

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

STUDIJNÍ OBOR GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



**URČENÍ VÝŠKY BODU Z MĚŘENÍ NIVELAČNÍMI
PŘÍSTROJI LEICA LS15 A DNA03**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Dr. Ing. Zdeněk Skořepa

Katedra speciální geodézie

Praha, 2017

Markéta Kubelová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: KUBELOVÁ Jméno: Markéta Osobní číslo: 439261
Zadávající katedra: 11154 (speciální geodézie)
Studijní program: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Určení výšky bodu z měření nivelačními přístroji Leica LS15 a DNA03
Název bakalářské práce anglicky: Determination of the Height of the Point using Levels Leica LS15 and DNA03

Pokyny pro vypracování:

1. Seznámení s novým digitálním nivelačním přístrojem Leica LS15
2. Zaměření určovaného výškového bodu a provedení kontrolních měření (ověřit totožnost a neměnnost přípojovacích nivelačních bodů - obousměrná nivelace, IV. řád)
3. Exaktní způsob výpočtu, zaprvé nivelační sítě pro posouzení přesnosti nivelace, resp. nivelačních přístrojů, a zadruhé výšky nově zřízeného výškového bodu 2010A (bod slouží pro účely výuky), z provedených nivelačních měření přesné nivelace
4. Zhodnocení dosažených výsledků, závěry pro praxi


Seznam doporučené literatury:

- /1/ Blažek, R. - Skořepa, Z.: Geodézie 3. Praha, Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2009. 162 s.
- /2/ Návod pro správu geodetických základů ČR. Praha 2015, ČUZK
- /3/ Instrukce pro práce ve výškových bodových polích (ozn. 984130 I/81) ze dne 25. 4. 1981, č.j. ČÚGK 1637/1981-22

Jméno vedoucího bakalářské práce: Dr. Ing. Zdeněk Skořepa

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

3.3.2017

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně, za použití literatury uvedené ve zdrojích a na základě poskytnutých konzultací s vedoucím práce.

V Týnci nad Sázavou dne

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu práce Dr. Ing. Zdeňku Skořepovi za poskytnuté konzultace. Velké díky patří také mým spolužákům a přátelům za pomoc při měření, především Kateřině Vilhelmové, Michalu Janovskému, Janu Seidlovi a Jaroslavu Slancovi. Dále bych chtěla poděkovat firmě GEFOS a.s., jmenovitě panu Pickovi za zapůjčení digitálního nivelačního přístroje Leica LS15.

Název bakalářské práce:

Určení výšky bodu z měření nivelačními přístroji Leica LS15 a DNA03

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá určením výšky nově stabilizovaného bodu 2010A. Zaměření proběhlo metodou přesné nivelace. Součástí práce je také seznámení s novým digitálním nivelačním přístrojem Leica LS15 a porovnání s jeho předchůdcem Leica DNA03.

Klíčová slova

Přesná nivelace, Leica LS15, Leica DNA03, střední chyba kilometrová obousměrné nivelace, metoda nejmenších čtverců

Title of bachelor thesis

Determination of the Height of the Point using Levels Leica LS15 and DNA03

Abstract

The aim of this bachelor thesis is the height determination of a newly stabilized point 2010A. The measurement was performed with the precise levelling method. The thesis also includes a description of the new digital levelling instrument Leica LS15 and a comparison with its predecessor Leica DNA03.

Keywords

Precise levelling, Leica LS15, Leica DNA03, standard deviation per km double run, mean squared error

Obsah

Úvod	7
1 Princip a zásady nivelace	8
1.1 Geometrická nivelace ze středu	8
1.2 Zásady přesné nivelace	10
1.3 Chyby měření	10
1.3.1 Chyba z nevodorovnosti záměrné přímky.....	11
1.3.2 Vliv zakřivení Země.....	11
1.3.3 Vliv svislé složky refrakce	12
1.3.4 Chyba z nesprávné délky laťového úseku.....	12
1.3.5 Chyba z nesvislé polohy latě.....	12
2 Použité přístroje a pomůcky	13
2.1 Přístroje	13
2.1.1 Digitální nivelační přístroj Leica DNA03	13
2.1.2 Digitální nivelační přístroj Leica LS15.....	14
2.1.3 Porovnání základních technických parametrů	16
2.2 Pomůcky.....	17
3 Vlastní měření	18
3.1 Určení polohy záměrné přímky.....	19
3.2 Nastavení přístroje	20
3.3 Shrnutí měření.....	21
4 Analýza přesnosti a výpočet výšky	24
4.1 Analýza přesnosti naměřených dat.....	24
4.1.1 Kontrola měření tam a zpět	24



4.1.2	Ověření totožnosti a neměnnosti připojovacích bodů.....	25
4.1.3	Odhad přesnosti nivelace z rozdílů měření tam a zpět.....	28
4.1.4	Odhad přesnosti nivelace vyrovnáním volné sítě.....	28
4.1.5	Analýza oprav	32
4.1.6	Výškové uzávěry	35
4.2	Určení nadmořské výšky bodu 2010A	37
4.3	Kontrola přesnosti – chí-kvadrát rozdělení	40
Závěr.....		42
Seznam použité literatury.....		44
Seznam obrázků		45
Seznam tabulek.....		46
Seznam příloh		47
	Příloha č. 1: Niveláčnické údaje	48
	Příloha č. 2: Zpracované zápisníky měření	52
	Příloha č. 3: Výpočetní skripty pro Matlab	67
	Ukázka originálních zápisníků měření	76

Úvod

Vlivem úprav fasády na budově Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR v Praze 6 došlo k zániku nivelačního bodu 2010 (bod PNS Praha). Pro studijní účely byl na zídce u téže budovy stabilizován nový výškový bod, který byl pro účely školy označen číslem 2010A. Stabilizace byla provedena pomocí nivelační hřebové značky.

Cílem této bakalářské práce je určení výšky tohoto nově stabilizovaného bodu 2010A metodou přesné nivelace. Veškerá převýšení byla zaměřena pomocí digitálních přístrojů Leica LS15 a Leica DNA03. Zaměření bylo provedeno ze čtyř daných nivelačních bodů (body III. řádu a PNS Praha). Ověření totožnosti a neměnnosti bodů bylo provedeno pomocí tří kontrolních měření.

První kapitola se zabývá základním principem geometrické nivelace ze středu a zásadami přesné nivelace.

Druhá kapitola pojednává o použitých přístrojích a pomůckách. Seznámíme se zde jak s nejnovějším nivelačním přístrojem Leica LS15 (2016), tak se starším modelem Leica DNA03. Přístroje jsou zde porovnány jak z hlediska technických parametrů, tak na základě zkušeností získaných při reálném měření.

Třetí kapitola se zabývá prací v terénu. Nalezneme zde postup určení polohy záměrné přímky přístroje a jednotlivé úkony spojené s vlastním měřením.

Ve čtvrté kapitole je provedena kontrola obousměrné nivelace a ověření totožnosti a neměnnosti připojovacích nivelačních bodů. Je zde vyhodnocena přesnost nivelace pomocí odchylek hodnot při měření tam a zpět a vyrovnáním nivelační sítě. Na konci kapitoly se nachází výpočet výšky určovaného bodu metodou nejmenších čtverců, která je v tomto případě váženým průměrem.

V závěrečné páté kapitole jsou shrnuty dosažené výsledky měření. Zároveň zde nalezneme porovnání přístrojů z hlediska dosažené přesnosti a zhodnocení, zda nedošlo k překročení deklarované přesnosti udávané výrobcem.

Obrázky byly vytvořeny ve studentské verzi programu progeCAD 2017 Professional

1 Princip a zásady nivelace

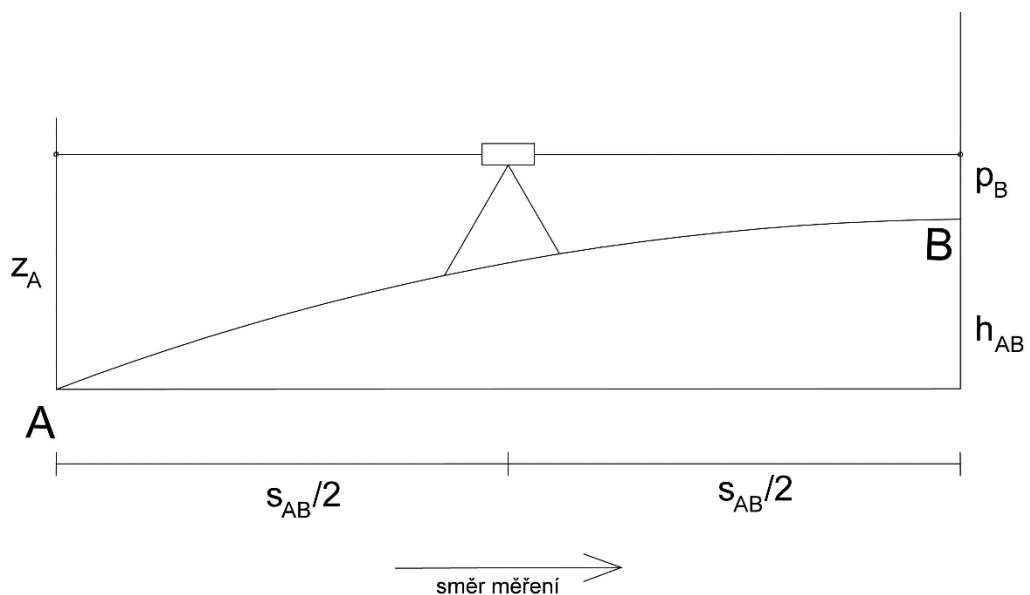
1.1 Geometrická nivelace ze středu

Pro zaměření nivelační sítě byla zvolena nejběžnější metoda, geometrická nivelace ze středu. Je založena na velmi jednoduchém principu a při jejím užití dochází k úplné nebo alespoň částečné eliminaci řady systematických chyb, které jsou shrnuty v kapitole 1.3. Díky tomu je tato metoda nejpřesnější. Další výhodou je rychlost zaměření.

Do středu spojnice bodů A a B, mezi nimiž má být určeno převýšení, je postaven nivelační přístroj a je provedena horizontace. Na body A a B jsou postaveny nivelační latě, které jsou urovnány do svislé polohy. Záměrná přímka urovnaného nivelačního přístroje realizuje vodorovnou rovinu, která je tečnou k hladinové ploše. Vzhledem k této rovině se odečte čtení na latích z_A (čtení vzad) a p_B (čtení vpřed). Výsledné převýšení mezi body A a B se vypočte jako rozdíl čtení na latích

$$h_{AB} = z_A - p_B. \quad (1)$$

Postavení nivelačního přístroje a dvojice latí tvoří nivelační sestavu (Obr. 1).

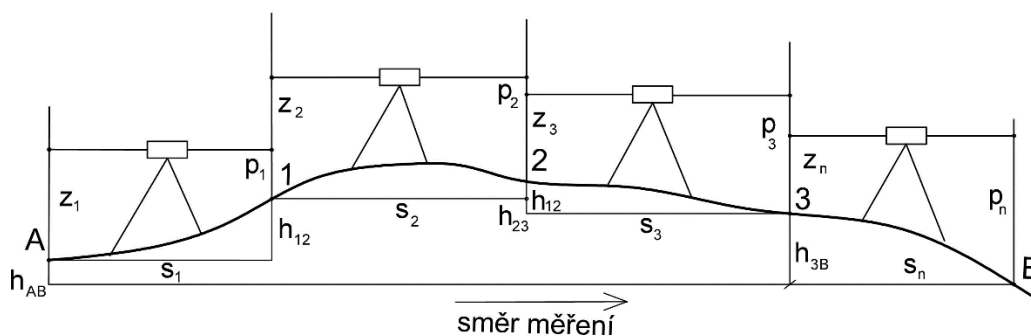


Obr. 1 Nivelační sestava

Pokud je vzdálenost mezi body A, B delší, anebo je mezi nimi větší převýšení (či terénní překážka), je úsek pomocí mezilehlých bodů rozdělen na několik nivelačních sestav. Latě se staví na body dočasně stabilizované nivelační podložkou. Měření popsané výše se n – krát opakuje. Jako první se provede čtení vzad na lať umístěnou na výchozím bodě. Jako druhé se v opačném směru provede čtení vpřed, které určuje směr nivelačního oddílu. Výsledné převýšení se pak vypočte jako rozdíl součtu nivelačních záměr vpřed a vzad

$$h_{AB} = \sum z - \sum p. \quad (2)$$

Celá vzdálenost mezi body A, B se pak nazývá nivelační oddíl viz Obr. 2.



Obr. 2 Nivelační oddíl



1.2 Zásady přesné nivelace

Na základě požadavků na přesnost určení výšky bodu byla zvolena metoda přesné nivelace.

Při měření je třeba dodržet požadavky na nivelační přístroj a pomůcky. Dnešní digitální nivelační přístroje svou přesností a parametry všechny požadavky splňují. Nivelační latě by měli být celistvé, 3 m dlouhé s kódovanou stupnicí na invarovém pásku. Pro urovnání latí je vhodné užít rektifikovanou libelu s citlivostí nejméně 15'. Přístroj se staví na dřevěný stativ s pevnými nohami. Latě jsou stavěny na těžké nivelační podložky.

Měření by se mělo řídit několika základními zásadami. Záměry se rozměřují pomocí měřického kolečka nebo pásma s přesností na 0,1 m. Délka záměry by neměla přesáhnout 40 m a výška záměry nad terénem musí být minimálně 0,5 m. Pokud probíhá měření na dvě latě je nutné, aby byl sudý počet sestav a pořadí latí se při měření zpět zaměnilo. Jestliže se niveluje jen jedna sestava použije se pouze jedna lať. Nivelovat by se mělo začít nejdříve půl hodiny po východu Slunce a končit s měřením by se mělo minimálně půl hodiny před západem Slunce. Měření by mělo probíhat pouze v době klidného a zřetelného obrazu. Před samotným měřením je zapotřebí nechat přístroj i lať temperovat. Před měření by měla být provedena kalibrace přístroje (nastavení opravy z nevodorovnosti záměrné přímky). Nivelační oddíl se měří celý v kuse, přerušení je možné pouze na nivelačním bodě. Veškeré pořady je nutné nivelovat dvakrát, ve směru tam a zpět. Měření může probíhat ve stejný den ale v jinou denní dobu. Rozdíl měření tam a zpět musí splňovat požadovanou mezní odchylku (viz kapitola 4.1.1). Ověřovací měření mezi známými nivelačními body musí splňovat mezní odchylku (viz kapitola 4.1.2).

1.3 Chyby měření

V průběhu nivelačních prací vzniká množství chyb. Pečlivou prací a soustředěností celé měřické skupiny je možné se hrubým chybám a omylům vyvarovat. S měřením jsou však spjaty také chyby nevyhnutelné, které je možné eliminovat správným měřickým postupem a kvalitními rektifikovanými pomůckami. Tyto chyby se dělí na náhodné a systematické.



Náhodné chyby se během měření mění a jejich velikost nelze předvídat, a tedy ani vyloučit. Eliminace těchto chyb je možná zvýšením počtu měření. Do těchto chyb se řadí například chyba z přestření, čtení na lati nebo chyba z nestejnomyšerného dělení stupnice.

Systematické chyby se oproti náhodným chybám dají předvídat. Za stejných měřických podmínek zůstávají chyby konstantní a mají stejné znaménko. Jejich vliv lze proto snadněji eliminovat. Tyto chyby budou blíže popsány v následujících podkapitolách.

1.3.1 Chyba z nevdorovnosti záměrné přímky

Nazývaná též kolimační chyba. Je daná vertikálním úhlem mezi záměrnou přímkou a přímkou kolmou ke svislici. Chyba může být způsobena špatným umístěním ryskového kříže, tuto příčinu je možné odstranit seřizováním ve specializované dílně. Častější příčinou nevdorovnosti záměrné přímky je nepřesná horizontace přístroje, která je u automatických nivelačních přístrojů způsobena chybou kompenzátoru. Aby byla tato chyba co nejvíce eliminována je zapotřebí, aby před každým měřením byla provedena kalibrace přístroje. Pomocí měření je zjištěna velikost kolimační chyby, které je zavedena do přístroje a poté se veškerá měření automaticky opravují. Velikost kolimační chyby lze zjistit několika různými způsoby. Konkrétní postup kalibrace přístroje a výpočet chyby viz kapitola 3.1.

1.3.2 Vliv zakřivení Země

Tato chyba je dána rozdílem mezi zdánlivým a skutečným horizontem. Pomocí urovnaného nivelačního přístroje je realizována tečná rovina ke svislici přístroje (zdánlivý horizont) a vzhledem k této rovině jsou pak provedena čtení na lati. Průběh skutečného horizontu je však jiný (zakřivený).

Vycházíme-li z předpokladu, že hladinová plocha je kulová, lze při geometrické nivelaci ze středu a stejně dlouhých záměrech považovat chybu ve čtení na lati vpřed a vzad za stejnou. Při výpočtu převýšení se pak chyba eliminuje. U digitálních nivelačních přístrojů lze nastavit automatickou opravu z vlivu zakřivení Země, toto nastavení je zvláště důležité u dlouhých bočních záměrů.



1.3.3 Vliv svislé složky refrakce

Vlivem průchodu paprsku různým prostředím dochází ke změně směru paprsku a následně k odečtu špatné hodnoty na lati. Velikost chyby se odvíjí především od změny teploty v závislosti na výšce. Aby byl vliv této chyby alespoň částečně eliminován, je zapotřebí se vyvarovat záměrám blízko nad zemí a měřit za vhodných observačních podmínek (zatažená obloha, mírný vítr).

1.3.4 Chyba z nesprávné délky laťového úseku

Vlivem teplotní roztažnosti a působením vlhkosti na nivelační lať se její délka mění. Při měření byla použita lať se stupnicí na invarovém pásu. Jelikož má invar nízký koeficient roztažnosti je tato chyba velmi malá, a proto může být při těchto pracích zanedbána. Další příčinou této chyby může být odsazení počátku stupnice od patky latě. Tato chyba se při měření na jednu lať vyloučí.

1.3.5 Chyba z nesvislé polohy latě

Převýšení lze správně určit pouze pokud jsou latě během měření urovnány do svislé polohy. Pokud tomu tak není, je čtení na lati větší a chyba má vždy kladné znaménko. Základním předpokladem pro eliminování této chyby je rektifikovaná libela umístěná na lati a pečlivost figuranta. V případě, že není lať správně urovnána ve směru do boku, měl by si této chyby všimnout měřič a figurant urovnání v tomto směru opravit. Vybočení ve směru k přístroji je pro měřiče nepatrné. Pro eliminování této chyby je nutné při přesnějších pracích používat pro zajištění svislé polohy latě výtyčky.

2 Použité přístroje a pomůcky

2.1 Přístroje

Z důvodu vyzkoušení nového digitálního nivelačního přístroje Leica LS15 (Obr. 4) a porovnání s jeho předchůdcem byla veškerá měření provedena dvakrát. Měření bylo započato s přístrojem Leica LS15 (v. č. 700151) zapůjčeným od firmy GEFOS a.s. Druhým použitým (referenčním) přístrojem byl digitální přístroj Leica DNA03 (v. č. 337893) viz Obr. 3. Některé pořady byly měřeny oběma přístroji zároveň, aby mohla být porovnána rychlost měření a citlivost přístrojů na světelné podmínky.

2.1.1 Digitální nivelační přístroj Leica DNA03



Obr. 3 Nivelační přístroj Leica DNA03

Nivelační přístroj s kompenzátorem umožňující elektronické měření na kódovaných latích Leica i optické měření na obvyklých nivelačních latích.

Elektronické měření na kódované lati funguje na jednoduchém principu. V nivelačním přístroji je uložen obraz kódu latě nazývaný referenční signál. Poté co je přístroj zacílen a zaostřen na lať je spuštěno měření. Přístroj zaznamená polohu zaostřovací čočky a pomocí dekodéru zachytí část latě viditelnou v zorném poli. Pomocí polohy zaostřovací čočky je odhadnuta vzdálenost latě a úměrně tomu se omezí hledané pole obrazu latě. Následně je provedena přesná korelace, při které se měřený signál porovnává se signálem referenčním.

Jako výsledek se pak na displeji zobrazí čtení na lati a délka záměry. Doba zpracování signálu závisí především na světelných podmínkách a přesnosti zaostření.

Nivelační přístroj Leica DNA03 je vhodný pro měření technické, ale i velmi přesné nivelace. Je vybaven otočným horizontálním kruhem pro přibližné měření úhlů. Software obsahuje tři různé měřické programy: základní měření (only measurement), pořadová nivelace (line levelling) a zkoušku nivelačního přístroje (check and adjust). Data jsou ukládána do vnitřní paměti, odkud jsou exportována na paměťovou kartu PCMCIA. Přesun dat do počítače probíhá buď z paměťové karty, anebo přímo z přístroje pomocí RS232 sériového rozhraní (přenos dat přes kabel). Formát výstupní dat je standardně GSI, GSI - 8 a GSI - 16.

Zajímavost: První elektronický nivelační přístroj WILD NA 2000 byl uveden na trh roku 1989. Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace byla u tohoto přístroje 1,5 mm (pro elektronické měření). Přesnost měření délek byla 3 mm – 5 mm/10 m. Doba měření 4 sekundy.

2.1.2 Digitální nivelační přístroj Leica LS15

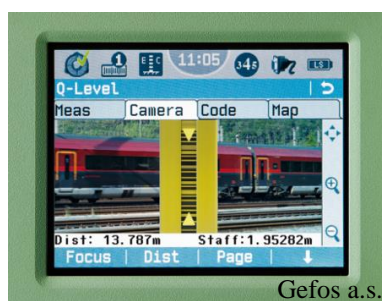


Obr. 4 Nivelační přístroj Leica LS15

Přístroj je v prodeji od března roku 2016. Jako většina moderních přístrojů, má i tento barevný dotykový displej a umožňuje komunikaci přes Bluetooth a USB. Pro přesné urovnání přístroje se zde nachází elektronická libela.

Hlavním vylepšením oproti předchozím nivelačním přístrojům je přehledová kamera a automatické ostření (autofokus – AF) viz Obr. 5.

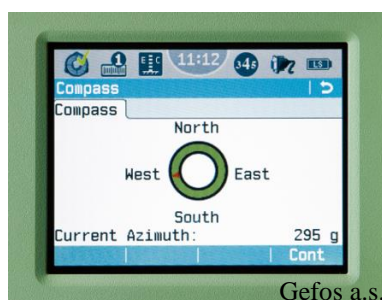
Autofokus zde funguje na principu detekce kontrastu. Na senzoru přístroje dochází neustále k analýze snímaného obrazu, přičemž je zkoumán kontrast kódu na lati. Postupně dochází k posunu ostřicí čočky, dokud se kontrast zvětšuje. Poté co je zaznamenáno zmenšení kontrastu, čočka se nepatrně vrátí a proběhne jemné zaostření. Postup je podobný ručnímu ostření a jeho průběh je možné sledovat na ostřicím šroubu. Stejného principu ostření je často využito i u dnešních fotoaparátů.



Obr. 5 Leica LS15 – Autofokus

Díky zmíněným vylepšením je práce s tímto přístrojem rychlejší a pro uživatele pohodlnější.

Další vylepšení tohoto přístroje je digitální kompas (Obr. 6), který umožňuje zjištění přibližné polohy bodu a následné zobrazení mapového okna s náčrtem nivelované sítě.



Obr. 6 Leica LS15 – Digitální kompas

Přesnost tohoto přístroje je 0,3 mm na kilometr při obousměrné nivelaci na invarovou lať. V prodeji jsou i přístroje s kalibračním certifikátem zaručující přesnost 0,2 mm pro obousměrnou nivelaci.

2.1.3 Porovnání základních technických parametrů

Nivelační přístroj Leica	LS15	DNA03
Výšková měření		
Přesnost ¹ při použití standartní invarové latě	0,3 mm (0,2 mm – certifikát)	0,3 mm
Měření délek		
Střední chyba	5 mm/10 m	5 mm/10 m
Rozsah měření vzdáleností		
Minimální vzdálenost	1,8 m	1,8m
Maximální vzdálenost	110 m	110 m
Čas měření jednoho měření	zpravidla 2,5 sec	zpravidla 3 sec
Dalekohled		
Zvětšení	32x	24x
Průměr objektivu	36 mm	36 mm
Automatické ostření		
Pracovní rozsah	od 1,8m do nekonečna	-
Čas ostření	zpravidla 4 sec	-
Kompenzátor		
Rozsah kompenzace	± 9'	± 10'
Střední chyba	0,3''	0,3''
Baterie		
Název	GEB331	GEB111 (nebo GEB121)
Typ	Li-Ion	NiMh
Napětí	11,1 V	6 V (6 V)
Kapacita	2,8Ah	2,1Ah (4,2Ah)
Obecné		
Hmotnost (včetně baterie)	3,9 kg	2,85 kg
Elektronická libela	ANO	-
Export dat (rozhraní)	Vnitřní paměť, USB, sériové rozhraní (RS232), bluetooth	Paměťová karta PCMCIA, sériové rozhraní (RS232)

Tab. 1 Porovnání přístrojů

¹ Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace

2.2 Pomůcky

Pro měření s oběma přístroji byly použité shodné pomůcky. Veškeré pomůcky byly zapůjčeny z Katedry speciální geodézie.

- invarová kódovaná lať Leica, celistvá, délka 3 m, výrobní číslo: 35722
- 2 x dřevěný stativ s celistvými nohami
- 2 x opěrné tyče
- 2 x těžké litinové nivelační podložky trojúhelníkového tvaru
- měřické kolečko
- značkovací sprej



Obr. 7 Fotodokumentace měření – figurant

3 Vlastní měření

Před samotným měřením byla provedena rekognoskace terénu. Pomocí měřického kolečka byly rozměřeny délky záměr tak, aby byly dodrženy zásady přesné nivelace. Stanoviska přístroje a latě byla vyznačena pomocí značkovacího spreje.

Před každým měřením byl přístroj temperován a byla provedena zkouška přístroje (kapitola 3.1). Do přístroje byla zavedena zjištěná kolimační chyba a všechna měřená převýšení o ni byla opravena.

Měření proběhlo metodou geometrické nivelace ze středu. Přístroje byly stavěny na dřevěné stativy s pevnými nohama, jejichž stabilita byla před každým měřením zkontrolována. Měření probíhalo na jednu celistvou třímetrovou nivelační lať s kódovanou stupnicí na invarovém pásku. Latě byly stavěny na těžké nivelační podložky, které byly vždy řádně usazeny (zašlápnuty). Pro lepší stabilitu latí bylo při držení latě využíváno dvou výtyček (Obr. 7).

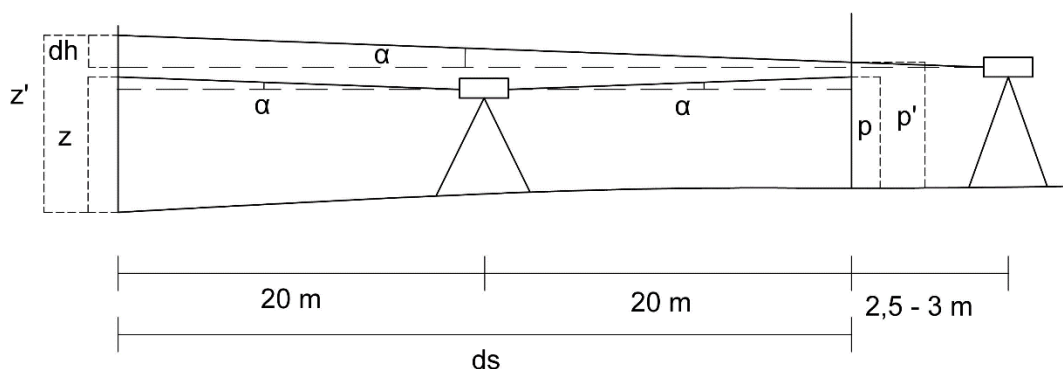


Obr. 8 Fotodokumentace měření – měření přístrojem Leica DNA03

3.1 Určení polohy záměrné přímky

V případě nevodorovnosti záměrné přímky vzniká kolimační chyba (podrobné vysvětlení v kapitole 1.3.1). Digitální nivelační přístroje umožňují automatickou opravu čtení na lati o kolimační chybu. Aby mohla být chyba správně opravena je zapotřebí zjistit před každý měření její velikost. Pro zjištění chyby byl zvolen postup ze středu (metoda $A \times B \times$). Oba přístroje obsahují program na určení chyby, který uživatele celou dobu provází a popisuje jednotlivé kroky měření. Výpočet chyby provede přístroj automaticky.

Ve vzdálenosti přibližně 40 m od sebe se na nivelační podložky postaví latě. Do středu latí se umístí nivelační přístroj a provede se horizontace. Odečte se čtení na lati vzad a vpřed (z, p). Přístroj se postaví přibližně 2,5 m za jednu z latí a opět se odečte čtení na obou latích (z', p').



Obr. 9 Zkouška přístroje

Princip výpočtu je jednoduchý. Převýšení mezi latěmi určené z měření ze středu je považováno za správné, neboť vzhledem ke stejně dlouhým záměrům se chyba ve výsledném převýšení vyloučí. Rozdíl délek záměr je blízký nule.

$$h = z - p$$

Převýšení určené z druhého postavení přístroje je chybou zatíženo. Rozdíl délek záměr je označen ds .

$$h' = z' - p'$$

Rozdíl převýšení má být roven 0.

$$dh = h - h' = z - p - (z' - p')$$

Z Obr. 9 je patrné

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{dh}{ds} \right),$$

kde α vertikální úhel mezi záměrnou přímkou a tečnou k hladinové ploše. Výsledky kalibrací z jednotlivých měřických dnů jsou zobrazeny v tabulkách níže.

Leica DNA03	
Datum	Kolimační chyba
29.11.2016	- 7,7''
3.12.2016	- 5,9''
5.12.2016	- 8,7''

Tab. 3 Leica DNA03 – kolimační chyba

Leica LS15	
Datum	Kolimační chyba
2.11.2016	+ 6,7''
3.11.2016	+ 8,6''
29.11.2016	+ 5,5''
30.11.2016	+ 6,6''
3.12.2016	+ 5,0''

Tab. 2 Leica LS15 – kolimační chyba

3.2 Nastavení přístroje

Nastavení obou použitých přístrojů proběhlo podobným způsobem. Byla nastavena metoda měření BF (vzad, vpřed) a trojí odečet čtení na lati, který se průměruje. Dále byla nastavena oprava ze zakřivení Země. Byly nastaveny limity pro délku záměry a výšku záměry nad terénem, které během měření napomáhaly k dodržení zásad přesné nivelace.

3.3 Shrnutí měření

Měření probíhalo celkem v 6 dnech. Podmínky během měření byly v jednotlivých dnech podobné. Teplota se pohybovala okolo 5 °C, bylo převážně zataženo a bez srážek. Všechny nivelační oddíly byly zaměřeny pomocí nivelačního přístroje Leica LS15 i Leica DNA03. Aby mohli být porovnány vlastnosti přístrojů, byly některé nivelační oddíly zaměřeny oběma přístroji zároveň (Obr. 10).



Obr. 10 Fotodokumentace měření – Leica DNA03 (výše postavený stroj) a Leica LS15

Cílem této bakalářské práce je určení výšky nově stabilizovaného bodu 2010A (Obr. 11).

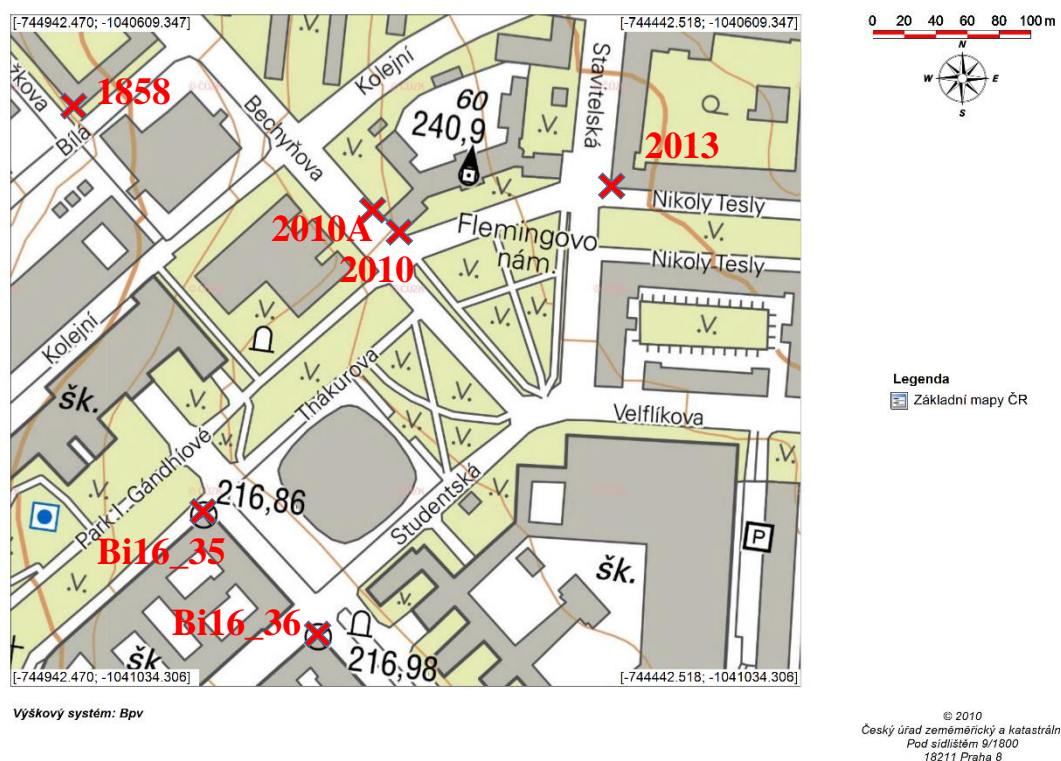


Obr. 11 Výškový bod 2010A

Výškové připojení bylo provedeno na 4 nivelační body (Tab. 4). Výška bodu 2013 byla převzata z bakalářské práce [9] z roku 2007, v práci byla prokázána změna výšky tohoto bodu a byla určena výška nová. Všechny použité výškové body a původní nivelační bod 2010 jsou zobrazeny na Obr. 12.

Číslo bodu	Výška bodu [m] – systém Bpv ²	Druh bodu
Bi16-35	216,856	III. řád
Bi16-36	216,980	III. řád
2013	211,050	PNS-Praha
1858	222,541	PNS-Praha

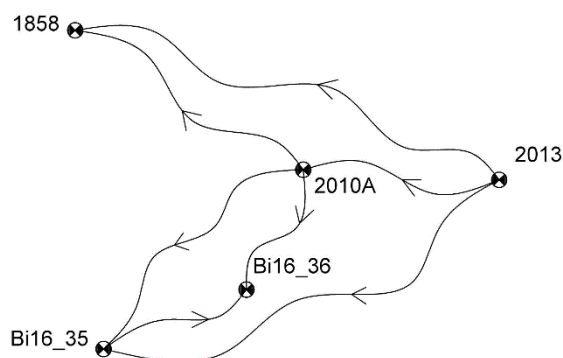
Tab. 4 Připojovací body



Obr. 12 Zobrazení výškových bodů v Základní mapě ČR (výškový systém Bpv)

Celkem bylo pomocí obousměrné nivelace zaměřeno 7 nivelačních oddílů, 3 z těchto oddílů slouží jako kontrolní měření pro ověření totožnosti a neměnnosti připojovacích bodů. Zaměřená nivelační síť je zobrazena na obrázku Obr. 13, šipky určují směr stoupání terénu.

² Balt po vyrovnání



Obr. 13 Nivelační síť (schématický náčrt)

Nivelační síť měla celkovou délku 2,0 km a byla rozdělena na 50 nivelačních sestav. V tabulce níže je uvedena statistika měření, z které je patrné dodržení zásad přesné nivelace.

	Minimální	Maximální	Průměrná
Délka záměry [m]	9,8	35,0	19,9
Výška záměry nad terénem [m]	0,54	2,63	1,47
Délka oddílu [km]	0,16	0,43	0,28

Tab. 5 Statistika měření

Naměřená převýšení z obou přístrojů byla porovnána (Tab. 6). Z tabulky je patrné, že největší rozdíl mezi převýšeními byl v nivelačním oddíle mezi body 2010A a Bi16_36. Část tohoto oddílu vedla po chodníku vydlážděném dlažebními kostkami, který navíc vedl podél frekventované silnice, tento rozdíl mohl být proto způsoben případnými nepatrnými otřesy.

Název oddílu	Převýšení Leica DNA03	Převýšení Leica LS15	Délka oddílu	Rozdíl převýšení LS15 – DNA03	Rozdíl převýšení
	[m]	[m]	[km]	[mm]	ppm
Bi16_35 - 2010A	-2,28646	-2,28617	0,237	0,29	1,22
2013 - 2010A	3,51935	3,51958	0,161	0,23	1,43
2010A - 1858	7,97248	7,97238	0,267	-0,10	-0,37
2010A - Bi16_36	2,41237	2,41144	0,366	-0,93	-2,54
1858 - 2013	-11,49199	-11,49210	0,429	-0,11	-0,26
2013 - Bi16_35	5,80622	5,80623	0,355	0,01	0,03
Bi16_35 - Bi16_36	0,12542	0,12530	0,170	-0,12	-0,71

Tab. 6 Porovnání naměřených převýšení

4 Analýza přesnosti a výpočet výšky

Veškeré výpočty vyrovnání proběhly v programu Matlab podle vlastních výpočetních skriptů a jsou přiloženy v přílohách. Zbylé výpočty pro analýzu přesnosti proběhly v programu Microsoft Excel.

4.1 Analýza přesnosti naměřených dat

Měření bylo provedeno v souladu se zásadami pro měření přesné nivelace. Na základě požadavků použité metody byla provedena kontrola měření tam a zpět a kontrola totožnosti a neměnnosti připojovacích bodů. Přesnost nivelace byla vypočtena dvěma různými způsoby a je charakterizována odhadem střední chyby kilometrové obousměrné nivelace. Byla provedena analýza oprav, při které bylo zjištěno, zdali není některé měření odlehlé. Dále byla přesnost zkontrolována pomocí vypočtených výškových uzávěrů v uzavřeném obrazci.

4.1.1 Kontrola měření tam a zpět

Z naměřených nivelovaných převýšení byl vypočten rozdíl převýšení obousměrné nivelace v jednotlivých nivelačních oddílech

$$\rho = h_{TAM} + h_{ZPĚT} \cdot \quad (3)$$

Rozdíl převýšení byl porovnán s vypočtenou mezní odchylkou stanovenou pro práce ve IV. řadě nivelačních sítí a plošné nivelační sítí [8]

$$5 \cdot \sqrt{R_{km}} [mm], \quad (4)$$

kde R je délka nivelačního oddílu v kilometrech. Aby měření splnila kritéria přesnosti dané pro přesnou nivelaci, musí platit:

$$\rho \leq 5 \cdot \sqrt{R_{km}} \cdot \quad (5)$$

V případě nesplnění této podmínky by muselo být měření v obou směrech opakováno. Všechny měřené nivelační oddíly výše uvedenou podmínku splňují.



Výsledné převýšení v jednotlivých nivelačních oddílech bylo určeno jako průměr

$$h_{AB} = \frac{h_{AB}^{niv} - h_{BA}^{niv}}{2}. \quad (6)$$

Výsledky jsou uvedeny v Tab. 7 a Tab. 9.

4.1.2 Ověření totožnosti a neměnnosti přípojovacích bodů

Na základě kontrolního měření byla vypočtena odchylka mezi daným a nivelovaným převýšením

$$\Delta = h^{vyp} - h^{niv}, \quad (7)$$

kde h^{niv} je výsledné převýšení (průměr) z obousměrné nivelace a h^{vyp} je vypočteno z rozdílů nadmořských výšek bodů na konci nivelačního oddílu.

Vypočtený rozdíl Δ byl porovnán s mezním rozdílem stanoveným pro měření mezi body IV. řádu a plošné nivelační síť podle vyhlášky č.31/1995 Sb. [10]

$$5 \cdot \sqrt{R_{km}} + 2 [mm], \quad (8)$$

kde R je délka nivelačního oddílu. Aby mohly být přípojovací body považovány za totožné a neměnné, musí platit podmínka:

$$\Delta \leq 5 \cdot \sqrt{R_{km}} + 2. \quad (9)$$

Všechny kontrolně zaměřená převýšení tuto podmínku splňují. Použité přípojovací body (Bi16_35, Bi16_36, 2013, 1858) jsou totožné a neměnné a mohou být použity pro výpočet výšky určovaného bodu. Výsledky jsou zobrazeny v Tab. 8 a Tab. 10.

NIVELAČNÍ PŘÍSTROJ LEICA DNA03

Název oddílu	Počet sestav	Převýšení TAM	Převýšení ZPĚT	Délka oddílu	Rozdíl měření (3)	Mezní hodnota (4)	Podmínka (5)	Přesnost nivelace ³ (10)	Průměrné převýšení (6)
		[m]	[m]	[km]	[mm]	[mm]		[mm]	[m]
Bi16_35 – 2010A	6	-2,28640	2,28652	0,24	0,12	2,44	SPLNĚNA	0,23	-2,28646
2013 – 2010A	4	3,51945	-3,51924	0,16	0,21	2,01	SPLNĚNA		3,51935
2010A – 1858	8	7,97263	-7,97232	0,27	0,31	2,58	SPLNĚNA		7,97248
2010A – Bi16_36	8	2,41253	-2,41220	0,37	0,33	3,02	SPLNĚNA		2,41237
1858 – 2013	12	-11,49182	11,49216	0,43	0,34	3,27	SPLNĚNA		-11,49199
2013 – Bi16_35	8	5,80610	-5,80634	0,36	-0,24	2,98	SPLNĚNA		5,80622
Bi16_35 – Bi16_36	4	0,12542	-0,12541	0,17	0,01	2,06	SPLNĚNA		0,12542

Tab. 7 Leica DNA03 – výsledky nivelace

Nivelační oddíl	Délka oddílu	Nivelované převýšení	Vypočtené převýšení	Rozdíl převýšení (7)	Mezní hodnota (8)	Totožnost a neměnnost bodů (9)
	[km]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	
1858 – 2013	0,43	-11,4920	-11,491	1,0	5,3	ANO
Bi16_36 – Bi16_35	0,17	-0,1254	-0,124	1,4	4,1	ANO
Bi16_35 – 2013	0,36	-5,8062	-5,806	0,2	5,0	ANO

Tab. 8 Leica DNA03 – kontrolní měření

³ Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace

NIVELAČNÍ PŘÍSTROJ LEICA LS15

Název oddílu	Počet sestav	Převýšení TAM	Převýšení ZPĚT	Délka oddílu	Rozdíl měření (3)	Mezní hodnota (4)	Podmínka (5)	Přesnost nivelace ⁴ (10)	Průměrné převýšení (6)
		[m]	[m]	[km]	[mm]	[mm]		[mm]	[m]
2010A – Bi16_35	6	2,28623	-2,28611	0,24	0,12	2,44	SPLNĚNA	0,20	2,28617
2013 – 2010A	4	3,51977	-3,51939	0,16	0,38	2,01	SPLNĚNA		3,51958
2010A – 1858	8	7,97237	-7,97238	0,27	-0,01	2,58	SPLNĚNA		7,97238
2010A – Bi16_36	8	2,41134	-2,41154	0,37	-0,20	3,02	SPLNĚNA		2,41144
1858 – 2013	12	-11,49205	11,49214	0,43	0,09	3,27	SPLNĚNA		-11,49210
Bi16_36 – Bi16_35	4	-0,12531	0,12528	0,17	-0,03	2,06	SPLNĚNA		-0,12530
Bi16_35 – 2013	8	-5,80620	5,80626	0,36	0,06	2,98	SPLNĚNA		-5,80623

Tab. 9 Leica LS15 – výsledky nivelace

Nivelační oddíl	Délka oddílu	Nivelované převýšení	Vypočtené převýšení	Rozdíl převýšení (7)	Mezní hodnota (8)	Totožnost a neměnnost bodů (9)
	[km]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	
1858 – 2013	0,43	-11,4921	-11,491	1,1	5,3	ANO
Bi16_36 – Bi16_35	0,17	-0,1253	-0,124	1,3	4,1	ANO
Bi16_35 – 2013	0,36	-5,8062	-5,806	0,2	5,0	ANO

Tab. 10 Leica LS15 – kontrolní měření

⁴ Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace



4.1.3 Odhad přesnosti nivelace z rozdílů měření tam a zpět

Přesnost nivelace byla určena podle [8]

$$\sigma_0' = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum \frac{\rho\rho}{R_{km}}}, \quad (10)$$

kde n je počet nivelovaných oddílů, R je délka nivelačního oddílu a ρ je rozdíl převýšení měřených ve směru tam a zpět. Vypočtený odhad střední chyby kilometrové obousměrné nivelace je uveden v Tab. 7 a Tab. 9.

4.1.4 Odhad přesnosti nivelace vyrovnáním volné sítě

Jiným způsobem určení přesnosti nivelace je vyrovnání volné sítě metodou nejmenších čtverců. Díky tomu, že je síť vyrovnána jako volná dojde k vyloučení chyb daných nivelačních bodů. Protože jsou všechny body považovány za určované, obsahuje matice A lineárně závislé sloupce a síť má tedy nekonečně mnoho řešení. Pro nalezení konkrétního řešení je provedena fixace sítě na bodě 1858, matice A je pak regulární. Cílem tohoto vyrovnání je pouze určení přesnosti nivelace, proto je za výšku bodu 1858 zvolena 0. Pro značení čísla bodu je využito indexů, kde:

$$1 = 2010A$$

$$2 = Bi16_{35}$$

$$3 = Bi16_{36}$$

$$4 = 2013$$

$$5 = 1858 \text{ (pevný bod).}$$

Základní parametry vyrovnání

počet bodů v síti $k = 5$

počet nivelovaných oddílů $n = 7$

počet určovaných bodů $m = 4$

počet nadbytečných měření $r = 10$.

Metoda nejmenších čtverců vychází z podmínky

$$\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} = \min.$$

kde \mathbf{P} je diagonální váhová matice a \mathbf{v} je vektor oprav jednotlivých měření.

Obecný tvar rovnic oprav pro vyrovnání zprostředkujících měření je

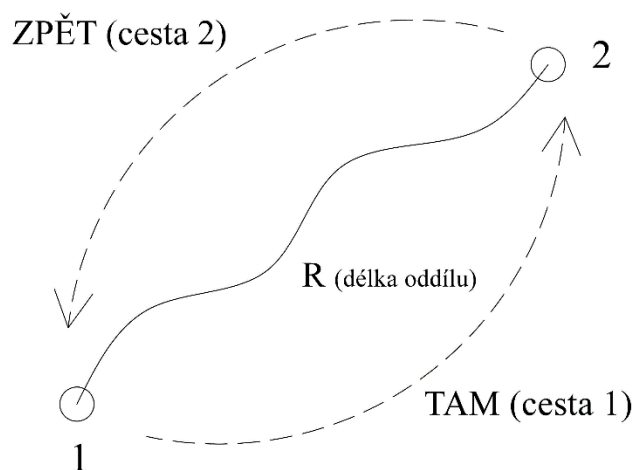
$$\mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} - \mathbf{l},$$

kde \mathbf{A} je matice plánu (popsána níže), \mathbf{x} je vektor přírůstků neznámých parametrů a \mathbf{l} je vektor redukovovaných měření.

V našem případě, kdy jsou všechny nivelační oddíly měřeny pomocí obousměrné nivelace platí pro rovnici oprav následující vztah

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \\ -\mathbf{A} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{x} - \begin{bmatrix} \mathbf{l}_1 \\ \mathbf{l}_2 \end{bmatrix},$$

kde index 1 značí měření ve směru tam a index 2 měření ve směru zpět (Obr. 14). Jelikož jsou funkční vztahy mezi měřenými veličinami a určovanými parametry lineární, značí vektor \mathbf{l} přímo měřená převýšení a vektor \mathbf{x} obsahuje neznámé parametry.



Obr. 14 Obousměrná nivelace

Podle Obr. 14 platí

$$h_{12} = H_2 - H_1.$$



Rovnice oprav pro jeden nivelační oddíl jsou

$$v_1 = [H_2 - H_1 - h_{12}^{niv}]$$

$$v_2 = [H_1 - H_2 - h_{21}^{niv}].$$

Přesnost jednotlivých měření se liší. Abychom mohli ve výpočtu více uplatnit přesnější měření, určíme pro každé měření jeho váhu. Váhy jsou definovány podle [5] vzorcem

$$p_i = \frac{K}{\sigma_{h_i}^2},$$

kde K je vhodně zvolená konstanta a σ_{h_i} je střední chyba jednotlivých nivelovaných převýšení.

Pro σ_{h_i} platí

$$\sigma_{h_i} = \sigma_0 \cdot \sqrt{R_{km}},$$

kde σ_0 je střední chyba kilometrová nivelace a R_{km} je délka nivelačního oddílu.

Jako konstantu K zvolíme σ_0^2 , aby kilometr dlouhý nivelační oddíl měl váhu 1. Výsledný vztah pro váhy jednotlivých měření je pak

$$p_i = \frac{1}{R_{km}}.$$

Byla vytvořena matice vah \mathbf{P} . Protože jsou měření nekorelovaná je matice diagonální.

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 1/R_{1,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/R_{4,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/R_{1,5} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/R_{1,3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/R_{5,4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/R_{3,2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/R_{2,4} \end{bmatrix}$$



Při nivelaci se neměří přímo nadmořské výšky, ale převýšení (zprostředkující veličiny). Je sestavena matice plánu A , která vyjadřuje funkční závislosti mezi neznámými parametry a měřenými veličinami.

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matice se skládá z parciálních derivací jednotlivých rovnic oprav podle neznámých parametrů. Hodnost matice A je 4.

Byla sestavena normální rovnice:

$$[A^T, -A^T] \cdot \begin{bmatrix} P & 0 \\ 0 & P \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ -A \end{bmatrix} \cdot x = [A^T, -A^T] \cdot \begin{bmatrix} P & 0 \\ 0 & P \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix}.$$

Po úpravě získáme rovnici

$$2 \cdot (A^T \cdot P \cdot A) \cdot x - A^T \cdot P \cdot (l_1 - l_2) = 0.$$

A poté

$$(A^T \cdot P \cdot A) \cdot x - A^T \cdot P \cdot \bar{l} = 0,$$

kde \bar{l} je vektor průměrných převýšení. Podle Obr. 14

$$\bar{l} = \frac{1}{2} \cdot (h_{12}^{niv} - h_{21}^{niv}).$$

A dále

$$A^T \cdot P \cdot (A \cdot x - \bar{l}) = 0.$$

$$v = A \cdot x - \bar{l}$$

Z výsledné rovnice je patrné, že vyrovnání může proběhnout rovnou s průměrným převýšením určeným z obousměrné nivelace.



Střední kilometrová odchylka jednosměrné nivelace byla vypočtena podle vztahu (dle konzultací)

$$\sigma_{01}^2 = \frac{1}{10} \cdot \left(2 \cdot \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} + \frac{1}{2} \cdot \boldsymbol{\rho} \cdot \mathbf{P} \cdot \boldsymbol{\rho}^T \right), \quad (11)$$

kde $\boldsymbol{\rho}$ je vektor rozdílů nivelovaných převýšení ve směru tam a zpět.

Výsledná střední kilometrová odchylka obousměrné nivelace se pak vypočte jako

$$\sigma_{02} = \frac{\sigma_{01}}{\sqrt{2}}. \quad (12)$$

Výsledky vyrovnání jsou zobrazeny v tabulce níže.

	Přesnost jednosměrné nivelace ⁵ (11)	Přesnost obousměrné nivelace ⁶ (12)
	[mm]	[mm]
Leica DNA03	0,40	0,28
Leica LS15	0,35	0,25
Rozdíl	0,05	0,03

Tab. 11 Přesnost nivelace – vyrovnání MNČ

4.1.5 Analýza oprav

Pro analyzování oprav bylo zapotřebí sestavit homogenizované rovnice oprav.

Obecný předpis pro rovnici oprav

$$\mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} - \mathbf{l}$$

Po úpravě

$$\mathbf{v} = -(\mathbf{E} - \mathbf{A} \cdot (\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P}) \cdot \mathbf{l} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{l},$$

kde \mathbf{M} značí modelovou matici.

⁵ Střední chyba kilometrová

⁶ Střední chyba kilometrová



Kovarianční matice oprav

$$\boldsymbol{\Sigma}_v = \mathbf{M} \cdot (\sigma_0^2 \cdot \mathbf{P}^{-1}) \cdot \mathbf{M}^T,$$

kde σ_0 značí apriorní chybu přístroje (střední chybu kilometrovou pro obousměrnou nivelaci udávanou výrobcem).

A poté

$$\boldsymbol{\Sigma}_v = \sigma_0^2 \cdot (\mathbf{P}^{-1} - \mathbf{A} \cdot (\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{A}^T) = \boldsymbol{\Sigma}_L - \boldsymbol{\Sigma}_{\hat{L}},$$

kde $\boldsymbol{\Sigma}_{\hat{L}}$ je kovarianční matice vyrovnaných převýšení a $\boldsymbol{\Sigma}_L$ je kovarianční matice měřených převýšení.

Výpočet oprav

$$\mathbf{v} = \hat{\mathbf{L}} - \mathbf{L},$$

kde $\hat{\mathbf{L}}$ značí vyrovnaná převýšení a \mathbf{L} měřená převýšení.

Vypočtené opravy by měli mít normální rozdělení $\mathbf{v} \sim N(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma}_v)$ a jsou vzájemně korelované (závislé). Aby mohla být provedena analýza oprav je zapotřebí provést homogenizaci rovnic.

Byl proveden rozklad

$$\boldsymbol{\Sigma}_v = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{U}^T,$$

kde \mathbf{U} je ortonormální matice a \mathbf{S} je diagonální matice reálných vlastních čísel, z nichž některá jsou nulová.

Pro kovarianční matici platí

$$\boldsymbol{\Sigma}_v^{-1/2} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S}^{-1/2} \cdot \mathbf{U}^T.$$

Vektor homogenizovaných rovnic oprav

$$\tilde{\mathbf{v}} = \boldsymbol{\Sigma}_v^{-1/2} \cdot \mathbf{v}.$$

Pomocí programu Matlab byly zjištěny kritické hodnoty $t\alpha/2$ pro normální rozdělení a interval spolehlivosti na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Rozptyl homogenizovaných oprav by měl odpovídat normovanému normálnímu rozdělení ($\tilde{\mathbf{v}} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{E})$). Pro jednotlivé opravy musí platit

$$-t\alpha/2 \leq \tilde{\mathbf{v}} \leq t\alpha/2.$$

Pokud by se některé z oprav do intervalu nevešly, bylo by dané převýšení považováno za chybné a nejpravděpodobněji by došlo k jeho vyloučení z výpočtu. V případě většího souboru měření je možné z homogenizovaných oprav vytvořit histogram a porovnat ho s normálním rozdělením.

Všechny vypočtené opravy odpovídají normálnímu rozdělení, převýšení lze proto považovat za správné. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce níže. Kritická hodnota pro interval spolehlivosti $t\alpha/2 = 1,96$.

Nivelační přístroj	Oprava převýšení mezi body	Oprava [mm]	Homogenizovaná oprava	Vyhovuje
Leica DNA03	Bi16_35 – 2010A	-0,21	-1,35	ANO
	2013 – 2010A	0,08	0,52	ANO
	2010A – 1858	0,03	0,22	ANO
	2010A – Bi16_36	-0,19	-1,21	ANO
	1858 – 2013	0,06	0,35	ANO
	2013 – Bi16_35	-0,13	-0,85	ANO
	Bi16_35 – Bi16_36	0,09	0,56	ANO
Leica LS15	2010A – Bi16_35	0,11	0,70	ANO
	2013 – 2010A	0,12	0,76	ANO
	2010A – 1858	0,01	0,09	ANO
	2010A – Bi16_36	0,09	0,53	ANO
	1858 – 2013	0,01	0,15	ANO
	Bi16_36 – Bi16_35	0,04	0,25	ANO
	Bi16_35 – 2013	0,25	1,56	ANO

Tab. 12 Analýza oprav



4.1.6 Výškové uzávěry

Další určení přesnosti nivelačních prací bylo provedeno pomocí výškových uzávěrů ve třech trojúhelnících. Pro výpočet byla použita průměrná převýšení.

$$u_{1,2,4} = h_{12}^{niv} + h_{24}^{niv} + h_{41}^{niv}$$

$$u_{1,3,2} = h_{13}^{niv} + h_{32}^{niv} - h_{12}^{niv}$$

$$u_{1,5,4} = h_{15}^{niv} + h_{54}^{niv} + h_{41}^{niv}$$

Podle zákona hromadění směrodatných odchylek byly vypočteny směrodatné odchylky jednotlivých uzávěrů.

$$\sigma_u^2 = \sigma_0^2 \cdot R_1 + \sigma_0^2 \cdot R_2 + \sigma_0^2 \cdot R_3,$$

kde σ_0 je střední kilometrová chyba obousměrné nivelace (zde 0,3 mm) a R je délka nivelačního oddílu v kilometrech.

Po úpravě

$$\sigma_u = \sigma_0 \cdot \sqrt{\sum R_{km}}.$$

Mezní hodnota uzávěru je

$$t \cdot \sigma_0 \cdot \sqrt{\sum R_{km}},$$

kde koeficient t se volí podle observačních podmínek, zde je zvolena hodnota 2. Při horších observačních podmínkách by byla volena hodnota 2,5.

Aby nivelační práce odpovídaly přesnosti udávané výrobcem musí být dosažené uzávěry menší než vypočtené mezní uzávěry.

Všechny uzávěry tuto podmínku splnily, výsledky jsou uvedeny v tabulkách níže.



Nivelační přístroj Leica DNA03				
Trojúhelník	Obvod trojúhelníku	Uzávěr	Mezní odchylka	Podmínka
	[km]	[mm]	[mm]	
2010A – 35 – 2013	0,75	0,42	0,52	SPLNĚNA
2010A – 36 – 35	0,77	0,49	0,53	SPLNĚNA
2010A – 1858 – 2013	0,86	-0,17	0,56	SPLNĚNA

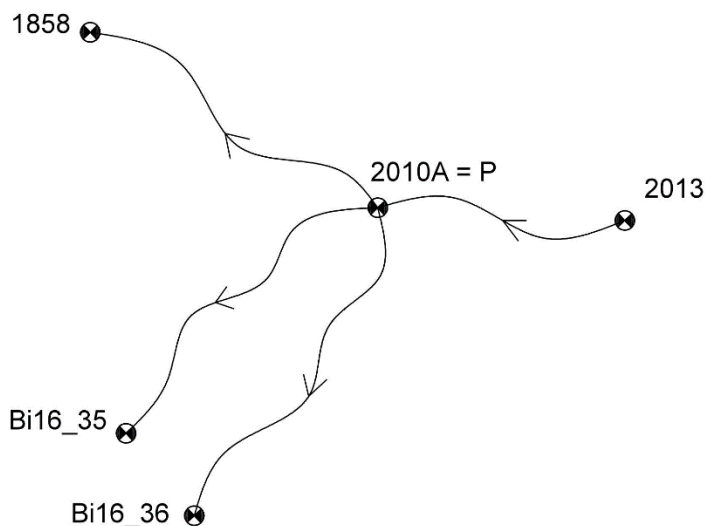
Tab. 13 Leica DNA03 – výškové uzávěry

Nivelační přístroj Leica LS15				
Trojúhelník	Obvod trojúhelníku	Uzávěr	Mezní odchylka	Podmínka
	[km]	[mm]	[mm]	
2010A – Bi16_35 – 2013	0,75	-0,48	0,52	SPLNĚNA
2010A – Bi_36 – Bi16_35	0,77	-0,02	0,53	SPLNĚNA
2010A – 1858 – 2013	0,86	-0,14	0,56	SPLNĚNA

Tab. 14 Leica LS15 – výškové uzávěry

4.2 Určení nadmořské výšky bodu 2010A

Určovaný bod 2010A (=P) byl zaměřen ze čtyř známých nivelačních bodů (Obr. 15 – šipky určují směr stoupaní terénu). Díky nadbytečnému počtu měření mohla být výška bodu určena vyrovnáním metodou nejmenších čtverců (vázaná výšková síť).



Obr. 15 Schéma nivelačních oddílů – určení výšky bodu 2010A

Základní parametry vyrovnání

počet bodů v síti $k = 5$

počet nivelovaných oddílů $n = 4$

počet určovaných bodů $m = 1$

počet nadbytečných měření $n' = 3$.

Pomocí měřeného převýšení na nivelační bod Bi16_35 byla určena přibližná výška určovaného bodu P .

$$H_{P_0} = H_{35} - h_{P,35}^{niv}$$

Rovnice oprav pro jeden nivelační oddíl

$$h_{P,1}^{niv} + v_1 = H_1 - (H_{P_0} + \delta H_P),$$

kde δH_P značí přírůstek výšky (neznámý parametr).



Po úpravě

$$v_1 = -\delta H_P - (h_{P,1}^{niv} - (H_1 - H_{P_0})).$$

Vektor redukovaných měření

$$\mathbf{l} = \begin{bmatrix} h_{P,1}^{niv} - (H_1 - H_0) \\ \vdots \\ h_{P,4}^{niv} - (H_4 - H_0) \end{bmatrix} = \mathbf{L}^{niv} - \mathbf{L}^0,$$

kde \mathbf{L}^{niv} značí vektor nivelovaných převýšení a vektor \mathbf{L}^0 vypočtená převýšení pomocí přibližné výšky.

Protože jsou měření nekorelovaná je váhová matice \mathbf{P} diagonální. Pro váhy jednotlivých měřených převýšení platí

$$p_i = \frac{1}{R_i},$$

kde R značí délku nivelačního oddílu v kilometrech a $i = 1, \dots, 4$.

Byly sestaveny normální rovnice

$$(\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{A}) \cdot \delta H_P = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{l},$$

kde \mathbf{A} je matice plánu 4×1 (parciální derivace jednotlivých rovnic oprav podle neznámých parametrů).

Po dosazení

$$\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{A} = \sum_1^n p_i = \sum_1^n \frac{1}{R_i}.$$

Výpočet neznámého parametru

$$\delta H_P = \frac{\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{l}}{\sum_1^n p_i} = \frac{\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{l}}{\sum_1^n \frac{1}{R_i}}.$$



Vyrovnaná výška bodu P se vypočte

$$H_P = H_0 + \delta H_P.$$

Vektor vyrovnaných převýšení

$$\hat{\mathbf{L}} = \begin{bmatrix} H_1 - H_P \\ \vdots \\ H_4 - H_P \end{bmatrix}.$$

Byl vypočten vektor oprav měřených převýšení (Tab. 15 a Tab. 16)

$$\mathbf{v} = \hat{\mathbf{L}} - \mathbf{L}^{niv}.$$

Odhad střední chyby kilometrové pro obousměrnou nivelaci

$$\hat{\sigma}_{02}^2 = \frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}}{n'},$$

kde n' ($= 3$) je počet nadbytečných měření.

Odhad střední chyby vyrovnané výšky

$$\hat{\sigma}_P^2 = \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sum_1^n p_i}.$$

Nadmořská výška bodu 2010A je určena v systému Bpv. Výsledky vyrovnaní jsou zobrazeny v Tab. 17.

Leica DNA03			
Převýšení	Měřené převýšení	Oprava	Vyrovnané převýšení
	[m]	[mm]	[m]
$h_{Bi16_35,P}$	-2,28646	-0,61	-2,2871
$h_{2013,P}$	3,51935	-0,41	3,5189
$h_{P,1858}$	7,97248	-0,41	7,9721
$h_{P,Bi16_36}$	2,41237	-1,30	2,4111

Tab. 15 Leica DNA03 – vyrovnaná převýšení



Leica LS15			
Převýšení	Měřené převýšení	Oprava	Vyrovnané převýšení
	[m]	[mm]	[m]
$h_{P,Bi16_35}$	2,28617	0,57	2,2867
$h_{2013,P}$	3,51958	-0,32	3,5193
$h_{P,1858}$	7,97238	-0,64	7,9717
$h_{P,Bi16_36}$	2,41144	-0,71	2,4107

Tab. 16 Leica LS15 – vyrovnaná převýšení

Nivelační přístroj	Nadmořská výška bodu 2010A	Střední chyba vyrovnané výšky [mm]	Přesnost nivelace ⁷ [mm]
Leica DNA03	214,5689 m	0,39	1,62
Leica LS15	214,5693 m	0,31	1,27
Rozdíl	-0,4 mm	0,08	0,35

Tab. 17 Nadmořská výška bodu 2010A

4.3 Kontrola přesnosti – chí-kvadrát rozdělení

Střední kilometrová chyba obousměrné nivelace udávaná výrobcem je pro oba použité přístroje stejná

$$\sigma_0 = 0,3 \text{ mm.}$$

Pro posouzení, zda vypočtený odhad přesnosti nivelace (σ'_0) odpovídá přesnosti dané výrobcem je použito chí-kvadrát rozdělení, které vychází z normálního rozdělení náhodné veličiny.

Veličina $\frac{n' \cdot \sigma_0'^2}{\sigma_0^2} \sim \chi_{n'}^2$, (má chí-kvadrát rozdělení), kde n' (=3) značí počet stupňů volnosti (nadbytečná měření).

⁷ Odhad střední chyby kilometrové obousměrné nivelace

Interval spolehlivosti pro veličinu $\frac{\sigma'_0}{\sigma_0}$ je

$$\sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(n')}{n'}} \leq \frac{\sigma'_0}{\sigma_0} \leq \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2}(n')}{n'}}$$

kde $\chi^2_{\alpha/2}$ jsou kritické hodnoty chí-kvadrát rozdělení. Kritické hodnoty rozdělení (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$) byly zjištěny pomocí programu Matlab.

Pokud se veličina nachází v intervalu spolehlivosti, odpovídá s 95 % pravděpodobností chí-kvadrát rozdělení a dosažená přesnost odpovídá přesnosti uvedené výrobcí.

Pokud se nachází testovaná veličina mimo interval, dosažená přesnost měření je jiná, než přesnost udávaná anebo došlo k projevení vlivu podkladu.

Odhad střední chyby kilometrové pro obousměrnou nivelaci byl vypočten celkem třemi způsoby, všechny vypočtené hodnoty byly otestovány pomocí chí-kvadrát rozdělení (Tab. 18).

Přístroj	Způsob výpočtu	Odhad přesnosti [mm]	Veličina $\frac{\sigma'_0}{\sigma_0}$	Interval spolehlivosti	Vyhovuje
Leica DNA03	Rozdíl měření tam a zpět	0,23	0,77	0,27 - 1,77	ANO
	Vyrovnání volné sítě	0,28	0,93		ANO
	Vyrovnání vázané sítě	1,62	5,40		NE
Leica LS15	Rozdíl měření tam a zpět	0,20	0,67		ANO
	Vyrovnání volné sítě	0,25	0,83		ANO
	Vyrovnání vázané sítě	1,27	4,23		NE

Tab. 18 Chí-kvadrát test



Závěr

Cílem bakalářské práce bylo určení výšky nově stabilizovaného bodu 2010A. Bod byl výškově zaměřen metodou přesné nivelace pomocí nivelačních přístrojů Leica LS15 a Leica DNA03 (referenční přístroj). Připojení proběhlo na 4 nivelační body, jejichž výška byla prokázána jako totožná a neměnná pomocí 3 kontrolních převýšení. Měřená převýšení splňují kritéria pro práci v nivelačních sítích IV. řádu a práci v plošné nivelační síti. Výpočet výšky bodu proběhl vyrovnáním vázané sítě metodou nejmenších čtverců. Nadmořská výška nově stabilizovaného bodu 2010A v systému Bpv určená pomocí přístroje Leica LS15 je 214,569 m a byla určena se střední chybou 0,3 mm. Výška určená pomocí přístroje Leica DNA03 je v řádu milimetrů shodná. Výsledná přesnost vypočtené výšky je ovlivněna přesností připojovacích bodů.

Odhad přesnosti nivelace byl vypočten třemi různými způsoby. Nejprve byla vypočtena střední kilometrová chyba pomocí rozdílu měření ve směru tam a zpět. Vypočtená střední kilometrová chyba nivelačního přístroje Leica LS15 je 0,20 mm a u přístroje Leica DNA03 je 0,23 mm. Druhým způsobem výpočtu přesnosti bylo vyrovnání volné sítě metodou nejmenších čtverců. Při tomto výpočtu došlo k uvážení vazeb v síti, a proto vyšla přesnost nepatrně horší. Střední kilometrová chyba nivelačního přístroje Leica LS15 je 0,25 mm a přesnost přístroje Leica DNA03 je 0,28 mm. Přesnost nivelace vypočtená oběma způsoby byla zkontrolována pomocí chí-kvadrát rozdělení a odpovídá přesnosti deklarované výrobcem.

Přesnost nivelace vypočtená z vyrovnání vázané sítě je značně horší a zdaleka neodpovídá přesnosti, kterou by měli přístroje splňovat. Velikost této střední chyby je ovlivněna přesností daných nivelačních bodů a nelze jí proto považovat za objektivní. Odhad střední chyby kilometrové (obousměrné nivelace) pro nivelační přístroj Leica LS15 je 1,27 mm a u přístroje Leica DNA03 je 1,62 mm.

Použité nivelační přístroje slouží pro digitální nivelaci pro nivelační práce nejvyšší přesnosti. Podle provedeného rozboru přesnosti, není mezi přístroji signifikantní rozdíl a přesnost přístrojů je tedy stejná. Střední chyba kilometrová je 0,3 mm pro obousměrnou nivelaci a odpovídá přesnosti deklarované výrobcem.



V průběhu měření nebyl zjištěn žádný závažný nedostatek použitých nivelačních přístrojů. Dá se říci, že nivelační přístroj Leica LS15 je vylepšením přístroje Leica DNA03. Oba přístroje mají podobné ovládaní a software.

Hlavními vylepšeními přístroje Leica LS15 je autofokus a digitální kompas. Díky automatickému ostření by mělo dojít ke zrychlení nivelačních prací a eliminování chyb ze zaostření (paralaxa). Při samotném měření může měřič pouze sledovat displej a již není nutný pohled do dalekohledu. Vzhledem k malému rozsahu měřických prací nebylo jejich výrazné zrychlení zaznamenáno. Rychlejší bylo pouze samotné odečítání a průměrování čtení na lati. Měření s tímto novým nivelačním přístrojem je jednoznačně uživatelsky příjemnější. Citlivost na světelné podmínky se zdála být nepatrně horší než u referenčního přístroje. Jedinou zaznamenanou nevýhodou je univerzální chybová hláška (lat' nenalezena, příliš slunce, malý rozsah latě, ...), z které není jasně patrné, o jaký problém se při měření jedná. Dá se předpokládat, že tento nedostatek bude v průběhu aktualizace softwaru odstraněn. Nejužitečnější vylepšení bylo shledáno v možnosti uložení dat na USB disk přímo v terénu, přenos dat tímto způsobem je zřetelně jednodušší a rychlejší. Pro přesné nivelační práce je od firmy Leica v nabídce už pouze nivelační přístroj Leica LS15.



Seznam použité literatury

- [1] BLAŽEK, Radim a Zdeněk SKOŘEPA. Geodézie 3. 2., přepr. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03100-4.
- [2] ŠTRONER, Martin. *Geodézie 3 - přednášky: Nivelace. Chyby a přesnost nivelačních prací, mezní odchylky*. [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GD3/gd3_pred_2.pdf
- [3] GEOSYSTEMS AG, Leica. *Návod k použití DNA03/DNA10*. Verze 1.2cz. Switzerland, 2004.
- [4] GEOSYSTEMS AG, Leica. *User Manual Leica LS10/LS15*. Version 1.0en. Switzerland, 2015.
- [5] HAMPACHER, Miroslav a Vladimír RADOUCH. *Teorie chyb a vyrovnávací počet 10*. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-01704-4.
- [6] SLABOCH, Václav. Elektronická nivelace. *Geodetický a kartografický obzor*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1990, **36/78**(8), 210-211. Dostupné také z: http://archivnimapy.cuzk.cz/index_zemvest.html
- [7] KULDOVÁ, Marie. Digitální nivelační přístroj NA2000 a jeho zkoušky. *Geodetický a kartografický obzor*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1991, **37/79**(6), 100-104.
- [8] *Instrukce pro práce ve výškových bodových polích*. 2. přepr. vyd. Praha: Geodetický a kartografický podnik, 1987.
- [9] VÍT, Petr. *Určení výšky bodu – nivelace s DNA03*. Praha, 2009. Bakalářská práce. ČVUT. Vedoucí práce Zdeněk Skořepa.
- [10] *Úplné znění: Katastr nemovitostí; Zeměměřictví; Pozemkové úpravy a úřady*. 1114. Ostrava: Sagit, 2016. ISBN 978-80-7488-145-9.
- [11] *Návod pro správu geodetických základů České republiky* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2015 [cit. 2017-05-12]. ISBN 978-80-86918-86-0. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK.aspx>

Seznam obrázků

Obr. 1 Nivelační sestava	8
Obr. 2 Nivelační oddíl	9
Obr. 3 Nivelační přístroj Leica DNA03.....	13
Obr. 4 Nivelační přístroj Leica LS15.....	14
Obr. 5 Leica LS15 – Autofokus.....	15
Obr. 6 Leica LS15 – Digitální kompas	15
Obr. 7 Fotodokumentace měření – figurant.....	17
Obr. 8 Fotodokumentace měření – měření přístrojem Leica DNA03	18
Obr. 9 Zkouška přístroje	19
Obr. 10 Fotodokumentace měření – Leica DNA03 (výše postavený stroj) a Leica LS15 ..	21
Obr. 11 Výškový bod 2010A.....	21
Obr. 12 Zobrazení výškových bodů v Základní mapě ČR (výškový systém Bpv)	22
Obr. 13 Nivelační síť (schématický náčrt).....	23
Obr. 14 Obousměrná nivelace	29
Obr. 15 Schéma nivelačních oddílů – určení výšky bodu 2010A	37

Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání přístrojů	16
Tab. 2 Leica LS15 – kolimační chyba	20
Tab. 3 Leica DNA03 – kolimační chyba	20
Tab. 4 Připojovací body	22
Tab. 5 Statistika měření	23
Tab. 6 Porovnání naměřených převýšení	23
Tab. 7 Leica DNA03 – výsledky nivelace	26
Tab. 8 Leica DNA03 – kontrolní měření	26
Tab. 9 Leica LS15 – výsledky nivelace	27
Tab. 10 Leica LS15 – kontrolní měření	27
Tab. 11 Přesnost nivelace – vyrovnání MNČ	32
Tab. 12 Analýza oprav	34
Tab. 13 Leica DNA03 – výškové uzávěry	36
Tab. 14 Leica LS15 – výškové uzávěry	36
Tab. 15 Leica DNA03 – vyrovnaná převýšení	39
Tab. 16 Leica LS15 – vyrovnaná převýšení	40
Tab. 17 Nadmořská výška bodu 2010A	40
Tab. 18 Chí-kvadrát test	41

Seznam příloh

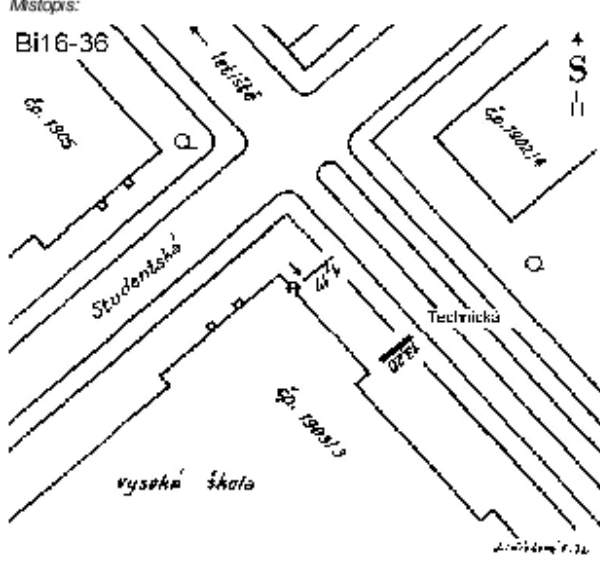
Příloha č. 1: Nivelační údaje	48
Příloha č. 2: Zpracované zápisníky měření.....	52
Příloha č. 3: Výpočetní skripty pro Matlab.....	67
Příloha č. 4: Originální zápisníky měření	CD

Příloha č. 1: Nivelační údaje

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: Bi16 Letiště-Dejvice						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddílu	od počátku			
Bi16-34	Bi16-35	0,215	8,157	216,856 m	1972	
<p>Místopisný popis: Dejvice, dům čp.1905</p> <p>Stav a stáří objektu: značka 0,2 m nad zemí zachovalá udržovaná cihlová stavba z roku 1930</p> <p>Poznámky: 1.Původně bod PNS Praha-2009</p>		<p>Místopis: Bi16-35</p> <p>čp. 1905/18 vysoká škola chemicko-technologická</p> <p>Úz. jednotka: 310600105 Okres: Praha 6 Obec: PRAHA6 Kat. území: DEJMCE Vlastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	12-24		SMO-5	Praha 7-0		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č VI	2	Geoplan Praha 1951		Y	744820 m	dig.
	Druh stab.			X	1040926 m	
	N					
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
14° 23' 25,9"		50° 6' 15,7"	981017 mgal	981076 mgal	-2 mgal	
Datum: 1.11.2016						

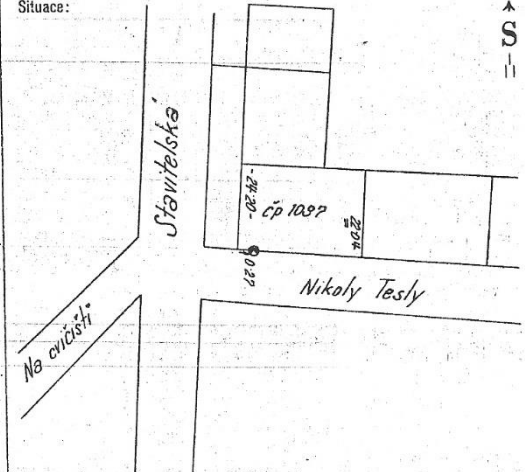
NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: Bi16 Letiště-Dejvice						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddílu	od počátku			
Bi16-35	Bi16-36	0.117	8.274	216.980 m	1972	
<p>Místopisný popis: Dejvice, dům čp.1903</p> <p>Stav a stáří objektu: značka 0,5 m nad zemí zachovalá udržovaná cihlová stavba z roku 1930</p> <p>Poznámky:</p>		<p>Místopis:</p> 				
		<p>Úz. jednotka: 310600105</p> <p>Okres: Praha 6</p> <p>Obec: PRAHA6</p> <p>Kat. území: DEJMCE</p> <p>Mastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	12-24		SMO-5	Praha 7-0		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č Va	2	GÚ Praha		Y	744748 m	dig.
	Druh stab.	Hrobník		X	1041003 m	
	N	1972				
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
14° 23' 30,0"		50° 6' 13,6"	981017 mgal	981076 mgal	-2 mgal	
Datum: 1.11.2016						

11970

NIVELAČNÍ ÚDAJE

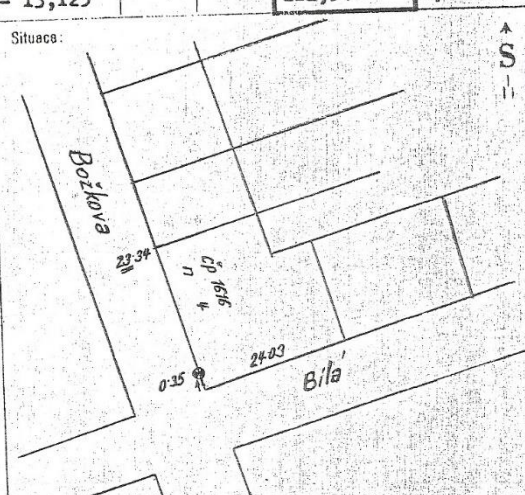
058

Pořadí:		Platnost od:		do:				
Nivelační pořad - Podrobná nivelační síť: PNS - 1973			Kraj: hl.m. Praha	Okres: Praha 6	Obec:			
			Kat. úz.:	SMO - 6	Praha			
					7 - 0			
Předcházející bod:	2011	Délka oddílu	Vzdálenost od počátku pořadu	Nivelační převýšení	Tíhová redukce	Oprava z vyrovnání	Nadmořská výška balt. - po vyrovnání	Převod do jaderu +
Nivelační bod:	2013	km	km	m	mm	mm	m	m
		0,216	0,216	-1,605			211,054	0,403
Situční popis: H <u>Praha 6, Dejvice</u> dům čp 1097, Nikoly Tesly 14, 0,2 m nad zemí				Situace: 				
Poznámky:								
Druh značky	Stupeň stability	Stabilizoval (ústav, jméno, datum)		Druh bodu	Výška z roku.....	Převýšení z roku.....		
H	3	původ neznámý			1973			
IV	N.							
Stav a stáří stavby, stavební hmota, půdní vlastnosti: zachevalá, cihlová emítnutá budova								
Geologický popis:								Klasifikace
Geomorfologické vlastnosti místa:								
NÚ vyhotovil (ústav, jméno, datum)	situaci	Geodézie, Šturmová 1974		Kontroloval	<i>Ing. Miroslav 2/75</i>			
	zápis	Šturmová 1974						
Záznam změn:								
Středisko geodézie hlavní město Praha Hybernská 10 110 00 Praha 1								

11970

NIVELAČNÍ ÚDAJE

050

Pořadí:		Platnost od:		do:			
Nivelační pořad - Podrobná nivelační síť: PNS - 1973				Kraj: hl. m. Praha	List mapy 1:50000		
				Okres: Praha 6			
				Obec:	Praha		
				Kat. úz.:	7 - 0/1-3		
Předcházející bod: 1859	Délka oddílu	Vzdálenost od počátku pořadí	Nivelační převýšení	Tíhová redukce	Oprava z vyrovnání	Nadmořská výška balt - po vyrovnání	Převod do jedranu
	km	m	m	mm	mm	m	+
Nivelační bod: 1858	0,380	0,820	- 13,125			222,541	0,403
Situční popis: Č <u>Praha 6 - Dejvice</u> dům čp 1616, roh ulice Božkova a Bílé, 0,6 m nad zemí			Situace: 				
Poznámky:							
Druh značky	Stupeň stability	Stabilizoval (ústav, jméno, datum)		Druh bodu	Výška z roku	Převýšení z roku	
Č	2	původ neznámý			1973		
VI	N						
Stav a stáří stavby, stavební hmota, půdní vlastnosti: čínžák velmi zachevalý, cihlový, omítnutý, pedsklepený							
Geologický popis:							
Geomorfologické vlastnosti místa:							
NÚ vyhotovil (ústav, jméno, datum)	situnci	Geodézie, Šturmová 1974		Kontroloval	<i>Lupešková 1975</i>		
	zápis	Šturmová 1974					
Záznam změn:							

Příloha č. 2:

Zpracované zápisníky měření

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – Bi16_35			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 2. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	0,84687	12,57		
1	F	1,85062	12,64	25,21	-1,00375
1	B	1,68465	21,90		
2	F	0,55069	22,23	69,34	0,13021
2	B	2,54796	23,59		
3	F	0,98351	23,70	116,63	1,69466
3	B	1,65039	19,93		
4	F	1,15057	19,91	156,47	2,19448
4	B	1,43514	20,66		
5	F	1,78674	20,63	197,76	1,84288
5	B	1,66818	20,09		
Bi16_35	F	1,22483	19,76	237,61	2,28623

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_35 – 2010A			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 3. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_35	B	1,23561	19,65		
1	F	1,67737	20,22	39,87	-0,44176
1	B	1,80542	20,63		
2	F	1,45574	20,67	81,17	-0,09208
2	B	1,17239	19,91		
3	F	1,67310	19,91	120,99	-0,59279
3	B	1,04337	23,74		
4	F	2,60480	23,55	168,28	-2,15422
4	B	0,53677	22,18		
5	F	1,67380	21,98	212,44	-3,29125
5	B	1,84231	12,48		
2010A	F	0,83717	12,69	237,61	-2,28611

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2013 – 2010A Nivelační přístroj: Leica LS15 (v.č. 700151)			Měřil: Markéta Kubelová Datum: 3. 11. 2016 Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2013	B	1,71929	29,00		
1	F	0,79567	29,28	58,28	0,92362
1	B	1,91728	19,86		
2	F	1,02751	19,77	97,91	1,81339
2	B	1,89082	19,67		
3	F	1,07809	19,97	137,55	2,62612
3	B	1,81109	11,88		
2010A	F	0,91744	12,07	161,50	3,51977

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – 2013 Nivelační přístroj: Leica LS15 (v.č. 700151)			Měřil: Markéta Kubelová Datum: 30. 11. 2016 Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	0,89804	12,11		
1	F	1,79255	11,84	23,95	-0,89451
1	B	1,08103	19,94		
2	F	1,89514	19,62	63,51	-1,70862
2	B	1,03480	19,79		
3	F	1,92202	19,87	103,17	-2,59584
3	B	0,82343	29,26		
2013	F	1,74698	29,06	161,49	-3,51939

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – 1858			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 29. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	2,01931	30,04		
1	F	0,92212	30,03	60,07	1,09719
1	B	2,40807	32,61		
2	F	0,59456	32,37	125,05	2,91070
2	B	1,83142	16,14		
3	F	1,00510	16,33	157,52	3,73702
3	B	1,93718	10,75		
4	F	0,95470	10,80	179,07	4,71950
4	B	1,95184	14,00		
5	F	0,95468	13,80	206,87	5,71666
5	B	1,96668	10,02		
6	F	1,14983	9,96	226,85	6,53351
6	B	2,01473	10,24		
7	F	1,03869	10,19	247,28	7,50955
7	B	1,52656	9,88		
1858	F	1,06374	10,17	267,33	7,97237

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 1858 – 2010A			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 3. 12. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
1858	B	1,01267	10,07		
1	F	1,47740	9,94	20,01	-0,46473
1	B	1,02265	10,16		
2	F	1,99631	10,23	40,40	-1,43839
2	B	1,12197	9,99		
3	F	1,93833	9,92	60,31	-2,25475
3	B	0,94457	13,85		
4	F	1,94659	13,99	88,15	-3,25677
4	B	0,98098	10,78		
5	F	1,95968	10,75	109,68	-4,23547
5	B	1,03476	16,28		
6	F	1,85316	16,18	142,14	-5,05387
6	B	0,61294	32,47		
7	F	2,43546	32,53	207,14	-6,87639
7	B	1,03388	29,93		
2010A	F	2,12987	30,14	267,21	-7,97238

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – Bi16_36			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 30. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	0,89499	11,99		
1	F	1,79413	11,98	23,97	-0,89914
1	B	1,14862	34,64		
2	F	1,63800	34,83	93,44	-1,38852
2	B	1,40515	22,00		
3	F	1,51888	21,82	137,26	-1,50225
3	B	1,28893	15,89		
4	F	1,40484	16,15	169,30	-1,61816
4	B	2,10344	34,92		
5	F	0,69947	34,84	239,06	-0,21419
5	B	1,84543	15,95		
6	F	1,08829	15,71	270,72	0,54295
6	B	2,18086	26,72		
7	F	1,10101	27,01	324,45	1,62280
7	B	1,58665	20,82		
Bi16_36	F	0,79811	20,73	366,00	2,41134

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_36 – 2010A			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 30. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_36	B	0,80045	20,79		
1	F	1,58254	20,71	41,50	-0,78209
1	B	1,07388	26,98		
2	F	2,15038	26,76	95,24	-1,85859
2	B	1,05973	15,79		
3	F	1,83087	15,91	126,94	-2,62973
3	B	0,69514	34,84		
4	F	2,08946	34,86	196,64	-4,02405
4	B	1,37806	16,06		
5	F	1,26729	15,97	228,67	-3,91328
5	B	1,50124	21,79		
6	F	1,38831	22,02	272,48	-3,80035
6	B	1,64431	34,81		
7	F	1,14921	34,75	342,04	-3,30525
7	B	1,76754	11,84		
2010A	F	0,87383	12,04	365,92	-2,41154

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 1858 – 2013			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 29. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
1858	B	1,06379	10,17		
1	F	1,52766	9,88	20,05	-0,46387
1	B	1,01825	10,27		
2	F	1,99264	10,19	40,51	-1,43826
2	B	1,14772	9,93		
3	F	1,95723	9,92	60,36	-2,24777
3	B	0,91350	13,87		
4	F	1,91977	14,03	88,26	-3,25404
4	B	0,96956	10,76		
5	F	1,95307	10,80	109,82	-4,23755
5	B	1,01775	16,15		
6	F	1,84409	16,30	142,27	-5,06389
6	B	0,58196	32,42		
7	F	2,39440	32,56	207,25	-6,87633
7	B	0,93373	29,98		
8	F	2,02979	30,05	267,28	-7,97239
8	B	0,93368	12,12		
9	F	1,83203	11,98	291,38	-8,87074
9	B	1,12509	20,00		
10	F	1,93826	19,69	331,07	-9,68391
10	B	1,05686	19,65		
11	F	1,94091	19,91	370,63	-10,56796
11	B	0,84198	29,18		
2013	F	1,76607	29,11	428,92	-11,49205

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2013 – 1858			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 30. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2013	B	1,74963	29,19		
1	F	0,82225	29,25	58,44	0,92738
1	B	1,92684	19,72		
2	F	1,04429	19,77	97,93	1,80993
2	B	1,95670	19,72		
3	F	1,14324	20,01	137,66	2,62339
3	B	1,81525	11,91		
4	F	0,91909	12,05	161,62	3,51955
4	B	2,04604	30,02		
5	F	0,95028	29,99	221,63	4,61531
5	B	2,39456	32,54		
6	F	0,56938	32,53	286,70	6,44049
6	B	1,85368	16,12		
7	F	1,03730	16,34	319,16	7,25687
7	B	1,95718	10,96		
8	F	0,97445	10,53	340,65	8,23960
8	B	1,93027	13,96		
9	F	0,93649	13,82	368,43	9,23338
9	B	1,94959	10,02		
10	F	1,13647	9,96	388,41	10,04650
10	B	2,00803	10,12		
11	F	1,02488	10,29	408,82	11,02965
11	B	1,45635	9,84		
1858	F	0,99386	10,17	428,83	11,49214

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_36 – Bi16_35			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 30. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_36	B	0,94469	24,83		
1	F	1,64339	25,06	49,89	-0,69870
1	B	1,47433	20,26		
2	F	1,48863	20,59	90,74	-0,71300
2	B	1,48473	19,92		
3	F	1,33881	19,96	130,62	-0,56708
3	B	1,62870	20,02		
Bi16_35	F	1,18693	19,74	170,38	-0,12531

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_35 – Bi16_36			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 3. 12. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_35	B	1,26026	19,86		
1	F	1,70208	19,95	39,81	-0,44182
1	B	1,36175	20,00		
2	F	1,50502	19,91	79,72	-0,58509
2	B	1,51648	20,63		
3	F	1,50888	20,25	120,60	-0,57749
3	B	1,64846	24,88		
Bi16_36	F	0,94569	24,94	170,42	0,12528

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_35 – 2013			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 30. 11. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_35	B	1,18021	19,81		
1	F	1,62512	20,02	39,83	-0,44491
1	B	1,80080	20,68		
2	F	1,45107	20,69	81,20	-0,09518
2	B	1,15437	19,86		
3	F	1,64834	19,98	121,04	-0,58915
3	B	0,94814	23,75		
4	F	2,51667	23,52	168,31	-2,15768
4	B	0,56349	22,15		
5	F	1,69138	21,99	212,45	-3,28557
5	B	1,26532	22,77		
6	F	1,97295	22,58	257,80	-3,99320
6	B	1,05114	19,69		
7	F	1,93916	19,81	297,30	-4,88122
7	B	0,81676	29,26		
2013	F	1,74174	29,16	355,72	-5,80620

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2013 – Bi16_35			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica LS15			Datum: 3. 12. 2016		
(v.č. 700151)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2013	B	1,73100	29,12		
1	F	0,80911	29,30	58,42	0,92189
1	B	1,96412	19,83		
2	F	1,07595	19,74	97,99	1,81006
2	B	2,00310	22,60		
3	F	1,29646	22,72	143,31	2,51670
3	B	1,72488	22,02		
4	F	0,59187	22,13	187,46	3,64971
4	B	2,59638	23,60		
5	F	1,03216	23,69	234,75	5,21393
5	B	1,71031	19,97		
6	F	1,21026	19,87	274,59	5,71398
6	B	1,48037	20,68		
7	F	1,82982	20,70	315,97	5,36453
7	B	1,70188	19,94		
Bi16_35	F	1,26015	19,85	355,76	5,80626

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_35 – 2010A			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 29. 11. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_35	B	1,23223	19,73		
1	F	1,67682	20,01	39,74	-0,44459
1	B	1,80017	20,73		
2	F	1,44901	20,64	81,11	-0,09343
2	B	1,20715	19,81		
3	F	1,70641	19,94	120,86	-0,59269
3	B	0,96797	23,69		
4	F	2,53347	23,59	168,14	-2,15819
4	B	0,57208	22,10		
5	F	1,70452	21,94	212,18	-3,29063
5	B	1,83791	12,60		
2010A	F	0,83368	12,54	237,32	-2,28640

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – Bi16_35			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 3. 12. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	0,86589	12,56		
1	F	1,86667	12,59	25,15	-1,00078
1	B	1,72085	22,02		
2	F	0,59246	22,07	69,24	0,12761
2	B	2,57511	23,49		
3	F	1,00521	23,76	116,49	1,69751
3	B	1,67594	19,96		
4	F	1,18493	19,69	156,14	2,18852
4	B	1,50235	20,70		
5	F	1,84543	20,71	197,55	1,84544
5	B	1,69228	19,99		
Bi16_35	F	1,25120	19,79	237,33	2,28652

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2013 – 2010A Nivelační přístroj: Leica DNA03 (v.č. 337893)			Měřil: Markéta Kubelová Datum: 29. 11. 2016 Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2013	B	1,72542	29,13		
1	F	0,80141	29,19	58,32	0,92401
1	B	1,89887	19,80		
2	F	1,01010	19,71	97,83	1,81278
2	B	1,90871	19,64		
3	F	1,09875	19,99	137,46	2,62274
3	B	1,82796	11,87		
2010A	F	0,93125	12,04	161,37	3,51945

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – 2013 Nivelační přístroj: Leica DNA03 (v.č. 337893)			Měřil: Markéta Kubelová Datum: 3. 12. 2016 Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	0,93332	12,06		
1	F	1,83008	11,82	23,88	-0,89676
1	B	1,12794	19,94		
2	F	1,93757	19,66	63,48	-1,70639
2	B	1,05715	19,82		
3	F	1,94775	19,71	103,01	-2,59699
3	B	0,84219	28,98		
2013	F	1,76444	29,37	161,36	-3,51924

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – 1858			Měřil: Jan Seidl		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 29. 11. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	2,14165	29,99		
1	F	1,04433	30,03	60,02	1,09732
1	B	2,56542	32,53		
2	F	0,75192	32,40	124,95	2,91082
2	B	1,97589	16,10		
3	F	1,14966	16,32	157,37	3,73705
3	B	2,05481	10,91		
4	F	1,07232	10,54	178,82	4,71954
4	B	2,07244	13,95		
5	F	1,07506	13,77	206,54	5,71692
5	B	2,08282	10,07		
6	F	1,26593	9,84	226,45	6,53381
6	B	2,11750	10,19		
7	F	1,14147	10,15	246,79	7,50984
7	B	1,62450	9,79		
1858	F	1,16171	10,19	266,77	7,97263

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 1858 – 2010A			Měřil: Jan Seidl		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 3. 12. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
1858	B	1,14228	9,96		
1	F	1,60703	9,98	19,94	-0,46475
1	B	1,09068	10,12		
2	F	2,06447	10,21	40,27	-1,43854
2	B	1,20455	9,88		
3	F	2,02086	9,95	60,10	-2,25485
3	B	1,05780	13,73		
4	F	2,05943	14,06	87,89	-3,25648
4	B	1,06646	10,67		
5	F	2,04516	10,78	109,34	-4,23518
5	B	1,14421	16,35		
6	F	1,96255	16,05	141,74	-5,05352
6	B	0,66209	32,40		
7	F	2,48497	32,56	206,70	-6,87640
7	B	1,03256	29,91		
2010A	F	2,12848	30,12	266,73	-7,97232

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2010A – Bi16_36			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 5. 12. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: zataženo, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2010A	B	0,93590	12,01		
1	F	1,83424	11,89	23,90	-0,89834
1	B	1,17917	34,59		
2	F	1,66594	34,87	93,36	-1,38511
2	B	1,43388	21,87		
3	F	1,54922	21,86	137,09	-1,50045
3	B	1,30092	15,97		
4	F	1,40354	16,01	169,07	-1,60307
4	B	2,16122	34,95		
5	F	0,76384	34,82	238,84	-0,20569
5	B	1,86331	15,81		
6	F	1,08949	15,80	270,45	0,56813
6	B	2,20861	26,34		
7	F	1,17617	26,06	322,85	1,60057
7	B	1,63454	21,58		
Bi16_36	F	0,82258	21,16	365,59	2,41253

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_36 – 2010A			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 5. 12. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: zataženo, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_36	B	0,80089	21,17		
1	F	1,61052	21,50	42,67	-0,80963
1	B	1,17547	26,19		
2	F	2,21165	26,35	95,21	-1,84581
2	B	1,10912	15,82		
3	F	1,87583	15,71	126,74	-2,61252
3	B	0,76935	34,89		
4	F	2,17040	34,94	196,57	-4,01357
4	B	1,44306	16,18		
5	F	1,34218	15,81	228,56	-3,91269
5	B	1,59336	21,84		
6	F	1,47822	21,92	272,32	-3,79755
6	B	1,69876	34,94		
7	F	1,20961	34,56	341,82	-3,30840
7	B	1,84449	11,81		
2010A	F	0,94829	12,07	365,70	-2,41220

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 1858 – 2013			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 29. 11. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
1858	B	1,16167	10,20		
1	F	1,62558	9,79	19,99	-0,46391
1	B	1,14396	10,21		
2	F	2,11829	10,15	40,35	-1,43824
2	B	1,19696	9,92		
3	F	2,00649	9,87	60,14	-2,24777
3	B	1,08162	13,95		
4	F	2,08788	13,89	87,98	-3,25403
4	B	1,12160	10,56		
5	F	2,10511	10,92	109,46	-4,23754
5	B	1,11647	16,22		
6	F	1,94280	16,17	141,85	-5,06387
6	B	0,68985	32,42		
7	F	2,50202	32,52	206,79	-6,87604
7	B	1,06652	29,98		
8	F	2,16253	30,01	266,78	-7,97205
8	B	1,06300	12,09		
9	F	1,96131	11,89	290,76	-8,87036
9	B	1,28201	20,00		
10	F	2,09521	19,65	330,41	-9,68356
10	B	1,18745	19,71		
11	F	2,07158	19,81	369,93	-10,56769
11	B	0,98999	29,17		
2013	F	1,91412	29,17	428,27	-11,49182

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2013 – 1858			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03			Datum: 5. 12. 2016		
(v.č. 337893)			Počasí: zataženo, mírný vítr		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2013	B	1,79448	29,15		
1	F	0,87073	29,19	58,34	0,92375
1	B	1,96540	19,90		
2	F	1,07761	19,67	97,91	1,81154
2	B	1,97245	19,51		
3	F	1,15903	20,07	137,49	2,62496
3	B	1,81680	12,05		
4	F	0,92265	11,84	161,38	3,51911
4	B	2,08668	30,00		
5	F	0,98814	29,99	221,37	4,61765
5	B	2,45800	32,58		
6	F	0,63795	32,49	286,44	6,43770
6	B	1,87009	16,02		
7	F	1,05083	16,36	318,82	7,25696
7	B	1,98167	10,75		
8	F	1,00061	10,66	340,23	8,23802
8	B	1,98822	13,91		
9	F	0,98610	13,91	368,05	9,24014
9	B	1,97078	9,84		
10	F	1,16185	10,01	387,90	10,04907
10	B	2,06167	10,24		
11	F	1,08266	10,13	408,27	11,02808
11	B	1,52755	10,11		
1858	F	1,06347	9,87	428,25	11,49216

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: 2013 – Bi16_35 Nivelační přístroj: Leica DNA03 (v.č. 337893)			Měřil: Jan Seidl Datum: 3. 12. 2016 Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
2013	B	1,83477	29,05		
1	F	0,91311	29,16	58,21	0,92166
1	B	2,04385	19,74		
2	F	1,15557	19,77	97,72	1,80994
2	B	2,10110	22,52		
3	F	1,39452	22,71	142,95	2,51652
3	B	1,82159	21,86		
4	F	0,68860	22,23	187,04	3,64951
4	B	2,58072	23,48		
5	F	1,01644	23,76	234,28	5,21379
5	B	1,77332	19,99		
6	F	1,27327	19,79	274,06	5,71384
6	B	1,57200	20,64		
7	F	1,92160	20,64	315,34	5,36424
7	B	1,79388	20,01		
Bi16_35	F	1,35202	19,73	355,08	5,80610

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_35 – 2013 Nivelační přístroj: Leica DNA03 (v.č. 337893)			Měřil: Markéta Kubelová Datum: 3. 12. 2016 Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi35	B	1,23840	19,74		
1	F	1,67894	20,04	39,78	-0,44054
1	B	1,82960	20,69		
2	F	1,48296	20,62	81,09	-0,09390
2	B	1,20548	19,88		
3	F	1,70227	19,91	120,88	-0,59069
3	B	1,05905	23,68		
4	F	2,62709	23,55	168,11	-2,15873
4	B	0,58188	22,12		
5	F	1,71128	21,97	212,20	-3,28813
5	B	1,26726	22,66		
6	F	1,97317	22,61	257,47	-3,99404
6	B	1,04416	19,74		
7	F	1,93197	19,80	297,01	-4,88185
7	B	0,80797	29,15		
2013	F	1,73246	29,17	355,33	-5,80634

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_35 – Bi16_36			Měřil: Jan Seidl		
Nivelační přístroj: Leica DNA03 (v.č. 337893)			Datum: 3. 12. 2016		
			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_35	B	1,35198	19,74		
1	F	1,79383	20,02	39,76	-0,44185
1	B	1,48271	20,01		
2	F	1,62595	19,85	79,62	-0,58509
2	B	1,63282	20,56		
3	F	1,62528	20,28	120,46	-0,57755
3	B	1,74468	24,95		
Bi16_36	F	1,04171	24,82	170,23	0,12542

Zápisník pro přesnou nivelaci

Nivelační oddíl: Bi16_36 – Bi16_35			Měřil: Markéta Kubelová		
Nivelační přístroj: Leica DNA03 (v.č. 337893)			Datum: 3. 12. 2016		
			Počasí: polojasno		
Číslo bodu	Záměra	Čtení na lati	Délka záměry	Součet délky záměr	Převýšení
		[m]	[m]	[m]	[m]
Bi16_36	B	0,92890	24,84		
1	F	1,62813	24,92	49,76	-0,69923
1	B	1,50246	20,32		
2	F	1,51637	20,56	90,64	-0,71314
2	B	1,49782	20,05		
3	F	1,35054	19,78	130,47	-0,56586
3	B	1,67890	20,04		
Bi16_35	F	1,23845	19,74	170,25	-0,12541

Příloha č. 3: Výpočetní skripty pro Matlab

Zdrojový kód pro výpočet přesnosti a homogenizovaných oprav

- nivelační přístroj Leica LS15

```
%% Vyrovnání volné sítě (fixace na bode 1858)- Leica LS15
clc
clear
format longG
disp('-----')
disp(' Určení přesnosti nivelace a homogenizovaných oprav - Leica LS15')
disp('          (vyrovnání volné sítě pomocí MNČ)')
disp('-----')
disp(' ')

%% Naměřená data
% označení bodů: 1=2010A, 2=Bi16_35, 3=Bi16_36, 4=2013, 5=1858
% měřené převýšení ve směru tam a zpět
tam12=[2.28623;   -2.28611];
tam41=[3.51977;   -3.51939];
tam15=[7.97237;   -7.97238];
tam13=[2.41134;   -2.41154];
tam54=[-11.49205;  11.49214];
tam32=[-0.12531;   0.12528];
tam24=[-5.80620;   5.80626];
tam=[tam12,tam41,tam15,tam13,tam54,tam32,tam24];

% vektor měření - průměrné převýšení z měření tam a zpět
l = (mean(abs(tam)))';
for i = 1:7
    if tam(1,i)<0
        l(i,1) = -1*l(i,1);
    end
end

% průměrná délka oddílu
R = [ 237.610
      161.495
      267.270
      366.015
      428.875
      170.400
      355.740 ];
R_km = R/1000;

%% Matice plánu
A = [ -1  1  0  0
       1  0  0 -1
       -1  0  0  0
       -1  0  1  0
        0  0  0  1
        0  1 -1  0
        0 -1  0  1 ];

%% Váhová matice
P = diag(1./R_km);

%% Výpočet výšek (neznámých parametrů)
```

```

N = A'*P*A;
n = A'*P*l;
X = inv(N)*n;

%% Vyrovnaná převýšení
disp('Vyrovnaná převýšení [m]: ')
l_vyr = [ X(2) - X(1)
          X(1) - X(4)
          0 - X(1)
          X(3) - X(1)
          X(4) - 0
          X(2) - X(3)
          X(4) - X(2) ]

%% Dvojitý výpočet oprav
disp('Opravy převýšení [m]:')
v1 = A*X-l;
v2 = l_vyr-l;
rozdil_v = v1-v2; % kontrola

%% Aposteriorní odhad střední chyby kilometrové
ro = tam(1,:) + tam(2,); % rozdíl měření ve směru tam a zpět
m_01 = sqrt((2*(v1'*P*v1) + 0.5*ro*P*ro) / 10); % jednosměrná nivelace
disp('Střední chyba kilometrová jednosměrné nivelace [mm]:')
fprintf('m_01 = %.2f\n\n',m_01*1000)
m_02 = m_01 / sqrt(2); % obousměrná nivelace
disp('Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:')
fprintf('m_02 = %.2f\n\n',m_02*1000)

%% Analýza oprav
kov_v = 0.0003^2*(inv(P) - A*inv(A'*P*A)*A'); % kovariační matice oprav
kov_v = 0.5 * (kov_v+kov_v'); % zaručení symetrie matice
[U,S] = eig(kov_v); % rozklad matice
for i = 1:4
    S(i,i) = 0;
end
for i = 5:7
    S(i,i) = 1 / sqrt(S(i,i));
end
kov_v_odm = U*S*U';
disp('Homogenizované opravy:')
v_hom = kov_v_odm*v1 % homogenizované opravy

```

Výstup z programu Matlab

```

-----
Určení přesnosti nivelace a homogenizovaných oprav - LS15
(vyrovnání volné sítě pomocí MNČ)
-----

Vyrovnaná převýšení [m]:

l_vyr =

    2.28627892465374
    3.51969918157083
    7.97238299279111
    2.41153138154626
   -11.4920821743619
   -0.125252456892523
   -5.80597810622456

Opravy převýšení [m]:

v1 =

```

```

0.000108924653739351
0.000119181570825244
7.99279110808016e-06
9.13815462624257e-05
1.28256380662606e-05
4.25431074773663e-05
0.000251893775434553

```

```

Střední chyba kilometrová jednosměrné nivelace [mm]:
m_01 = 0.35

```

```

Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:
m_02 = 0.25

```

Homogenizované opravy:

```
v_hom =
```

```

0.70180742173455
0.764790739985669
0.0906545069993368
0.528121349975226
0.145468820628356
0.245869371571598
1.56401304544365

```

Zdrojový kód pro výpočet přesnosti a homogenizovaných oprav

- nivelační přístroj Leica DNA03

```

%% Vyrovnání volné sítě (fixace na bodě 1858) - Leica DNA03
clc
clear
format longG
disp('-----')
disp(' Určení přesnosti nivelace a homogenizovaných oprav - Leica DNA03')
disp('          (vyrovnání volné sítě pomocí MNČ)')
disp('-----')
disp(' ')

%% Naměřená data
% označení bodů: 1=2010A, 2=Bi16_35, 3=Bi16_36, 4=2013, 5=1858
% měřené převýšení ve směru tam a zpět
tam21=[-2.28640; 2.28652];
tam41=[3.51945; -3.51924];
tam15=[7.97263; -7.97232];
tam13=[2.41253; -2.41220];
tam54=[-11.49182; 11.49216];
tam42=[5.80610; -5.80634];
tam23=[0.12542; -0.12541];
tam=[tam21,tam41,tam15,tam13,tam54,tam42,tam23];

% vektor měření - průměrné převýšení z měření tam a zpět
l = (mean(abs(tam)))';
for i = 1:7
    if tam(1,i)<0
        l(i,1) = -1*l(i,1);
    end
end

% průměrná délka oddílu
R = [ 237.325

```

```

        161.365
        266.750
        365.645
        428.260
        355.205
        170.240 ];
R_km = R/1000;

%% Matice plánu
A=[ 1 -1 0 0
    1 0 0 -1
    -1 0 0 0
    -1 0 1 0
    0 0 0 1
    0 1 0 -1
    0 -1 1 0];

%% Vahová matice
P = diag(1./R_km);

%% Výpočet výšek (neznámých parametrů)
N = A'*P*A;
n = A'*P*l;
X = inv(N)*n;

%% Vyrovnaná převýšení
disp('Vyrovnaná převýšení [m]: ')
l_vyr = [ X(1) - X(2)
          X(1) - X(4)
           0 - X(1)
          X(3) - X(1)
          X(4) - 0
          X(2) - X(4)
          X(3) - X(2)]

%% Dvojitý výpočet oprav
disp('Opravy převýšení [m]:')
v1 = A*X-l
v2 = l_vyr-l;
rozdil_v = v1-v2; % kontrola

%% Aposteriorní odhad střední chyby kilometrové
ro = tam(1,:) + tam(2,:); % rozdíl měření ve směru tam a zpět
m_01 = sqrt((2*(v1'*P*v1) + 0.5*ro*P*ro) / 10); % jednosměrná nivelace
disp('Střední chyba kilometrová jednosměrné nivelace [mm]:')
fprintf('m_01 = %.2f\n\n',m_01*1000)
m_02 = m_01 / sqrt(2); % obousměrná nivelace
disp('Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:')
fprintf('m_02 = %.2f\n\n',m_02*1000)

%% Analýza oprav
kov_v = 0.0003^2*(inv(P) - A*inv(A'*P*A)*A'); % kovariační matice oprav
kov_v = 0.5 * (kov_v+kov_v'); % zaručení symetrie matice
[U,S] = eig(kov_v); % rozklad matice
for i = 1:4
    S(i,i) = 0;
end
for i = 5:7
    S(i,i) = 1 / sqrt(S(i,i));
end
kov_v_odm = U*S*U';
disp('Homogenizované opravy:')
v_hom = kov_v_odm*v1 % homogenizované rovnice oprav

```

Výstup z programu Matlab

Určení přesnosti nivelace a homogenizovaných oprav - Leica DNA03
(vyrovnání volné sítě pomocí MNČ)

Vyrovnaná převýšení [m]:

```
l_vyr =  
      -2.28666919094461  
       3.51942384331905  
       7.97250998661119  
       2.4121733983932  
      -11.4919338299302  
       5.80609303426366  
       0.125504207448594
```

Opravy převýšení [m]:

```
v1 =  
      -0.000209190944609361  
       7.88433190543891e-05  
       3.49866111895025e-05  
      -0.000191601606796876  
       5.61700697581102e-05  
      -0.000126965736336082  
       8.92074485936978e-05
```

Střední chyba kilometrová jednosměrné nivelace [mm]:
m_01 = 0.40

Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:
m_02 = 0.28

Homogenizované opravy:

```
v_hom =  
      -1.34854169681712  
       0.518303337171154  
       0.220986183234978  
      -1.20615425520403  
       0.354787414553745  
      -0.846650382967898  
       0.561571197215696
```


Zdrojový kód pro výpočet výšky bodu – Leica LS15

```
%% Vyrovnání vázané sítě - Leica LS15
clc
clear
format longG
disp('-----')
disp('          Určení nadmořské výšky bodu 2010A - Leica LS15')
disp('          (vyrovnání vázané sítě pomocí MNČ)')
disp('-----')
disp(' ')

%% Naměřená data
% označení bodů: 1=2010A, 2=Bi16_35, 3=Bi16_36, 4=2013, 5=1858
% vektor měření - průměrné převýšení z měření tam a zpět
L = [ 2.286170      % převýšení 1-2
      3.519580      % převýšení 4-1
      7.972375      % převýšení 1-5
      2.411440 ];   % převýšení 1-3

% průměrná délka oddílu
R = [ 237.610
      161.495
      267.270
      366.015 ];
R_km = R / 1000;

%% Výšky známých bodů
bod2 = 216.856; bod3 = 216.980;
bod4 = 211.050; bod5 = 222.541;

%% Vektor přibližných parametrů - přibližná výška určovaného bodu 2010A
X0 = bod2 - L(1);
fprintf('Přibližná výška [m]:\nX0 = %.4f \n\n',X0)

%% Hodnoty převýšení spočtené z přibližných parametrů
L_X0 = [ bod2 - X0
         X0 - bod4
         bod5 - X0
         bod3 - X0 ];

%% Vektor redukovaných měření
l = L - L_X0;
fprintf('Vektor redukovaných měření [m]:\nl = ')
fprintf('%.4f\n  %.4f\n  %.4f\n  %.4f\n\n',l)

%% Matice plánu
A = [-1; 1; -1; -1];

%% Váhová matice
P = diag(1 ./ R_km);

%% Výpočet přírůstku výšky (neznámý parametr)
N = sum(diag(P));
n = A'*P*l;
dX = n / N;
fprintf('Přírůstek výšky [m]:\ndX = %.4f \n\n',dX)

%% Nadmořská výška bodu 2010A
X = X0 + dX;
fprintf('Nadmořská výška bodu 2010A [m]:\nX = %.4f \n\n',X)

%% Vyrovnaná převýšení
L_vyr = [bod2 - X
```

```

        X    - bod4
        bod5 - X
        bod3 - X];
disp('Vyrovnaná převýšení [m]:')
fprintf('L_vyr = %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n\n',L_vyr)

%% Dvojitý výpočet oprav
v1 = A * dX - l;
disp('Opravy převýšení [m]:')
fprintf('v = %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n\n',v1)
v2 = L_vyr - L;
rozdil_v = v1 - v2; % kontrola

%% Aposteriorní odhad střední chyby kilometrové obousměrné nivelace
m_apos = sqrt((v1'*P*v1) / 3);
disp('Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:')
fprintf('m_apos = %.2f\n\n',m_apos*1000)

%% Odhad střední chyby vyrovnané nadmořské výšky
m_x = m_apos / sqrt (N);
disp('Střední chyba vyrovnané výšky [mm]:')
fprintf('m_x = %.2f\n\n',m_x*1000)

```

Výstup z programu Matlab

```

-----
                Určení nadmořské výšky bodu 2010A - Leica LS15
                (vyrovnání vázané sítě pomocí MNČ)
-----

Přibližná výška [m]:
X0 = 214.5698

Vektor redukováných měření [m]:
l = 0.0000
    -0.0002
     0.0012
     0.0013

Přírůstek výšky [m]:
dX = -0.0006

Nadmořská výška bodu 2010A [m]:
X = 214.5693

Vyrovnaná převýšení [m]:
L_vyr = 2.2867
        3.5193
        7.9717
        2.4107

Opravy převýšení [m]:
v = 0.0006
    -0.0003
    -0.0006
    -0.0007

Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:
m_apos = 1.27

Střední chyba vyrovnané výšky [mm]:
m_x = 0.31

```

Zdrojový kód pro výpočet výšky bodu – Leica DNA03

```
%% Vyrovnání vázané sítě - Leica DNA03
clc
clear
format longG
disp('-----')
disp('          Určení nadmořské výšky bodu 2010A - Leica DNA03')
disp('          (vyrovnání vázané sítě pomocí MNČ)')
disp('-----')
disp(' ')

%% Naměřená data
% označení bodů: 1=2010A, 2=Bi16_35, 3=Bi16_36, 4=2013, 5=1858
% vektor měření - průměrné převýšení z měření tam a zpět
L = [ -2.286460      % převýšení 2-1
      3.519345      % převýšení 4-1
      7.972475      % převýšení 1-5
      2.412365 ];   % převýšení 1-3

% průměrná délka oddílu
R = [ 237.325
      161.365
      266.750
      365.645 ];
R_km = R / 1000;

%% Výšky známých bodů
bod2 = 216.856; bod3 = 216.980;
bod4 = 211.050; bod5 = 222.541;

%% Vektor přibližných parametrů - přibližná výška určovaného bodu
X0 = bod2 + L(1);
fprintf('Přibližná výška [m]:\nX0 = %.4f \n\n',X0)

%% Hodnoty převýšení spočtené z přibližných parametrů
L_X0 = [X0 - bod2
        X0 - bod4
        bod5 - X0
        bod3 - X0 ];

%% Vektor redukovaných měření
l = L - L_X0;
fprintf('Vektor redukovaných měření [m]:\nl = ')
fprintf('%.4f\n  %.4f\n  %.4f\n  %.4f\n\n',l)

%% Matice plánu
A = [1; 1; -1; -1];

%% Váhová matice
P = diag(1 ./ R_km);

%% Výpočet přírůstku výšky (neznámý parametr)
N = sum(diag(P));
n = A'*P*l;
dX = n / N;
fprintf('Přírůstek výšky [m]:\ndX = %.4f \n\n',dX)

%% Nadmořská výška bodu 2010A
X = X0 + dX;
fprintf('Nadmořská výška bodu 2010A [m]:\nX = %.4f \n\n',X)

%% Vyrovnaná převýšení
L_vyr = [X - bod2
```

```

        X      - bod4
        bod5 - X
        bod3 - X];
fprintf('Vyrovnaná převýšení [m]: \nL_vyr = ')
fprintf('%.4f\n      %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n\n',L_vyr)

%% Dvojitý výpočet oprav
v1 = A * dX - l;
disp('Opravy převýšení [m]:')
fprintf('v = %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n      %.4f\n\n',v1)
v2 = L_vyr - L;
rozdil_v = v1 - v2; % kontrola

%% Aposteriorní odhad střední chyby kilometrové obousměrné nivelace
m_apos = sqrt((v1'*P*v1) / 3);
disp('Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:')
fprintf('m_apos = %.2f\n\n',m_apos*1000)

%% Odhad střední chyby vyrovnané nadmořské výšky
m_x = m_apos / sqrt (N);
disp('Střední chyba vyrovnané výšky [mm]:')
fprintf('m_x = %.2f\n\n',m_x*1000)

```

Výstup z programu Matlab

```

-----
                Určení nadmořské výšky bodu 2010A - Leica DNA03
                (vyrovnání vázané sítě pomocí MNČ)
-----

Přibližná výška [m]:
X0 = 214.5695

Vektor redukováných měření [m]:
1 = 0.0000
   -0.0002
   0.0010
   0.0019

Přírůstek výšky [m]:
dX = -0.0006

Nadmořská výška bodu 2010A [m]:
X = 214.5689

Vyrovnaná převýšení [m]:
L_vyr = -2.2871
        3.5189
        7.9721
        2.4111

Opravy převýšení [m]:
v = -0.0006
   -0.0004
   -0.0004
   -0.0013

Střední chyba kilometrová obousměrné nivelace [mm]:
m_apos = 1.62

Střední chyba vyrovnané výšky [mm]:
m_x = 0.39

```

Ukázka originálních zápisníku měření

Nivelační přístroj Leica DNA03

Leica Geosystems AG --- Digital Level Measurement Report

Job name : MK29.11

Operator : -----
DNA03 : Instr.Nr.: 337893
Remarks : ----- / -----
Date/Time : 29.11.2016 / -----

Check & Adjust

Line : Chek&Adj Method: A x Bx
=====

Date : 29.11.2016

Staff1: ----- Staff2: -----
=====

PointID (Station Result)	Backsight (B1-B2)	Foresight (F1-F2)	(St Diff)	(delta H)	Distance (D Bal)	Remarks (Pt Hgt)
A1	1.09930				19.93	-----
B1		1.91119			19.61	-----
B2		1.41011			2.82	-----
A2	0.59860				42.45	-----

Line Levelling

Line : Bil6_35_2010A Method: BF
=====

Date : 29.11.2016

Staff1: ----- Staff2: -----
=====

PointID	Backsight	Intmtd	Foresight	delta H	Distance	Pt Height
Start PtID Bil6_35						0.0000
Bil6_35	1.23223				19.73	
1			1.67682	-0.44458	20.01	-0.4446
1	1.80017				20.73	
2			1.44901	+0.35115	20.64	-0.0934
2	1.20715				19.81	
3			1.70641	-0.49926	19.94	-0.5927
3	0.96797				23.69	
4			2.53347	-1.56551	23.59	-2.1582
4	0.57208				22.10	
5			1.70452	-1.13244	21.94	-3.2906
5	1.83791				12.60	
2010A			0.83368	+1.00423	12.54	-2.2864

Nivelační přístroj Leica LS15

2010A_Bi16_35			2016 11.02.		
Počátek pořadu					
2010A					0.00000
2010A	B	0.84687	12.57		0.00000
1	F	1.85062	12.64		
1				25.21	-1.00375
1	B	1.68465	21.90		-1.00375
2	F	0.55069	22.23		
2				69.34	0.13021
2	B	2.54796	23.59		0.13021
3	F	0.98351	23.70		
3				116.63	1.69466
3	B	1.65039	19.93		1.69466
4	F	1.15057	19.91		
4				156.47	2.19448
4	B	1.43514	20.66		2.19448
5	F	1.78674	20.63		
5				197.76	1.84288
5	B	1.66818	20.09		1.84288
Bi16_35	F	1.22483	19.76		
Bi16_35				237.62	2.28623