,259
3470	O	194,6796	-0,0024 216,3010	0,014 135,349	686204,250	986413,839
3472	O	397,7394	0,0034 19,3550	0,002 121,295	686274,845	986660,523
9039	ZZ	194,6028	216,2218	137,491	686203,877	986411,737
9038	ZZ	191,5480	213,1670	68,984	686224,367	986477,275
9036	ZZ	3,3647	24,9887	69,385	686265,069	986608,899
3047	ZZ	0,5403	22,1593	138,943	686285,925	986675,400

Tabulka 9: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 9037

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
9040	ST				686183,168	986346,259
9037	O	0,0000	-0,0056 17,3138	0,003 206,102	686238,533	986544,789
4001	O	203,9428	-0,0042 221,2553	0,004 192,762	686119,997	986164,839
3470	O	1,9523	0,0098 19,2507	0,003 70,789	686204,250	986413,839
3077	ZZ	202,1601	219,4683	68,950	686162,410	986280,508
9039	ZZ	2,1819	19,4901	68,665	686203,863	986411,731

Tabulka 10: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 9040

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
4001	ST				686119,997	986164,839
9040	O	0,0000	-0,0005 21,2553	0,004 192,762	686183,168	986346,259
9043	O	191,2908	0,0008 212,5449	0,002 148,822	686090,860	986018,194
981	O	195,7076	-0,0077 216,9701	0,009 95,318	686094,886	986072,178
980	O	1,6975	0,0074 22,9449	0,001 91,984	686152,437	986250,213
9041	ZZ	3,3235	24,5783	71,462	686146,906	986230,340
9042	ZZ	194,3961	215,9624	104,830	686094,484	986062,460
3049	ZZ	189,6461	210,9009	63,997	686109,092	986101,077
3048	ZZ	39,0021	60,2559	9,353	686127,586	986169,605

Tabulka 11: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 4001

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
9043	ST				686090,860	986018,194
4001	O	0,0000	-0,0003 12,5449	0,002 148,822	686119,997	986164,839
982	O	182,4970	0,0003 195,0412	0,002 119,039	686100,123	985899,514
3049	ZZ	1,2394	13,7840	84,851	686109,089	986101,064
3051	ZZ	176,1866	188,7312	44,449	686098,687	985974,440
9044	ZZ	178,2423	190,7869	80,414	686102,457	985938,621

Tabulka 12: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 9043

Číslo bodu	Typ bodu	Směr [gon]	Směrník [gon]	Délka [m]	Y [m]	X [m]
982	ST				686100,123	985899,514
9043	O	0,0000	-0,0007 395,0412	0,002 119,039	686090,860	986018,194
983	O	181,3120	0,0007 176,3517	-0,006 186,784	686167,920	985725,475
3051	ZZ	3,7406	398,7811	74,938	686098,688	985974,438
9044	ZZ	8,7570	3,7975	39,173	686102,458	985938,617

Tabulka 13: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 982

8.2 Výškové měření

Výšky zajišťovacích značek byly určeny technickou a přesnou nivelací. K vlastnímu měření byla použita přesná nivelace. Měření technické nivelace provedla firma Pragma s.r.o., je tedy převzaté a je prezentováno ve výsledcích této práce (viz kapitola č. 8 Výsledky).

8.2.1 Přesná nivelace (PN)

Měření přesné nivelace proběhlo ve dnech 28. 6. 2016 a 13. 8. 2016

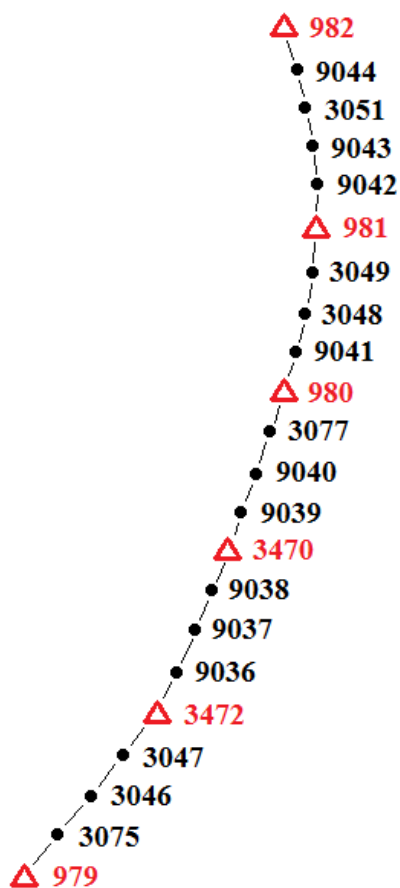
Pomůcky:

- Niveláčnický přístroj KONI 007
- Dvoustupnicová invarová lať pro přesnou nivelaci 3m (konstanta latě 60650)
- Stativ
- Pásmo

Postup měření:

- Pro měření přesné nivelace bylo použito metody geometrické nivelace ze středu.
- Niveláčnické sestavy byly v terénu voleny tak, aby při měření zpět i vpřed byly zajišťovací značky přímo přestavovými body, takže nebylo zapotřebí využití niveláčnické podložky.
- V každé sestavě byla nejdříve změřena vzdálenost mezi zajišťovacími značkami a do poloviny této vzdálenosti byl postaven stativ s přístrojem.
- Přístroj byl pečlivě urovnán do vodorovné polohy pomocí krabicové libely.
- Byla změřena záměra vzad.
- Ihned po přečtení hodnoty na I. a II. stupnici byl vypočtený rozdíl mezi stupnicemi porovnán s konstantou latě.
- Byla změřena záměra vpřed.
- Stejně jako u záměry vzad byla přečtena hodnota na I. a II. stupnici, byl vypočten rozdíl mezi stupnicemi a hodnota byla porovnána s konstantou latě.

- Analogický postup byl zvolen při měření všech sestav v nivelačním pořadu.
- Měření z bodu č. 979 do bodu č. 982 (viz Obrázek 20) bylo měřeno dne 28. 6. 2016.
- Tento pořad byl rozdělen celkem na 5 nivelačních oddílů, které vždy začínaly i končily na bodě železničního bodového pole.
- Měření zpět, tedy z bodu č. 982 na bod č. 979 bylo měřeno dne 13. 8. 2016.
- Rozdělení do nivelačních oddílů bylo stejné jako u prvního měření.



Obrázek 22: Průběh přesné nivelace

Zpracování

První zpracování a kontrola nivelačního zápisníku byla provedena už v terénu, kde proběhla kontrola konstanty nivelační latě mezi I. a II. stupnicí (viz odst. Postup měření). Dosažené rozdíly v žádném případě nepřekročily maximální dopustnou odchylku v záměře 1 mm. Po zaměření záměr vzad i vpřed byly rozdíly hodnot od konstanty latě v obou směrech sečteny a porovnány s maximální dopustnou odchylkou v sestavě 1,5 mm. I tato podmínka byla při měření v obou směrech dodržena.

Byla vypočtena měřená převýšení mezi jednotlivými body oddílu podle vzorce:

$$h_i = \frac{[(z_1 - p_1) + (z_2 - p_2)]}{2} \quad (7.22)$$

kde z_1 a z_2 jsou čtení vzad na I. a II. stupnici a p_1 a p_2 jsou čtení vpřed na I. a II. stupnici. Byl nejdříve vypočten průměr rozdílu I. a II. stupnic a ten byl následně vydělen dvěma kvůli půlcentimetrovému dělení stupnic latě. Tato převýšení byla do výpočetních tabulek (viz. Tabulka 14 až Tabulka 18) zapsána do třetího, resp. čtvrtého sloupce. Analogicky bylo vypočteno převýšení celého nivelačního oddílu:

$$h_{AB} = \frac{[(\Sigma z_1 - \Sigma p_1) + (\Sigma z_2 - \Sigma p_2)]}{2} \quad (7.23)$$

Byly vypočteny rozdíly měřených převýšení tam a zpět mezi jednotlivými body a rozdíl měřených převýšení v celém nivelačním oddílu ρ . Ten byl porovnán s mezní odchylkou mezi nivelovaným převýšením tam a zpět Δ^1 . Ta se určí ze vzorce:

$$\Delta^1 = 5 * \sqrt{R} \text{ [mm]} \quad (7.24)$$

kde R je délka nivelačního oddílu v kilometrech.

Následně byly vypočteny průměry měřených převýšení mezi jednotlivými body h_i^\emptyset a průměr měřeného převýšení v nivelačním oddílu h_{AB}^\emptyset . Rozdíl průměru měřeného převýšení v nivelačním oddílu h_{AB}^\emptyset a daného převýšení H_{AB} :

$$\delta = H_{AB} - h_{AB}^\emptyset \quad (7.25)$$

byl porovnán s mezní odchylkou, která se určí ze vzorce:

$$\Delta^2 = 2 + 5 * \sqrt{R} \text{ [mm]} \quad (7.26)$$

kde R je délka nivelačního oddílu v kilometrech.

Mezní odchylka byla dodržena a byly vypočteny opravy převýšení mezi jednotlivými body:

$$O_i = \frac{\delta}{R} * R_i \quad (7.27)$$

Po připočtení oprav k průměrným převýšením byla vypočtena vyrovnaná převýšení, z nějž byly určeny výšky jednotlivých bodů:

$$H_{i+1} = H_i + h_{i,i+1}^{\phi} + O_i \quad (7.28)$$

Charakteristikou přesnosti nivelací je střední odchylka dvakrát nivelovaného převýšení m_0 . Ta se vypočítá ze vztahu:

$$m_0 = \frac{m'_0}{\sqrt{2}} \quad (7.29)$$

kde m_0 je střední odchylka jedenkrát nivelovaného převýšení, která se vypočítá ze vztahu:

$$m'_0 = \pm \frac{1}{2} * \sqrt{\frac{1}{n_R} * \sum \frac{\rho_i^2}{R_i}} \quad (7.30)$$

kde:

n_R je počet oddílů,

ρ_i jsou rozdíly převýšení v oddílech,

R_i je délka oddílů. [12]

Niv. oddíl	R [m]	Měřená převýšení [m]		ρ mm	Průměr měřených převýšení [m]	Opravy O_i [mm]	Vyrovnaná převýšení	Nadmořské výšky
		TAM	ZPĚT					
979-3075	50	0,9880	-0,9843	3,7	0,9862	0,3	0,9865	979 - 366,436
3075-3046	70	0,7723	-0,7725	-0,2	0,7724	0,5	0,7729	3075 - 367,4225
3046-3047	52	0,5258	-0,5248	1	0,5253	0,3	0,5256	3046 - 368,1954
3047- 3472	18	0,0887	-0,0932	-4,5	0,0909	0,1	0,0910	3047 - 368,7210
190		2,3748	-2,3748	0	2,3748	1,2	2,376	3472 - 368,812
		$\Delta^1 = 2,2 \text{ mm}$			$\Delta^2 = 4,2 \text{ mm}$			

Tabulka 14: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 979 a č. 3472

Niv. oddíl	R [m]	Měřená převýšení [m]		ρ mm	Průměr měřených převýšení [m]	Opravy o_i [mm]	Vyrovnaná převýšení	Nadmořské výšky
		TAM	ZPĚT					
3472-9036	52	0,7174	-0,7159	1,5	0,7166	0,7	0,7173	3472 - 368,812
9036-9037	70	0,6992	-0,6997	-0,5	0,6995	1	0,7005	9036 - 369,5293
9037-9038	70	0,8354	-0,8359	-0,5	0,8357	1	0,8367	9037 - 370,2298
9038- 3470	68	0,1307	-0,1305	0,2	0,1306	0,9	0,1315	9038 - 371,0665
	260	2,3827	2,382	0,7	2,3824	3,6	2,386	3470 - 371,198
				$\Delta^1 = 2,6 \text{ mm}$	$\Delta^2 = 4,6 \text{ mm}$			

Tabulka 15: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 3472 a č. 3470

Niv. oddíl	R [m]	Měřená převýšení [m]		ρ mm	Průměr měřených převýšení [m]	Opravy o_i [mm]	Vyrovnaná převýšení	Nadmořské výšky
		TAM	ZPĚT					
3470-9039	10	0,6044	-0,6041	0,3	0,6042	-0,1	0,6041	3470 - 371,198
9039-9040	70	0,7271	-0,7264	0,7	0,7268	-0,3	0,7265	9039 - 371,8021
9040-3077	70	0,6009	-0,6004	0,5	0,6007	-0,3	0,6004	9040 - 372,5286
3077- 980	32	-0,2008	0,2010	0,2	-0,2009	-0,1	-0,2010	3077 - 373,1290
	182	1,7316	-1,7299	1,7	1,7308	-0,8	1,73	980 - 372,928
				$\Delta^1 = 2,1 \text{ mm}$	$\Delta^2 = 4,1 \text{ mm}$			

Tabulka 16: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 3470 a č. 980

Niv. oddíl	R [m]	Měřená převýšení [m]		ρ mm	Průměr měřených převýšení [m]	Opravy o_i [mm]	Vyrovnaná převýšení	Nadmořské výšky
		TAM	ZPĚT					
980-9041	20	0,1429	-0,1441	-1,2	0,1435	0,2	0,1437	980 - 372,928
9041-3048	64	-0,1019	0,1004	-1,5	-0,1012	0,4	-0,1008	9041 - 373,0717
3048-3049	70	0,2074	-0,2082	-0,8	0,2078	0,5	0,2083	3048 - 372,9709
3049- 981	34	-0,4777	0,4794	1,7	-0,4785	0,3	-0,4782	3049 - 373,1792
	188	-0,2293	0,2275	-1,8	-0,2284	1,4	-0,227	981 - 372,701
				$\Delta^1 = 2,2 \text{ mm}$	$\Delta^2 = 4,2 \text{ mm}$			

Tabulka 17: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 980 a č. 981

Niv. oddíl	R [m]	Měřená převýšení [m]		ρ mm	Průměr měřených převýšení [m]	Opravy o_i [mm]	Vyrovnaná převýšení	Nadmořské výšky
		TAM	ZPĚT					
981-9042	10	0,8182	-0,8184	-0,2	0,8183	-0,2	0,8181	981 – 372,701
9042-9043	44	-0,0429	0,0470	4,1	-0,0450	-0,5	-0,0455	9042 - 373,5191
9043-3051	44	-0,0288	0,0240	-4,8	-0,0264	-0,5	-0,0269	9043 - 373,4736
3051-9044	38	-0,0028	0,0049	2,1	-0,0038	-0,4	-0,0042	3051 - 373,4467
9044- 982	38	-0,1661	0,1641	-2	-0,1651	-0,4	-0,1655	9044 - 373,4425
	174	0,5776	-0,5784	-0,8	0,578	-2	0,576	982 - 373,277
			$\Delta^1 = 2,08$ mm		$\Delta^2 = 4,1$ mm			

Tabulka 18: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 981 a č. 982

9 Výsledky

9.1 Polohová měření

9.1.1 Metoda volných stanovisek

Označení bodu	Definiční staničení [km]	Vzdálenost mezi body [m]	Y [m]	X [m]
3075	136,101921		686326,525	986788,832
3046	136,172083	70,162	686301,654	986723,492
3047	136,222765	50,682	686285,921	986675,406
9036	136,292460	69,696	686265,059	986608,906
9037	136,361578	69,117	686238,516	986544,789
9038	136,430241	68,664	686224,345	986477,277
9039	136,498912	68,671	686203,851	986411,735
9040	136,567581	68,669	686183,148	986346,261
3077	136.636527	68,945	686162.404	986280.510
9041	136.689035	52.509	686146.907	986230.340
3048	136.752767	63.731	686127.574	986169.611
3049	136.824061	71.294	686109.079	986101.072
9042	136.864665	40.605	686094.472	986062.457
9043	136.908749	44.084	686090.858	986018.192
3051	136.952601	43.852	686098.682	985974.437
9044	136.988929	36.328	686102.451	985938.618

Tabulka 19: Souřadnice X a Y zajišťovacích značek měřených metodou volných stanovisek

9.1.2 Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad

Označení bodu	Způsob výpočtu	Y [m]	X [m]
3075	rajón	686326,532	986788,830
3046	PP	686301,667	986723,490
3047	rajón	686285,928	986675,402
9036	rajón	686265,073	986608,903
9037	PP	686238,533	986544,789
9038	rajón	686224,367	986477,275
9039	rajón	686203,870	986411,734
9040	PP	686183,168	986346,259
3077	rajón	686162.410	986280.508
9041	rajón	686146.906	986230.340
3048	rajón	686127.586	986169.605
3049	rajón	686109.090	986101.070
9042	rajón	686094,484	986062.460
9043	PP	686090.860	986018.194
3051	rajón	686098.688	985974.439
9044	rajón	686102.458	985938.619

Tabulka 20: Souřadnice X a Y zajišťovacích značek měřených polygonovým pořadem

9.1.3 Porovnání metod pro určení polohy

Označení bodu	Metoda volných stanovisek	Polygonový pořad	Rozdíl [mm]	Metoda volných stanovisek	Polygonový pořad	Rozdíl [mm]
	Y [m]	Y [m]		X [m]	X [m]	
3075	686326,525	686326,532	-7	986788,832	986788,830	2
3046	686301,654	686301,667	-13	986723,492	986723,490	2
3047	686285,921	686285,928	-7	986675,406	986675,402	4
9036	686265,059	686265,073	-14	986608,906	986608,903	3
9037	686238,516	686238,533	-17	986544,789	986544,789	0
9038	686224,345	686224,367	-22	986477,277	986477,275	2
9039	686203,851	686203,870	-19	986411,735	986411,734	1
9040	686183,148	686183,168	-20	986346,261	986346,259	2
3077	686162,404	686162,410	-6	986280,510	986280,508	2
9041	686146,907	686146,906	1	986230,340	986230,340	0
3048	686127,574	686127,586	-12	986169,611	986169,605	6
3049	686109,079	686109,090	-11	986101,072	986101,070	2
9042	686094,472	686094,484	-12	986062,457	986062,460	-3
9043	686090,858	686090,860	-2	986018,192	986018,194	-2
3051	686098,682	686098,688	-6	985974,437	985974,439	-2
9044	686102,451	686102,458	-7	985938,618	985938,619	-1
Průměrný rozdíl Y [mm]		11		Průměrný rozdíl X [mm]		2,1

Tabulka 21: Porovnání souřadnic X a Y měřené metodou volných stanovisek a polygonového pořadu

Výsledky z měření metody volných stanovisek jsou převzaté z výpočtů firmy Pragema s.r.o. Toto měření bylo firmou zpracováno v programu Groma v. 8 a vyrovnáno jako 2D vázaná síť na body železničního bodového pole (ŽBP) v programu GNU gama-local v 1.7.09. Z tohoto vyrovnání plyne, že maximální směrodatná souřadnicová odchylka zajišťovacích značek, které byly měřeny i metodou polygonového pořadu, činí 4,5 mm.

Měření oboustranně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu bylo vyrovnáno přibližným úhlovým a souřadnicovým vyrovnáním, úměrně velikosti souřadnicových rozdílů. Ze vzorců (7.18 až 7.20) byla vypočtena maximální střední polohová chyba zajišťovacích značek

zaměřených oboustranně připojeným a oboustranně orientovaným polygonovým pořadem, která činí 2,5 mm.

Podle Pokynu č. 2 k zaměřování zajišťovacích značek ^[2] nesmí maximální střední polohová chyba překročit 17 mm. Obě metody pro měření polohy zajišťovacích značek, tedy metoda volných stanovisek a metoda oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu, vyhovují podmínkám zadavatele.

Historickým vývojem bodového pole na železnici, kdy se velmi často body určovaly pomocí vetknutých polygonových pořadů, došlo především ve středech původních vetknutých polygonových pořadů k odchylkám oproti S-JTSK. Vzhledem k tomuto je vhodné volit takové metody měření, které tyto nedostatky co nejvíce eliminují, tedy vázanou síť, vzájemně propojující volná stanoviska, případně samostatná volná stanoviska, která lépe navazují na železniční bodové pole.

Polygonový pořad je vázaný na body železničního bodového pole na obou svých koncích, ale nerespektuje body ŽBP mezi počátečním a koncovým bodem. Z tohoto důvodu dochází při porovnání vypočtených souřadnic hodnocenými metodami k poměrně značným rozdílům. Přitom rozdíly v souřadnicích Y jsou v naprosto převážné většině případů záporné a o řád větší než rozdíly v souřadnici X. Železniční trať v hodnoceném úseku směřuje zhruba na SSV. Polygonový pořad běží ve stejném směru, tedy na X souřadnici by mělo mít větší vliv měření délek, na Y souřadnici naopak měření úhlů! Rozdíly stejného znaménka (zde záporné) signalizují systematický posun v příčném směru, což koresponduje s výše uvedenou úvahou o chybách v ŽBP. Pro plynulost železniční trati jsou rozhodující rozdíly sousedních bodů, které v Y souřadnicích vykazují mnohem příznivější hodnoty.

9.2 Výšková měření

9.2.1 Technická nivelace (TN)

Číslo bodu		Délka oddílu [m]	Převýšení TAM [m]	Převýšení ZPĚT [m]	Rozdíl [mm]
počáteční	koncové				
979	3472	188	2,376	-2,373	3
3472	3470	257	2,380	-2,373	-3
3470	980	172	1,736	-1,734	2
980	981	187	-0,231	0,227	-4
981	982	173	0,578	0,575	3

Tabulka 22: Porovnání převýšení tam a zpět technické nivelace

Číslo bodu	Výška TAM [m]	Výška ZPĚT [m]	Rozdíl	Průměr
3075	367,425	367,427	-2	367,426
3046	368,197	368,197	0	368,197
3047	368,725	368,725	0	368,725
9036	369,532	369,531	1	369,531
9037	370,231	370,230	1	370,231
9038	371,067	371,065	2	371,066
9039	371,803	371,803	0	371,803
9040	372,528	372,529	-1	372,529
3077	373,129	373,130	-1	373,130
9041	373,072	373,072	0	373,072
3048	372,972	372,972	0	372,972
3049	373,178	371,178	0	371,178
9042	373,516	373,517	-1	373,517
9043	373,477	373,478	-1	373,478
3051	373,443	373,445	-2	373,444
9044	373,437	373,438	-1	373,437

Tabulka 23: Průměr a porovnání výšek tam a zpět technické nivelace

9.2.2 Přesná nivelace (PN)

Číslo bodu		Délka oddílu [m]	Převýšení TAM [m]	Převýšení ZPĚT [m]	Rozdíl [mm]
počáteční	koncové				
979	3472	190	2,3748	-2,3748	0
3472	3470	260	0,1307	-0,1305	0,2
3470	980	182	1,7316	-1,7299	1,7
980	981	188	-0,2293	0,2275	-1,8
981	982	174	0,5776	-0,5784	-0,8

Tabulka 24: Porovnání převýšení tam a zpět přesné nivelace

Číslo bodu	Vyrovnaná výška [m]
3075	367,4225
3046	368,1954
3047	368,7210
9036	369,5293
9037	370,2298
9038	371,0665
9039	371,8021
9040	372,5286
3077	373,1290
9041	373,0717
3048	372,9709
3049	373,1792
9042	373,5191
9043	373,4736
3051	373,4467
9044	373,4425

Tabulka 25: Vyrovnané výšky bodů měřené přesnou nivelací

9.2.3 Porovnání metod pro určení výšek

Číslo bodu	Výška bodu z technická nivelace [m]	Výška bodu z přesná nivelace [m]	Rozdíl PN - TN [mm]
3075	367,426	367,4225	-3,5
3046	368,197	368,1954	-1,6
3047	368,725	368,7210	-4
9036	369,531	369,5293	-1,7
9037	370,231	370,2298	-1,2
9038	371,066	371,0665	0,5
9039	371,803	371,8021	-0,9
9040	372,529	372,5286	-0,4
3077	373,130	373,1290	-1
9041	373,072	373,0717	-0,3
3048	372,972	372,9709	-1,1
3049	371,178	373,1792	1,2
9042	373,517	373,5191	2,1
9043	373,478	373,4736	-4,4
3051	373,444	373,4467	2,7
9044	373,437	373,4425	5,5
Průměrný rozdíl			2

Tabulka 26: Porovnání výšek měřených a vypočtených technickou a přesnou nivelací

Pro měření výšek byly zadavatelem stanoveny podmínky, že maximální rozdíl dvakrát měřeného převýšení mezi jednotlivými body nesmí překročit hodnotu 5 mm a maximální rozdíl dvakrát měřeného převýšení jednoho oddílu nesmí překročit hodnotu 10 mm. Obě metody pro určení výšek zajišťovacích značek, technická i přesná nivelace, tyto podmínky splňují.

Rozdíly výšek mezi PN a TN však vykazují v jednotlivých úsecích zjevný systematický vliv, co do velikosti i znaménka. Hrubá chyba či omyl v určení výšek ZZ nebyl prokázán.

10 Závěr

Účelem této bakalářské práce bylo nezávisle zjistit prostorovou polohu zajišťovacích značek železniční tratě Turnov - Liberec v úseku Sychrov - Hodkovice nad Mohelkou a následně porovnat výsledky s výsledky dosaženými firmou Pragema s.r.o.

Předmětem práce bylo zaměřit zajišťovací značky, přibližně v délce 1 km tratě, polohově oboustranně orientovaným a oboustranně připojeným polygonovým pořadem a výškově přesnou nivelací.

Hlavním cílem práce bylo porovnat výsledky vlastního měření s výsledky měření firmy, konkrétně s metodou volných stanovisek pro určení polohy a s technickou nivelací pro určení výšky, a následně zhodnotit, zda metody zvolené pro účely této práce vyhovují podmínkám zadavatele projektu.

Jak již bylo uvedeno v kap. 9.1.3, maximální směrodatná souřadnicová odchylka zajišťovacích značek, určených metodou volných stanovisek, v hodnoceném úseku, činí 4,5 mm. Maximální směrodatná souřadnicová odchylka zajišťovacích značek uprostřed polygonového pořadu, zaměřených oboustranně připojeným a oboustranně orientovaným polygonovým pořadem, činí 2,5 mm. Jedná se ovšem o přibližnou hodnotu, navíc nezahrnující vliv podkladu, který v tomto konkrétním případě má zjevně rozhodující vliv při hodnocení dosažených rozdílů mezi porovnávanými metodami. Pro plynulost železniční trati je ovšem rozhodující přesnost souřadnicových rozdílů mezi sousedními body, která v Y souřadnicích (příčný směr) vykazuje mnohem příznivější hodnoty.

Podle Pokynu č. 2 k zaměřování zajišťovacích značek ^[2] nesmí maximální směrodatná souřadnicová odchylka překročit 17 mm. Obě metody pro měření polohy zajišťovacích značek, tedy metoda volných stanovisek i metoda oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu, vyhovují podmínkám zadavatele. Vzhledem k historickým podmínkám vývoje železničního bodového pole (viz kap. 9.1.3) se jeví jako vhodnější metody měření vázaná síť, případně jednodušší volná stanoviška.

Rozdíly výšek mezi PN a TN vykazují v jednotlivých úsecích zjevný systematický vliv, co do velikosti i znaménka, hrubá chyba či omyl v určení výšek ZZ však nebyl prokázán. Je tedy možno konstatovat, že kontrolní zaměření výšek zajišťovacích značek prokázalo vhodnost technické nivelace pro tento účel.

Touto bakalářskou prací bych rád vyjádřil svůj obdiv k železniční dopravě. Jak z hlediska historie, tak z hlediska vývoje a moderních technologií. Zároveň mám obavu ze vzrůstajícího využívání kamionové dopravy a silniční dopravy vůbec. Výstavby silnic a dálnic výrazně zasahují a ničí ovzduší i přírodu všude kolem nás. Naopak železnice je k přírodě šetrnější a výstavby zasahují, oproti silniční dopravě, do zeleně minimálně.

Návrat dopravy ze silnic opět na koleje bych vůbec nepovažoval za krok zpět, naopak. Byl by to krok vpřed. Ačkoli v dnešní uspěchané době to zřejmě není možné.

Seznam zdrojů

- [1] Trať 030 Jaroměř - Liberec v úseku Turnov - Liberec. *Správa železniční dopravní cesty* [online]. SŽDC, 2015 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/modernizace-drahy/prehled-staveb/op-doprava/turnov-liberec.html>
- [2] *S3, díl III: Železniční svršek, Zajištění prostorové polohy koleje ve znění změn č. 1 a 2*. Praha: SŽDC, 2014.
- [3] TRAŤ 030 - JAROMĚŘ - STARÁ PAKA - ŽELEZNÝ BROD - TURNOV - LIBEREC. *Vlakregion Jičín* [online]. Jičín: Lukáš Prýmek a Jaroslav Runčík, 2006 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.vlakregion.cz/trate/030/030.htm>
- [4] *Pragma* [online]. Praha, 2009 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.pragema.cz/pragma.html>
- [5] Zákon č. 200/1994 Sb. o zeměměřictví, v platném znění
- [6] KLIMEŠ, Ferdinand. *Železniční stavitelství*. 2. přepr. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1978.
- [7] KÁDNER, Slavoj. *Železniční geodézie a kartografie: směrové a výškové poměry koleje*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986.
- [8] ČSN 73 0420-2. Přesnost vytyčování staveb – část 2: Vytyčování odchylky. - 2002-07-01.
- [9] *M21: Předpis pro staničení železničních tratí*. Praha: ČD, 2000.
- [10] Vyhláška č. 31/1995 Sb., Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.
- [11] RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02198-X.
- [12] BLAŽEK, Radim a SKOŘEPA, Zdeněk. *Geodezie 3. 2.*, přepr. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03100-4.
- [13] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [14] Novák, Zdeněk a Procházka, Jaromír. *Inženýrská geodézie 10*. Praha: ČVUT v Praze, 2006. ISBN 80-01-02407-5.
- [15] Datasheet: Trimble S3. *Trimble.com* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-536045/022543-492C-CZE_TrimbleS3_DS_0613_LR.pdf

[16] *Trimble.com* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z:
<http://www.trimble.com/Survey/trimbles3.aspx>

[17] Leica Flexline TS02, TS06 a TS09. *Gefos-Leica* [online]. [cit. 2017-05-07].
Dostupné z: http://www.gefos-leica.cz/public/img/produkty_leica/mailling/flexline.pdf

[18] *Leica-geosystems.us* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z:
http://store.leica-geosystems.us/media/catalog/product/cache/1/image/650x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/L/e/Leica_FlexLineTS06.jpg

Seznam příloh

<i>Zápisníky z měření</i>	<i>66</i>
<i>Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad</i>	<i>66</i>
<i>Technická nivelace</i>	<i>68</i>
<i>Přesná nivelace</i>	<i>70</i>
<i>Obrazový průběh měřeného úseku trati</i>	<i>75</i>

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Železniční trať č. 030</i>	13
<i>Obrázek 2: Trhání roštu v Hodkovicích nad Mohelkou.....</i>	15
<i>Obrázek 3: Osazení sloupkové ZZ vzhledem k ose koleje</i>	18
<i>Obrázek 4: Sloupkový typ značky.....</i>	19
<i>Obrázek 5: Sloupkový typ značky - železobetonový sloupek.....</i>	19
<i>Obrázek 6: Konzolová značka na zajišťovacím kovovém sloupku.....</i>	20
<i>Obrázek 7: Konzolová značka.....</i>	21
<i>Obrázek 8: Konzolová značka.....</i>	21
<i>Obrázek 9: Hřbová značka - vrtule</i>	22
<i>Obrázek 10: Hřbová značka.....</i>	22
<i>Obrázek 11: Hřbová litinová značka.....</i>	23
<i>Obrázek 12: Štítek s popisem základních parametrů zajištění koleje u konzolové a hřbové značky.....</i>	25
<i>Obrázek 13: Zajišťovací značka na stožáru TV</i>	26
<i>Obrázek 14: Zajišťovací značka mimo stožár, za TV číslo 154 (vpravo), pro 2.kolej.....</i>	26
<i>Obrázek 15: Zajišťovací značka, do které byl umístěn bod skoku</i>	26
<i>Obrázek 16: Zajišťovací značka umístěná do úseku nadměrné délky.....</i>	26
<i>Obrázek 17: Znázornění měřeného úseku na podkladu Mapy.cz</i>	27
<i>Obrázek 18: Trimble S3</i>	32
<i>Obrázek 19: Leica TS 06</i>	32
<i>Obrázek 20: Průběh polygonového pořadu</i>	34
<i>Obrázek 21: Redukce délky do nulového horizontu.....</i>	36
<i>Obrázek 22: Průběh přesné nivelace</i>	46

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Seznam stanic a zastávek na trati č. 030</i>	14
<i>Tabulka 2: Seznam charakteristických bodů koleje</i>	24
<i>Tabulka 3: Seznam souřadnic použitých bodů železničního bodového pole</i>	35
<i>Tabulka 4: Matematické redukce měřených délek</i>	37
<i>Tabulka 5: Odchytky úhlového a souřadnicového vyrovnání polygonového pořadu</i> ..	40
<i>Tabulka 6: Výpočet a vyrovnání souřadnic polygonového pořadu</i>	41
<i>Tabulka 7: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 979</i>	42
<i>Tabulka 8: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 3046</i>	42
<i>Tabulka 9: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 9037</i>	43
<i>Tabulka 10: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 9040</i>	43
<i>Tabulka 11: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 4001</i>	44
<i>Tabulka 12: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 9043</i>	44
<i>Tabulka 13: Výpočet souřadnic zajišťovacích značek z bodu 982</i>	44
<i>Tabulka 14: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 979 a č. 3472</i>	48
<i>Tabulka 15: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 3472 a č. 3470</i>	49
<i>Tabulka 16: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 3470 a č. 980</i>	49
<i>Tabulka 17: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 980 a č. 981</i>	49
<i>Tabulka 18: Vyrovnání a výpočet podrobných bodů mezi body č. 981 a č. 982</i>	50
<i>Tabulka 19: Souřadnice X a Y zajišťovacích značek měřených metodou volných stanovisek</i>	51
<i>Tabulka 20: Souřadnice X a Y zajišťovacích značek měřených polygonovým pořadem</i>	52
<i>Tabulka 21: Porovnání souřadnic X a Y měřené metodou volných stanovisek a polygonového pořadu</i>	53
<i>Tabulka 22: Porovnání převýšení tam a zpět technické nivelace</i>	55
<i>Tabulka 23: Průměr a porovnání výšek tam a zpět technické nivelace</i>	55
<i>Tabulka 24: Porovnání převýšení tam a zpět přesné nivelace</i>	56
<i>Tabulka 25: Vyrovnané výšky bodů měřené přesnou nivelací</i>	56
<i>Tabulka 26: Porovnání výšek měřených a vypočtených technickou a přesnou nivelací</i>	57

Přílohy

Zápisníky z měření

Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad

SEZNAM MĚŘENÍ						
Číslo bodu	H _Z	Z	Vod. délka	Převýšení:	Signál:	Popis
979					1,66	
978	185,2466	100,5735	250,377		1,58	
2	370,0139	99,4090	119,978		1,58	
2	170,0159	300,5888	119,978		1,58	
978	385,2476	299,4267	250,377		1,58	
1	368,0091	100,3669	50,107		1,58	
978	100,0460	100,5728	250,377		1,58	
2	284,8178	99,4091	119,978		1,58	
2	84,8256	300,5899	119,978		1,58	
978	300,0541	299,4259	250,377		1,58	
2					1,66	
979	399,9637	100,5945	119,981		1,58	
5	199,8725	99,2415	189,530		1,58	
5	399,8745	300,7594	189,529		1,58	
979	199,9662	299,4045	119,981		1,58	
979	100,0472	100,5941	119,981		1,58	
5	299,9600	99,2434	189,530		1,58	
5	99,9636	300,7552	189,530		1,58	
979	300,0510	299,4059	119,981		1,58	
1	101,4889	101,0051	69,911		1,58	
3	298,4716	100,1310	50,596		1,58	
3472	303,9614	99,7345	68,436		1,58	
4	298,0166	99,4712	120,288		1,58	
5					1,66	
2	4,5121	100,7654	189,531		1,58	
8	200,2100	99,3559	206,109		1,58	
8	0,2130	300,6429	206,109		1,58	
2	204,5181	299,2347	189,530		1,58	
7	199,1179	99,5365	137,497		1,58	
3470	199,1947	99,5345	135,355		1,58	
6	196,0631	99,7538	68,987		1,58	
4	7,8798	101,1612	69,388		1,58	
3472	2,2545	101,0411	121,300		1,58	
3	5,0554	100,9502	138,949		1,58	
2	101,5334	100,7630	189,531		1,58	
8	297,2261	99,3557	206,110		1,58	
8	97,2299	300,6429	206,110		1,58	
2	301,5358	299,2367	189,530		1,58	

SEZNAM MĚŘENÍ						
Číslo bodu	Hz	Z	Vod. délka	Převýšení:	Signál:	Popis
8					1,66	
5	0,2365	100,6469	206,111			1,58
4001	204,1794	99,6882	192,774			1,58
4001	4,1818	300,3094	192,774			1,58
5	200,2403	299,3477	206,111			1,58
5	101,5864	100,6515	206,111			1,58
4001	305,5289	99,6893	192,773			1,58
4001	105,5298	300,3096	192,774			1,58
5	301,5885	299,3481	206,111			1,58
7	103,7680	101,0136	68,668			1,58
3470	103,5384	101,5378	70,792			1,58
3077	303,7465	100,1548	68,950			1,58
4001					1,66	
8	1,5772	100,3182	192,765			1,58
12	192,8688	100,1158	148,827			1,58
12	392,8713	299,8822	148,827			1,58
8	201,5806	299,6805	192,765			1,58
8	102,1252	100,3208	192,765			1,58
12	293,4166	100,1169	148,827			1,58
12	93,4195	299,8832	148,827			1,58
8	302,1301	299,6845	192,766			1,58
981	297,8352	99,7595	95,322			1,58
11	296,5237	100,3880	104,834			1,58
10	291,7737	100,0694	64,000			1,58
9	141,1297	105,9669	9,353			1,58
9041	105,4487	101,0531	71,462			1,58
980	103,8251	100,6393	91,988			1,58
12					1,66	
4001	1,2570	99,8868	148,828			1,58
982	183,7546	99,6813	119,045			1,58
982	383,7583	300,3158	119,045			1,58
4001	201,2608	300,1111	148,828			1,58
4001	101,2567	99,8872	148,828			1,58
982	283,7540	99,6827	119,045			1,58
982	83,7567	300,3157	119,045			1,58
4001	301,2588	300,1120	148,828			1,58
10	102,4982	99,8428	84,854			1,58
13	277,4454	100,6287	44,451			1,58
14	279,5011	100,3532	80,417			1,58
982					1,66	
12	2,4570	100,3141	119,044			1,58
983	183,7652	100,2746	186,783			1,58
983	383,7666	299,7209	186,783			1,58
12	202,4497	299,6801	119,044			1,58
12	102,0001	100,3206	119,043			1,58
983	283,3131	100,2802	186,785			1,58
983	83,3122	299,7235	186,785			1,58
12	302,0018	299,6814	119,044			1,58
14	110,7580	101,1970	39,175			1,58
13	105,7416	100,6207	74,941			1,58

Tabulka 27: Zápisník měření polygonového pořadu

Technická nivelace

Číslo bodu	Čtení vzad [mm]	Čtení vpřed [mm]	Bočně [mm]	Délka pořadu [m]	Typ bodu	Vyrovnaná výška [m]	Odchylka má být- jest [mm]	Mezní odchylka [mm]
979	1670				ŽBP	366,436		
3075	1000	681			ZZ	367,425		
3046	972	228			ZZ	368,197		
3047	1198	444			ZZ	368,725		
3472		1111		188	ŽBP	368,812	0	9
3472	1446				ŽBP	368,812		
9036	1193	728			ZZ	369,532		
9037	1254	495			ZZ	370,231		
9038	1010	420			ZZ	371,067		
3470		880		257	ŽBP	371,198	6	10
3470	1714				ŽBP	371,198		
9039	1167	1107			ZZ	371,803		
9040	1015	440			ZZ	372,528		
3077	937	416			ZZ	373,129		
980		1137		172	ŽBP	372,928	-6	8
980	1076				ŽBP	372,928		
9041	1016	933			ZZ	373,072		
3048	1207	1117			ZZ	372,972		
3049	998	1002			ZZ	373,178		
981		1476		187	ŽBP	372,701	4	9
981	1532				ŽBP	372,701		
9042	1014	716			ZZ	373,516		
9043	770	1053			ZZ	373,477		
3051	702	804			ZZ	373,443		
9044	896	708			ZZ	373,437		
9045	880	778			ZZ	373,554		
982		1157		173	ŽBP	373,277	-2	8

Tabulka 28: Zápisník a výpočet technické nivelace TAM

Číslo bodu	Čtení vzad [mm]	Čtení vpřed [mm]	Bočně [mm]	Délka pořadu [m]	Typ bodu	Vyrovnaná výška [m]	Odchylka má být- jest [mm]	Mezní odchylka [mm]
982	1184				ŽBP	373,277		
9045	800	906			ZZ	373,555		
9044	725	917			ZZ	373,438		
3051	879	718			ZZ	373,445		
9043	1123	845			ZZ	373,478		
9042	800	1084			ZZ	373,517		
981		1616		173	ŽBP	372,701	-1	10
981	1557				ŽBP	372,701		
3049	1000	1080			ZZ	373,178		
3048	1190	1206			ZZ	372,972		
9041	1014	1090			ZZ	373,072		
980		1158		187	ŽBP	372,928	0	11
980	1079				ŽBP	372,928		
3077	354	878			ZZ	373,130		
9040	473	956			ZZ	372,529		
9039	1114	1200			ZZ	371,803		
3470		1720		172	ŽBP	371,198	4	10
3470	930				ŽBP	371,198		
9038	489	1062			ZZ	371,065		
9037	417	1323			ZZ	370,230		
9036	736	1116			ZZ	369,531		
3472		1454		257	ŽBP	368,812	-3	12
3472	1082				ŽBP	368,812		
3047	380	1168			ZZ	368,725		
3046	186	907			ZZ	368,197		
3075	686	956			ZZ	367,427		
979		1676		188	ŽBP	366,436	-3	11

Tabulka 29: Zápisník a výpočet technické nivelace ZPĚT

Přesná nivelace

Zápisník pro přesnou nivelaci											
+ Převýšen z l. stupnice m (1)	Čtení na lati vzad		+ Převýšen z II. stupnice m (3)	- Převýšen z I. stupnice m (4)	Čtení na lati vpřed		- Převýšen z II. stupnice m (6)	Délka záměr m (7)	Číslo latě (8)	Stručný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky latového metru. (9)	Datum, čas, teplota, počasí, aj.
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
										Přenos	
	3 4 2 3 2	9 4 8 7 6 6 0 6 4 4 -6			1 4 4 6 8	7 5 1 2 1 6 0 6 5 3 +3	25			979 = 366,436 m	
	2 3 9 1 3	8 4 5 6 3 6 0 6 5 0 0			0 8 4 6 3	6 9 1 2 2 6 0 6 5 9 +9	35			4,74965 : 2 2,3748 m	
	2 4 3 0 9	8 4 9 5 8 6 0 6 4 9 -1			1 3 7 9 3	7 4 4 4 1 6 0 6 4 8 -2	26			R = 0,19 km	
	3 3 5 4 8	9 4 1 9 3 6 0 6 4 5 -5			3 1 7 7 2	9 2 4 1 9 6 0 6 4 7 -3	9			3472 = 368,812 m	
	11 6 0 0 2	35 8 5 9 0	-22		6 8 4 9 6	31 1 1 0 3 4,7487	95				
				4,7506							
	2 9 6 6 0	9 0 3 1 0 6 0 6 5 0 0			3 1 5 2 1	9 2 1 7 5 6 0 6 5 4 -4	9			3472 = 368,812 m	
	1 4 6 6 0	7 5 3 0 5 6 0 6 4 5 -5			2 5 1 5 7	8 5 8 0 1 6 0 6 4 4 -6	26			-4,74965 : 2 -2,3748 m	
	0 8 9 3 2	6 9 5 8 9 6 0 6 5 7 +7			2 4 3 8 5	8 5 0 3 7 6 0 6 5 2 +2	35			R = 0,19 km	
	1 5 8 7 7	7 6 5 3 2 6 0 6 5 5 +5			3 5 5 6 5	9 6 2 1 7 6 0 6 5 2 +2	25			979 = 366,436 m	
	6 9 1 2 9	31 1 7 3 6	+7		11 6 6 2 8	35 9 2 3 0 -4,7494	95				
				-4,7499							
										Hodnocení přesnosti	
										$\rho = 0 \text{ mm}$	
										$\Delta^1 = 5 * \sqrt{R} = 2,2 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										h' = 2,3748 m	
										h = 2,376 m	
										$\delta = 1,2 \text{ mm}$	
										$\Delta^2 = 2 + 5 * \sqrt{R}$	
										$\Delta^2 = 4,2 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										Snáška	

Tabulka 30: Zápisník měření přesné nivelace mezi body 979 a 3472

Zápisník pro přesnou nivelaci											
+ Převýšen z l. stupnice m (1)	Čtení na lati vzad		+ Převýšen z ll. stupnice m (3)	- Převýšen z l. stupnice m (4)	Čtení na lati vpřed		- Převýšen z ll. stupnice m (6)	Délka záměr m (7)	Číslo latě (8)	Stručný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky laťového metru. (9)	Datum, čas, teplota, počasí, aj.
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
										Přenos	
	3 1 7 8 2	9 2 4 2 9 6 0 6 4 7			1 7 4 3 1	7 8 0 8 2 6 0 6 5 1		26		3472 = 368,812 m	
										4,76545 : 2	
	2 7 5 6 3	8 8 2 1 5 6 0 6 5 2			1 3 5 8 1	7 4 2 2 9 6 0 6 4 8		35		2,3827 m	
										R = 0,26 km	
	2 7 7 7 8	8 8 4 2 9 6 0 6 5 1			1 1 0 7 0	7 1 7 2 1 6 0 6 5 1		35			
	2 1 6 6 7	8 2 3 0 9 6 0 6 5 2			1 9 0 4 9	7 9 7 0 0 6 0 6 5 1		34		3470 = 371,198 m	
	10 8 7 9 0	3 5 1 3 8 2	+2		6 1 1 3 1	3 0 3 7 3 2	+1	130			
				4,7659			4,7650				
	2 8 4 4 8	8 9 1 0 2 6 0 6 5 4			3 1 0 6 2	9 1 7 1 0 6 0 6 4 8		34		3470 = 371,198 m	
										-4,76405 : 2	
	1 4 3 7 5	7 5 0 2 9 6 0 6 5 4			3 1 0 9 5	9 1 7 4 6 6 0 6 5 1		35		-2,3820 m	
										R = 0,26 km	
	1 4 1 2 8	7 4 7 8 5 6 0 6 5 7			2 8 1 2 1	8 8 7 7 9 6 0 6 5 8		35			
	1 5 3 5 0	7 6 0 0 5 6 0 6 5 5			2 9 6 7 0	9 0 3 2 0 6 0 6 5 0		25		3472 = 368,812 m	
	7 9 3 0 1	3 1 4 9 2 1	+20		1 1 9 9 4 8	3 6 2 5 5 5	+7	130			
				-4,7647			-4,7634				
										Hodnocení přesnosti	
										$\rho = 0,7 \text{ mm}$	
										$\Delta^1 = 5 * \sqrt{R} = 2,6 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										$h' = 2,3824 \text{ m}$	
										$h = 2,386 \text{ m}$	
										$\delta = 3,6 \text{ mm}$	
										$\Delta^2 = 2 + 5 * \sqrt{R}$	
										$\Delta^2 = 4,6 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										Snáška	

Tabulka 31: Zápisník měření přesné nivelace mezi body 3472 a 3470

Zápisník pro přesnou nivelaci										Datum, čas, teplota, počasí, aj.
+ Převýšen Zl. stupnice m (1)	Čtení na lati vzad		+ Převýšen Z II. stupnice m (3)	- Převýšen Z I. stupnice m (4)	Čtení na lati vpřed		- Převýšen Z II. stupnice m (6)	Délka záměr m (7)	Číslo latě (8)	Stučný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky laťového metru. (9)
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice				
										Přenos
	1 9 0 4 9	7 9 7 0 0 6 0 6 5 1 +1			0 6 9 6 5	6 7 6 1 0 6 0 6 4 5 -5		5		3470 = 371,198 m
	2 3 0 5 3	8 3 6 9 7 6 0 6 4 4 -6			0 8 5 1 3	6 9 1 5 4 6 0 6 4 1 -9		35		3,46325 : 2 1,7316 m
	2 4 1 7 0	8 4 8 2 2 6 0 6 5 2 +2			1 2 1 5 4	7 2 8 0 1 6 0 6 4 7 -3		35		R = 0,182 km
	2 1 1 3 8	8 1 7 8 7 6 0 6 4 9 -1			2 5 1 5 4	8 5 8 0 0 6 0 6 4 6 -4		16		980 = 372,928 m
	8 7 4 1 0	33 0 0 0 6 -4		3,4624	5 2 7 8 6	29 5 3 6 5 -21		91		
	2 7 5 4 5	8 8 1 9 2 6 0 6 4 7 -3			2 3 5 2 7	8 4 1 7 2 6 0 6 4 5 -5		16		980 = 372,928 m
	1 3 9 9 9	7 4 6 5 4 6 0 6 5 5 +5			2 6 0 0 6	8 6 6 6 3 6 0 6 5 7 +7		35		-3,4598 : 2 -1,7299 m
	1 3 3 9 3	7 4 0 5 0 6 0 6 5 2 +2			2 7 9 2 7	8 8 5 7 3 6 0 6 4 6 -4		35		R = 0,182 km
	1 6 3 6 7	7 7 0 1 7 6 0 6 5 0 0			2 8 4 4 8	8 9 1 0 2 6 0 6 5 4 +4		5		3470 = 371,198 m
	7 1 3 0 9	3 1 3 9 1 3 +4		-3,4599	10 5 9 0 8	34 8 5 1 0 +2		91		
										Hodnocení přesnosti
										$\rho = 1,7 \text{ mm}$
										$\Delta^1 = 5 * \sqrt{R} = 2,1 \text{ mm}$
										vyhovuje
										$h' = 1,7308 \text{ m}$ $h = 1,73 \text{ m}$
										$\delta = -0,8 \text{ mm}$ $\Delta^2 = 2 + 5 * \sqrt{R}$ $\Delta^2 = 4,1 \text{ mm}$
										vyhovuje
										Snáška

Tabulka 32: Zápisník měření přesné nivelace mezi body 3470 a 980

Zápisník pro přesnou nivelaci										Datum, čas, teplota, počasí, aj.	
+ Převýšen z l. stupnice m (1)	Čtení na lati vzad		+ Převýšen z ll. stupnice m (3)	- Převýšen z l. stupnice m (4)	Čtení na lati vpřed		- Převýšen z ll. stupnice m (6)	Délka záměr m (7)	Číslo latě (8)		Stručný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky latového metru. (9)
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
										Přenos	
	2 5 1 3 8	8 5 7 9 0 6 0 6 5 2 +2			2 2 2 8 4	8 2 9 2 7 6 0 6 4 3 -7		10		980 = 372,928 m	
	2 4 7 3 0	8 5 3 8 3 6 0 6 5 3 +3			2 6 7 7 1	8 7 4 1 9 6 0 6 4 8 -2		32		-0,4586 : 2 -0,2293 m	
	3 1 6 0 4	9 2 2 5 1 6 0 6 4 7 -3			2 7 4 5 5	8 8 1 0 5 6 0 6 5 0 0		35		R = 0,188 km	
	2 5 0 6 1	8 5 7 1 5 6 0 6 5 4 +4			3 4 6 1 6	9 5 2 6 7 6 0 6 5 1 +1		17		981 = 372,701 m	
	10 6 5 3 3	34 9 1 3 9 +6			11 1 1 2 6	35 3 7 1 8 -8		94			
				-0,4593							
	3 8 5 2 3	9 9 1 7 8 6 0 6 5 5 +5			2 8 9 3 8	8 9 5 8 6 6 0 6 4 8 -2		17		981 = 372,701 m	
	2 9 2 1 7	8 9 8 6 6 6 0 6 4 9 -1			3 3 3 8 0	9 4 0 3 2 6 0 6 5 2 +2		35		0,455 : 2 0,2275 m	
	2 7 3 9 1	8 8 0 4 3 6 0 6 5 2 +2			2 5 3 8 7	8 6 0 3 1 6 0 6 4 4 -6		32		R = 0,188 km	
	2 4 6 6 3	8 5 3 1 0 6 0 6 4 7 -3			2 7 5 4 5	8 8 1 9 2 6 0 6 4 7 -3		10		980 = 372,928 m	
	11 9 7 9 4	36 2 3 9 7 +3			11 5 2 5 0	35 7 8 4 1 -9		94			
				0,4544							
										Hodnocení přesnosti	
										$\rho = -1,8 \text{ mm}$	
										$\Delta^1 = 5 * \sqrt{R} = 2,2 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										$h' = -0,2284 \text{ m}$	
										$h = -0,227 \text{ m}$	
										$\delta = 1,4 \text{ mm}$	
										$\Delta^2 = 2 + 5 * \sqrt{R}$	
										$\Delta^2 = 4,2 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										Snáška	

Tabulka 33: Zápisník měření přesné nivelace mezi body 980 a 981

Zápisník pro přesnou nivelaci											
+ Převýšen z l. stupnice m (1)	Čtení na lati vzad		+ Převýšen z ll. stupnice m (3)	- Převýšen z l. stupnice m (4)	Čtení na lati vpřed		- Převýšen z ll. stupnice m (6)	Délka záměr m (7)	Číslo latě (8)	Stručný místopis nivelačního bodu. Výpočet převýšení z obou stupnic opravený o korekci z délky laťového metru. (9)	Datum, čas, teplota, počasí, aj. (10)
	I. stupnice	II. stupnice			I. stupnice	II. stupnice					
										Přenos	
	34636	95287 60651 +1			18273	78924 60651 +1		5		981 = 372,701 m	
	17952	78599 60647 -3			18807	79460 60653 +3		22		1,1552 : 2 0,5776 m	
	08001	68651 60650 0			08580	69224 60644 -6		22		R = 0,174 km	
	14213	74866 60653 +3			14270	74921 60651 +1		19			
	17884	78538 60654 +4			21207	81857 60650 0		19		982 = 373,277 m	
	92686	39594 +5		1,1549	81137	38438 -1		87			
	27336	87983 60647 -3			24054	84703 60649 -1		19		982 = 373,277 m	
	16491	77141 60650 0			16393	77045 60652 +2		19		-1,1568 : 2 -0,5784 m	
	11473	72125 60652 +2			10995	71647 60652 +2		22		R = 0,174 km	
	28694	89345 60651 +1			27751	88401 60650 0		22			
	22201	82845 60644 +6			38563	99218 60655 +5		5		981 = 372,701 m	
	106195	40943 0		-1,1561	117756	42101 +8		87			
										Hodnocení přesnosti	
										$\rho = -0,8 \text{ mm}$	
										$\Delta^1 = 5 * \sqrt{R} = 2,1 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										$h' = 0,578 \text{ m}$	
										$h = 0,576 \text{ m}$	
										$\delta = -2 \text{ mm}$	
										$\Delta^2 = 2 + 5 * \sqrt{R}$	
										$\Delta^2 = 4,1 \text{ mm}$	
										vyhovuje	
										Snáška	

Tabulka 34: Zápisník měření přesné nivelace mezi body 981 a 982

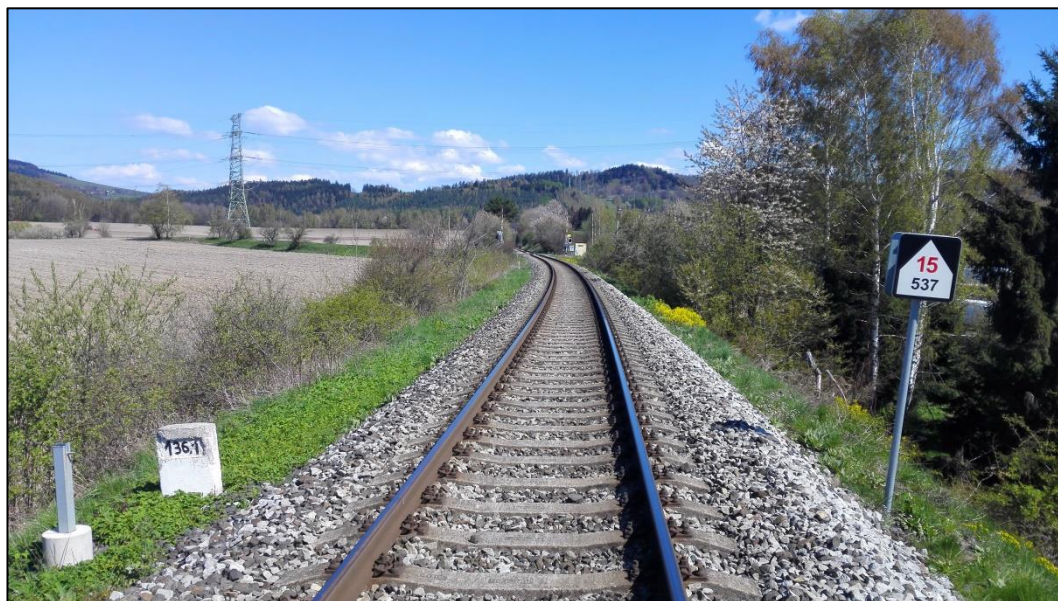
Obrazový průběh měřeného úseku trati



Obrázek 23: Trať č. 030, kilometr 136,0



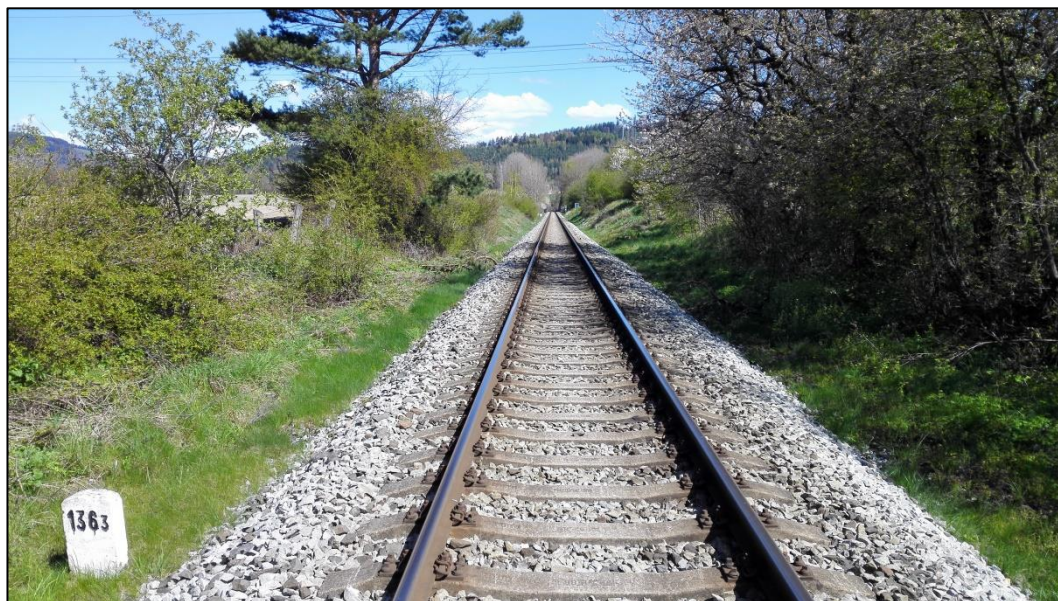
Obrázek 24: Trať č. 030, most na kilometru 136,08



Obrázek 25: Trať č. 030, kilometr 136,1



Obrázek 26: Trať č. 030, kilometr 136,2



Obrázek 27: Trať č. 030, kilometr 136,3



Obrázek 28: Trať č. 030, kilometr 136,4



Obrázek 29: Trať č. 030, kilometr 136,5



Obrázek 30: Trať č. 030, kilometr 136,6



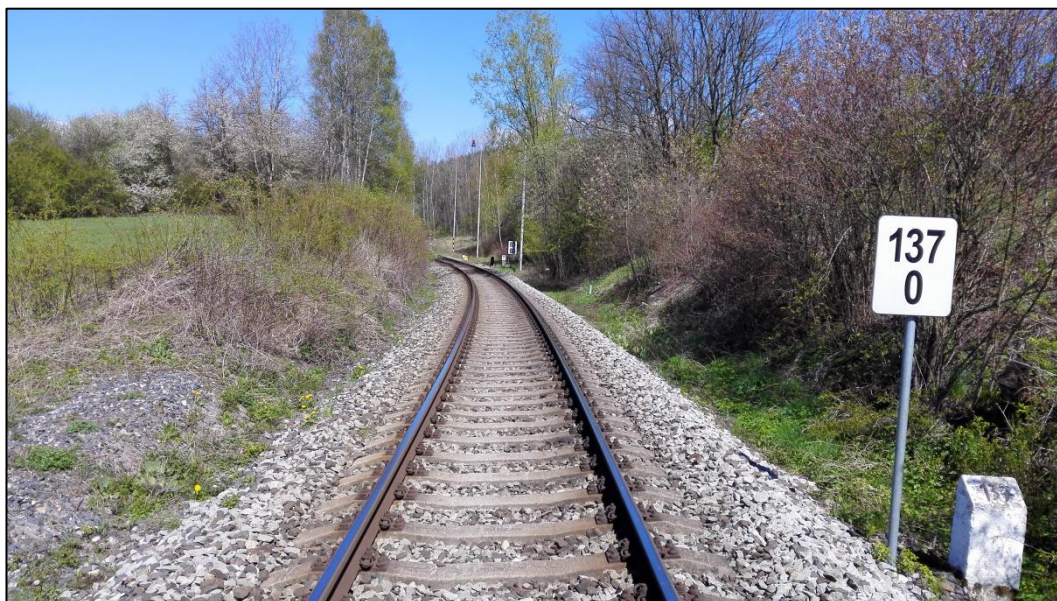
Obrázek 31: Trať č. 030, kilometr 136,7



Obrázek 32: Trať č. 030, kilometr 136,8



Obrázek 33: Trať č. 030, most na kilometru 136,9



Obrázek 34: Trať č. 030, kilometr 137,0