



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

ZAMĚŘENÍ A VYHOTOVENÍ ÚČELOVÉ MAPY FREESTYLOVÉHO AREÁLU V ŘEČKOVICÍCH

SURVEYING AND DOCUMENTATION OF THE FREESTYLE CAMPUS IN ŘEČKOVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ladislav Horník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ VONDRÁK, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ladislav Horník
Název	Zaměření a vyhotovení účelové mapy freestylového areálu v Řečkovících
Vedoucí práce	Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, v platném znění. 2006.
- ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. 2014.
- ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky. 1989.
- Zákon č. 200/1994 Sb. o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, v platném znění. 1994.
- HUML, M., MICHAL J.: Mapování 10. Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 978-80-01-03166-7
- FIŠER, Z., VONDRÁK J.: Mapování II. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2669-1
- FIŠER, Z., VONDRÁK J.: Mapování. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-7204-472-9
- Bentley Systems, Incorporated. Uživatelské příručky a tutoriály Bentley. Bentley Systems, Incorporated, 2016.
- GISOFT, v.o.s.. Uživatelské příručky M-geo. GISOFT, v.o.s., 2018.
- SEDLÁČEK S.: Uživatelské příručky VKM. Ing. Svatopluk Sedláček, 2018.
- GEOLINE, spol. s r.o.. Uživatelské příručky Groma. GEOLINE, spol. s r.o., 2018.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V lokalitě Brno, Řečkovice vybudujte měřickou síť pro tachymetrické zaměření překážek a okolí mtb areálu. Síť připojte do závazných referenčních systémů prostřednictvím bodů státního bodového pole. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data zpracujte a na jejich základě vyhotovte účelovou mapu. Výstupy práce připravte pro tvorbu DMT.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá polohopisným a výškopisným zaměřením freestylového areálu a jeho okolí v lokalitě Brno, Řečkovice. V teoretické části práce je představena zájmová lokalita, následovaná teoretickým rozbohem řešené problematiky. Praktická část pojednává o budování pomocné měřické sítě s využitím technologie GNSS, podrobném měření a zpracování naměřených dat s ohledem na specifický charakter lokality. Výsledná účelová mapa v měřítku 1:250 je vypracována v souladu s ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411, a je připojena do závazných referenčních systémů S-JTSK a Bpv.

KLÍČOVÁ SLOVA

účelová mapa, technologie GNSS, pomocná měřická síť, podrobné měření, polohopis, výškopis

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with planimetry and altimetry survey of freestyle campus and its close surroundings located in Brno, Řečkovice. This thesis begins with basic information about the measured locality, followed by a theoretical analysis of an interesting area. Subsequently, the construction of geometric network using GNSS technology, land surveying, and processing of the measured data considering specific character of the locality are presented in the practical part of the thesis. The final purpose map is drawn under ČSN 01 3410 and ČSN 01 3411 standards, at a scale of 1:250 and is connected to S-JTSK and Bpv binding reference geodetic systems.

KEYWORDS

purpose map, GNSS technology, geodetic network, land surveying, planimetry, altimetry

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ladislav Horník *Zaměření a vyhotovení účelové mapy freestylového areálu v Řečkovících*. Brno, 2020. 46 s., 36 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zaměření a vyhotovení účelové mapy freestylového areálu v Řečkovících* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 1. 6. 2020

Ladislav Horník
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zaměření a vyhotovení účelové mapy freestylového areálu v Řečkovících* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 1. 6. 2020

Ladislav Horník
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych v první řadě poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Vondrákovi, Ph. D. za jeho ochotu a rady, jež mi poskytoval v průběhu její tvorby. Rád bych také poděkoval Michalovi Jiráskovi a Peterovi Kučeravému za jejich pomoc a věnovaný čas při měřických pracích. Poděkování patří i mé rodině, která mě v průběhu celého studia i při vypracování této práce podporovala.

Obsah

1	Úvod	10
2	Lokalita	11
3	Mapa	13
3.1	Rozdělení map	13
3.2	Účelová mapa	14
4	Příprava	15
4.1	Rekognoskace terénu	15
4.2	Volba měřických metod	17
4.2.1	GNSS	17
4.2.2	Polygonový pořad	19
4.2.3	Prostorová polární metoda	20
4.3	Volba přístrojů	21
4.3.1	GNSS aparatura	21
4.3.2	Totální stanice	21
5	Měřické práce	23
5.1	Budování pomocné měřické sítě	23
5.2	Podrobné měření	25
5.3	Bikrosová dráha	26
5.4	Měřický náčrt	29
6	Výpočetní práce	31
7	Tvorba účelové mapy	33
7.1	Zpracování polohopisu	33
7.2	Zpracování výškopisu	34
8	Testování přesnosti	37
9	Závěr	40

10	Seznam použitých zdrojů.....	41
11	Seznam použitých zkratk 	43
12	Seznam použitých obrázků a tabulek.....	44
13	Seznam příloh	45

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je polohopisné a výškopisné zaměření freestylového areálu v Řečkovících, následně jeho zpracování a konečná interpretace ve formě účelové mapy v měřítku 1:250. Výsledná data by měla sloužit k případné tvorbě DMT.

Práce se skládá ze 13 kapitol, které postihují celý proces přípravy, měření a tvorby účelové mapy. Nejprve je ponechán prostor teoretickému pojednání dané problematiky. V něm je stručně představena a popsána lokalita mapovaného území, poté se přechází v představení základních geodetických pojmů, které jsou v kontextu tématu této práce, a volbě měřických postupů. Dále se už práce věnuje praktické části v terénu, výpočetním pracím a zpracování získaných dat. Praktická část je zakončena testováním pro stanovenou třídu přesnosti.

Předmětem zaměření byla bikrosová dráha a přilehlé komunikace, vše v lesním porostu. K využití stávajícího bodového pole nebylo přistoupeno z důvodu jeho nedostatečné využitelnosti. Proto se přikročilo k tvorbě měřické sítě pomocí technologie GNSS. Ta však byla z důvodu vysokého lesního porostu vybudována na přilehlé louce, odkud jí bylo využito pro polygonový pořad, jímž se změřily tři nové body sítě (4007, 4008 a 4011). Tuto síť nakonec ještě doplnily dva body metodou rajonu (4009 a 4010). Podrobné měření bylo uskutečněno tachymetricky, v patričné hustotě a s přesností odpovídající 3. třídě přesnosti podle ČSN 01 3410.

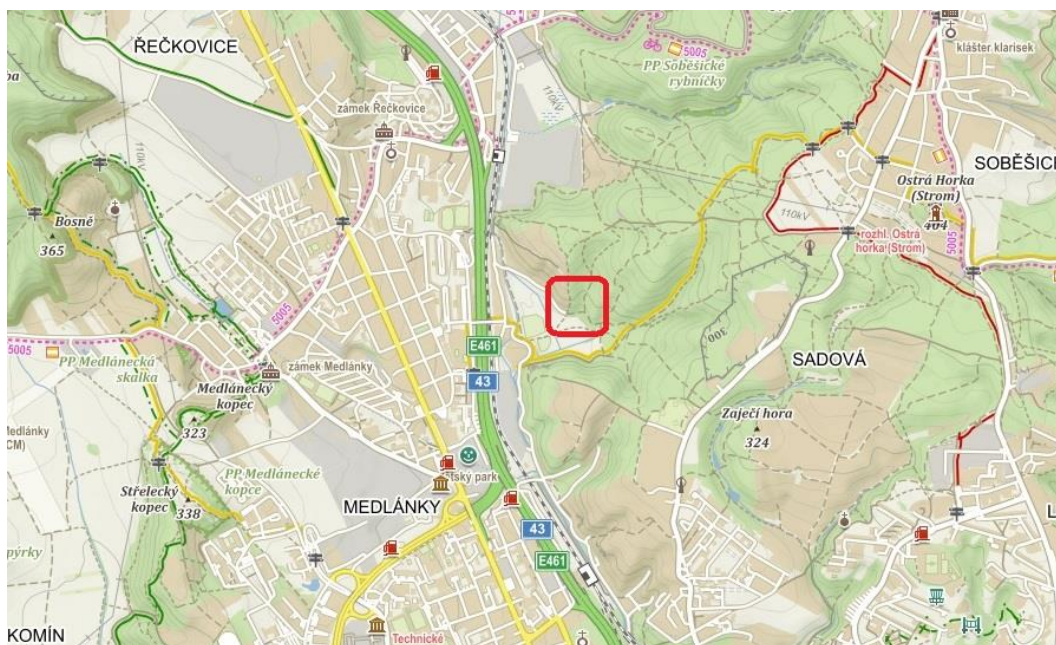
Naměřená data byla zpracována ve výpočetním softwaru Groma v. 12 a byly vypočteny souřadnice polohy a výšek bodů. Následovala tvorba modelu TIN pomocí softwaru Atlas, z něhož se lineární interpolací provedlo vygenerování vrstevnic. Programy MicroStation V8i a MGEO sloužily pro kresbu polohopisu a popisu. Všechny zmíněných programů bylo užito i při testování přesnosti, spočívajícího v porovnání výšek podrobných bodů kontrolních profilů získaných lineární interpolací z vrstevnic s výškami vypočítanými z tachymetrického měření podrobných bodů kontrolních profilů.

Účelová mapa koinciduje s ČSN 01 3411 a je vypracována v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

2 Lokalita

Předmětné území leží na jihozápadním okraji katastrálního území Řečkovice (611646) v městské části Brno-Řečkovice a Mokrá Hora, zhruba 5 km od centra města Brno.

Městská část Brno-Řečkovice a Mokrá Hora je součástí soustavy 29 samosprávných městských částí. Vznikla sloučením dvou prvotně samostatných obcí, jejichž historie sahá až do druhé poloviny 13. století, a řadíme ji k nejsevernějším předměstím statutárního města Brna. Čítá bezmála 15 tisíc obyvatel a více než třetinu její plochy pokrývají lesy. Nachází se zde četné parky, rybníky, ale také cyklostezky a sportoviště. I díky zdejšímu vztahu k přírodě se toto předměstí řadí mezi vyhledávaná místa s kvalitním životním prostředím. [1]



Obr. 1: Zobrazení polohy lokality [2]

Přibližně 500 m vzdušnou čarou západně od zájmové lokality se táhne z Brna směrem na Svitavy silnice I. třídy č. 43. Lokalita se nachází v lese při jeho okraji poblíž místní zahrádkářské osady a přilehlé rekreační plochy Zamilovaný hájek, která městu slouží pro případ bleskové povodně jako retenční nádrž pro říčku Ponávku, jež pramení v blízkosti obce Vranov jen několik kilometrů severně od Brna. K areálu vede zpevněná komunikace ulice Podhájí, která celou přilehlou travnatou plochu včetně baseballového a kriketového hřiště obklopuje.



Obr. 2: Letecký snímek zájmové oblasti [3]

Freestylový areál se rozprostírá na pozemku, jejímž vlastníkem je Mendelova univerzita v Brně. Jelikož ale nikdy nebyl kolaudován a k objektu se nevztahuje žádná dokumentace, je historie jejího vzniku nejasná a dosud se jedná o černou stavbu vytvořenou neznámými dobrovolníky pro účely volnočasových aktivit. Se současnou údržbou lesa je však i budoucnost tohoto objektu nejistá, jelikož kácením některých stromů dochází k částečné či úplné destrukci jednotlivých prvků bikrosové dráhy.

3 Mapa

Tvorba původní mapy sestává z mnoha činností. Tyto činnosti můžeme souhrnně nazvat mapování. Jedná se především o přípravné práce, rekognoskaci terénu, zjišťování předmětů měření, budování pomocné měřické sítě, podrobné měření v terénu a výpočetní a zpracovatelské práce. [5]

Pojem mapa se setkává s četnými formulacemi. Pro jeho vymezení nám postačí Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí, který spravuje Terminologická komise Českého úřadu zeměměřického a katastrálního [4]:

Mapa - „zmenšený, generalizovaný, konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles a jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující v závislosti na daném účelu polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně-ekonomických a technických objektů a jevů“

Pro vyjádření poměru zmenšení nezkrácené délky v mapě k její příslušné délce ve skutečnosti zavádíme tzv. měřítko mapy. [4] Zásadními činiteli při volbě měřítka mapování jsou především požadovaná přesnost mapování, rozsah území, jež podrobujeme měření, způsob tvorby mapy i účel mapování [5]

3.1 Rozdělení map

Mapy lze diverzifikovat podle mnoha aspektů – např. měřítka, způsobu vyhotovení, kartografických vlastností, výsledné formy či podle obsahu mapy:

- rozdělení map podle měřítka z technicko-inženýrského hlediska
 - mapy velkých měřítek
 - mapy středních měřítek
 - mapy malých měřítek
- rozdělení map podle způsobu vyhotovení
 - mapy původní
 - mapy částečně odvozené
 - mapy odvozené
- rozdělení map podle kartografických vlastností
 - mapy konformní
 - mapy ekvidistantní

- mapy ekvivalentní
- mapy vyrovnávací
- rozdělení map podle výsledné formy
 - mapy grafické (analogové)
 - mapy číselné
 - mapy digitální
- rozdělení map podle obsahu mapy
 - polohopisné mapy
 - výškopisné mapy
 - mapy obsahující pouze výškopis [5]

Tvorbu mapy a její údržbu upravuje ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy velkých měřítek, která taktéž rozlišuje mapy podle obsahu na [6]:

- *„základní mapy, tj. mapy se základním, všeobecně využitelným obsahem stanoveným příslušným technickým předpisem, vznikající zpravidla původním mapováním; ze základních map jsou odvozovány mapy menších měřítek, popř. slouží jako základ pro tematické mapy“*
- *„účelové mapy (tematické mapy velkých měřítek), které obsahují kromě prvků základní mapy další předměty šetření a měření stanovené pro daný účel“*

3.2 Účelová mapa

Předmětem této práce je účelová mapa, kartografické dílo velkého měřítká. Obsahuje polohopis, výškopis a popis a k její tvorbě bylo užito přímého měření v terénu. Vypracována je v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Způsob zaměrování předmětů polohopisu a výškopisu se přizpůsobuje účelu mapy a požadované přesnosti mapování. Ta je dána číselnou přesností bodového pole, podrobného měření a přesností grafického znázornění. V tomto případě bylo přistoupeno k mapování ve 3. třídě přesnosti a měřítku mapy 1:250.

Grafické zpracování účelové mapy je řízeno technickou normou ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky [18]. Nedílnou součástí práce je taktéž kontrolní měření a technická zpráva mající všechny obligatorní náležitosti a shrnující všechny podstatné skutečnosti, které jsou zásadní pro zhodnocení provedených mapovacích, výpočetních a zpracovatelských prací.

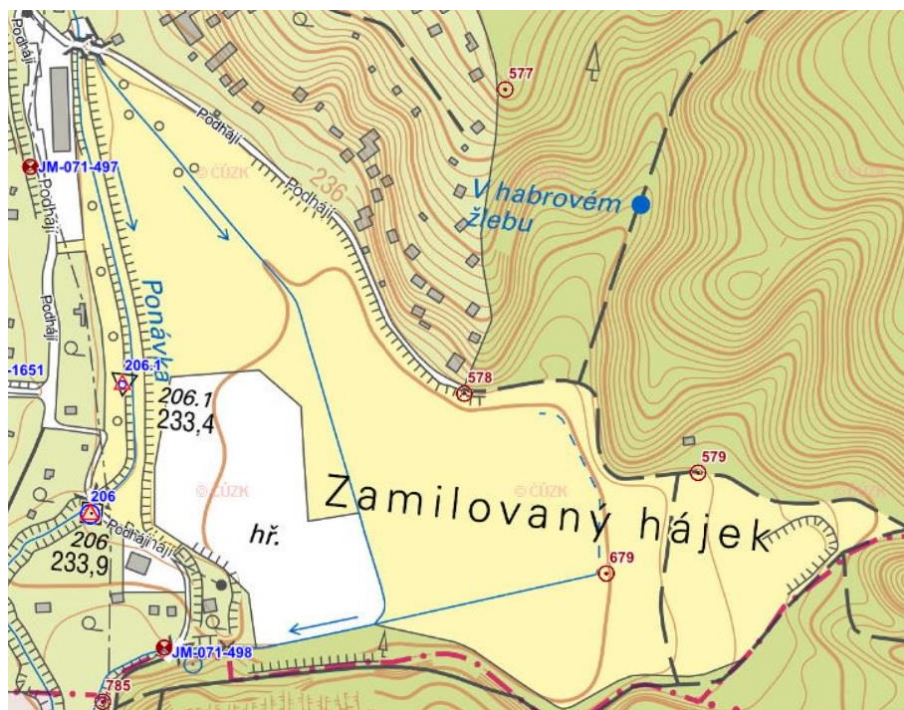
4 Příprava

Přípravnými pracemi můžeme rozumět všechny úkony, které předcházejí měřickým pracím a jsou nezbytné pro jejich správný průběh a zajištění požadovaného výsledku. Mezi tyto úkony je třeba řadit rekognoskaci terénu, při které získáme komplexní přehled informací o zájmové lokalitě a bodových polích v jejím okolí se nacházejících, dále volbu měřických metod, které jsou odvislé od požadavků na přesnost a zároveň jsou přizpůsobeny náročnosti terénu, a také volbu přístrojů.

4.1 Rekognoskace terénu

Při rekognoskaci získáváme cenné informace o stavu lokality, z nichž vycházíme po celou dobu měření. Vyhodnocuje se obtížnost terénu, ale také dostupnost a využitelnost polohového bodového pole a výškového bodového pole.

S pomocí prohlížeče databáze bodových polí na internetových stránkách *Geoportál ČÚZK* byla zamýšlena možnost využití několika blízkých bodů podrobného polohového bodového pole (body 611646 00000 0577, 611646 00000 0578, 611646 00000 0579 a 611646 00000 0679), dále nedalekého zhušťovacího bodu a jemu přidruženého bodu, či bodů české státní nivelační sítě. (obr. 3)



Obr. 3: Polohové a výškové bodové pole v blízkosti měřené lokality [7]

Během rekognoskace však byly body české státní nivelační sítě, zhušťovací bod a jemu přidružený bod zhodnoceny jako nevhodné z důvodu velmi husté vegetace v okolí říčky Ponávky a množství oplocení, které by komplikovalo přístup k těmto bodům, a jejich využití by značně prodloužilo dobu měření. Body 611646 00000 0577 a 611646 00000 0579 nebyly v terénu nalezeny, avšak zbývající body 611646 00000 0578 a 611646 00000 0679 se podařilo lokalizovat. Body byly podrobeny kontrolnímu měření z bodů určených technologií GNSS. Body vykazovaly vysokou souřadnicovou odchylku, která by negativně ovlivnila výslednou přesnost mapy, a proto byly nakonec taktéž zhodnoceny jako nevhodné.

Přistoupilo se tedy k vytvoření pomocné měřické sítě pomocí technologie GNSS dočasnou stabilizací na travnaté rekreační ploše Zamilovaný hájek, jelikož se zájmová lokalita nachází ve vysokém lesním porostu a není zde proto proveditelné určit body pomocné měřické sítě metodou GNSS. Okraj lesa lemují velké množství náletových dřevin, které zabraňují podrobnému měření z travnaté plochy. Proto bylo nutné pomocnou měřickou síť doplnit o další body směrem do lesa.



Obr. 4: Vegetační podmínky lokality 1

Do blízkosti lokality je možný přístup po asfaltové komunikaci, která je zde ovšem zpřístupněna jen pro dopravní obsluhu. Samotný freestylový areál se rozprostírá v údolí mezi dvěma svahy. Ze dvou stran jej obklopují prašné cyklostezky. Kromě stromů

listnatého lesa se zde také vyskytují četné kosodřeviny a hustá nižší vegetace, která místy ztěžuje schopnost rozpoznávání polohopisných prvků.



Obr. 5: Vegetační podmínky lokality 2

4.2 Volba měřických metod

Po zvážení obtížnosti terénních podmínek a časové náročnosti jsem přikročil k využití tří měřických metod. Implementace technologie GNSS, polygonového pořadu a prostorové polární metody následovala chronologicky za sebou při budování pomocné měřické sítě a následném podrobném měření.

4.2.1 GNSS

V současnosti je jednou z nejpoužívanějších a časově nejehospodárnějších technologií využití globálních navigačních satelitních systémů. Metoda RTK nám poskytuje bezprostřední zisk prostorových souřadnic bodů včetně údajů o jejich přesnosti.

Při měření lze užít signálů všech zprovozněných a správně fungujících družic všech dostupných globálních navigačních družicových systémů, jež mají základ v obdobném principu jako americký systém GPS-NAVSTAR, který byl původně vytvořen jako vojenský navigační systém americké armády. Jedná se například o evropský civilní navigační systém GALILEO, ruský vojenský navigační systém GLONASS či globální družicový systém Čínské lidové republiky BeiDou. [8]



Obr. 6: VÝnos družice satelitního systému BeiDou raketou Long March 3B dne 9. 3. 2020 [13]

Standartními metodami jsou statická metoda (metoda měření v klidu) a kinematická metoda (měření za pohybu). V porovnání se statickou metodou je kinematická metoda v reálném čase (RTK) podstatně časově úspornější, polohová přesnost metody RTK se pohybuje v hodnotách $m_P = 30-50$ mm. Pro určení prostorové polohy bodů pomocné měřické sítě metodou RTK využíváme připojení k České síti permanentních referenčních stanic CZEPOS. [8]

K určení polohy bodu, tudíž tří neznámých souřadnic, je pro řešitelnost úlohy nutný příjem signálu nejméně ze čtyř družic. Proto pro měření volíme otevřené prostory s dostatečnou viditelností. Je tedy vhodné se vyhnout husté vegetaci a vysokým lesním porostům, stejně jako i bezprostřední blízkosti vysokých budov či nadzemního elektrického vedení, jejichž vliv se na měření také projevuje negativně. Polohu bodů potřebujeme ověřit buď zajištěním dvou nezávislých výsledků měření pomocí technologie GNSS nebo kombinací jednoho měření technologií GNSS a jednoho měření klasickou metodou. [8]

Souřadnice bodu musí splňovat charakteristiky přesnosti stanovené vyhláškou č. 357/2013 Sb. - Vyhláška o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška) v případě podrobného polohového bodového pole a podrobných bodů, a vyhláškou č. 31/1995 Sb. - Vyhláška, kterou se provádí zákon o zeměměřictví, v případě trigonometrických a zhušťovacích bodů. Druhý jmenovaný právní předpis takto vymezuje podmínky dvojího měření technologií GNSS [8]:

„9.5 Opakované měření GNSS musí být nezávislé a musí být tedy provedeno při nezávislém postavení družic, tzn., že opakované měření nesmí být provedeno v čase, který se vůči času ověřovaného měření nachází v intervalech:

$$\langle -l + n.k; n.k + l \rangle \text{ hodin}$$

kde: k je počet dní a může nabývat pouze hodnot nezáporných celých čísel

n = 23,9333 hodin (23 hod. 56 minut) pro americký systém GPS-NAVSTAR a 22,5000 hodin (22 hod. 30 minut) pro ruský systém GLONASS.“

„9.6 Výsledek měření GNSS, pro který platí, že hodnota parametru GDOP (Geometric Dilution of Precision) nebo parametru PDOP (Position Dilution of Precision) je větší než 7,0, nelze ověřit pomocí dalšího výsledku měření GNSS, pro který rovněž platí, že hodnota parametru GDOP nebo parametru PDOP je větší než 7,0, jestliže se čas ověřujícího měření vůči času měření ověřovaného nachází v intervalu:

$$\langle -3 + n.k; n.k + 3 \rangle \text{ hodin}“$$

4.2.2 Polygonový pořad

Hustá vegetace zabraňovala provést na stanovisku uvnitř zájmového území orientaci na dva a více bodů pomocné měřické sítě, které byly určeny technologií GNSS. S cílem rozšíření pomocné měřické sítě směrem do lesního porostu se přistoupilo k zaměření polygonového pořadu.

Polygonové pořady lze diverzifikovat z vícero hledisek:

- podle délek stran:
 - polygonové pořady s dlouhými stranami ($300 \text{ m} < s < 1500 \text{ m}$)
 - polygonové pořady s krátkými stranami ($60 \text{ m} < s < 300 \text{ m}$)
- podle způsobu připojení:
 - oboustranně připojené a oboustranně orientované
 - oboustranně připojené a jednostranně orientované
 - oboustranně připojené bez orientace (vetknuté)
 - jednostranně připojené a orientované
 - uzavřené

Polygonový pořad umožňuje určit souřadnice několika bodů podrobného bodového pole zároveň. Měřenými veličinami polygonového pořadu jsou délky mezi jednotlivými body a levostranné vrcholové úhly. [9] Délka polygonového pořadu tvořeného pomocnými body nesmí přesáhnout 2000 m. V případě volného polygonového pořadu, který může být tvořen až třemi navazujícími rajóny, je omezujícím parametrem maximální délka 250 m. [10]

Obecný postup řešení:

- výpočet přípojovacího směrníku a směrníků stran
- úhlové vyrovnání (rovnoměrně na všechny úhly)
- výpočet souřadnicových rozdílů
- souřadnicové vyrovnání (úměrně podle délek stran)
- výpočet jednotlivých souřadnic bodů [11]

V případě této práce byla naměřená data zpracována a výpočty provedeny za využití výpočetního softwaru Groma v. 12. (viz. kapitola 6. Výpočetní práce)

4.2.3 Prostorová polární metoda

Prostorová polární metoda využívá současného měření délky, vodorovného směru a výškového úhlu, díky čemuž lze určit prostorové souřadnice podrobného bodu. Jedná se tedy o kombinaci rajónu a trigonometrického měření výšek. Tohoto principu využívá tachymetrická metoda. [4] Při měření taktéž určujeme jednak výšku přístroje na tachymetrickém stanovisku, jednak výšku cíle (hranolu), která se v průběhu měření zpravidla mění. V terénu se této metody využilo pro doplnění pomocné měřické sítě z bodů určených polygonovým pořadem a také pro podrobné měření. Je třeba dbát na dodržení stanovených mezních parametrů pomocné měřické sítě, kdy délka rajónu nesmí překročit 1000 m a současně nesmí přesahovat délku k nejvzdálenějšímu orientačnímu bodu. [10]

Časovou úsporu a vysokou efektivitu práce, která tato metoda nabízí, zajišťují dnešní moderní totální stanice. Jde o spojení elektronického teodolitu, elektrooptického dálkoměru a počítačového zařízení. Měřená data jsou registrována do interní paměti, kde je umožněno s nimi pracovat a také provést export, což umožňuje jejich následné zpracování na počítači ve výpočetních programech.

4.3 Volba přístrojů

K měření ve 3. třídě přesnosti jsem zvolil přijímač GNSS-RTK Trimble R4 a totální stanici Trimble M3-2". Tyto přístroje byly vypůjčeny od FAST VUT v Brně.

4.3.1 GNSS aparatura

Využití GNSS aparatury bylo nezbytné pro určení prostorových souřadnic šesti bodů pomocné měřické sítě. Přijímač GNSS-RTK Trimble R4 (v.č. 5328440051) se se svými technickými parametry stal vhodným zařízením. Celý RTK rover spolu s baterií, výtyčkou, kontrolerem a držákem navíc váží 3,70 kg, což umožňuje snadnou manipulaci v terénu.

- Provozní teplota -40 °C až +65 °C
- Přesnost v určení polohy $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$
- Přesnost v určení výšky $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$
- Doba inicializace zpravidla do 25 s
- Spolehlivost inicializace zpravidla nad 99.9 % [12]



Obr. 7: GNSS aparatura Trimble R4

4.3.2 Totální stanice

Pro měření polygonového pořadu a podrobné měření byla vybrána totální stanice Trimble M3-2" (M3-01-2000) (v.č. D036272). Výšku přístroje určujeme svinovacím

metrem. Při podrobném měření bylo též užito mačety pro zajištění průchodnosti náletovými dřevinami.

- Měření délek:
 - hranolové měření
 - dosah 1,5 m až 3000 m
 - přesnost $\pm (2 + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$
 - bezhranolové měření
 - dosah 1,5 m až 500 m (v závislosti na podmínkách)
 - přesnost $\pm (3 + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$
- Měření úhlů
 - přesnost 2 "
- Kompenzátor
 - typ dvouosý
 - rozsah $\pm 3,5' [14]$



Obr. 8: Totální stanice Trimble M3-2"

5 Měřické práce

Měřické práce jsou členěny do několika fází, jejichž realizace probíhala v rámci jednoho týdne. První den byl věnován budování pomocné měřické sítě a jejímu výpočetnímu zpracování. Následovalo podrobné měření a jeho prvotní zpracování. Provádíme jej za účelem případného odhalení hrubých chyb v měření, pro kontrolu dodržení geometrických parametrů a pro přípravu na kontrolní měření. Závěrečné kontrolní měření bylo realizováno jako dva kontrolní profily.

5.1 Budování pomocné měřické sítě

Dosavadní polohové bodové pole bylo tedy pro užití vyhodnoceno jako nevhodné (viz. kapitola 4.1 Rekognoskace terénu). Zvolil jsem proto tvorbu měřické sítě s aplikací všech tří výše zmíněných měřických metod. Všechny pomocné měřické body byly dočasně stabilizovány na kolíky. Důvodem bylo ohrožení zemědělskou činností a také pomíjivost jejich významu a důležitosti pro tuto oblast po dokončení práce. Výhodou zvoleného způsobu stabilizace je rychlost a nižší ekonomická nákladnost. Dalšími možnými způsoby dočasné stabilizace jsou například hřeb, kovová trubka či vyrytý křížek.

První body byly z důvodu viditelnosti a vegetačních podmínek stabilizovány na travnaté ploše uvnitř Zamilovaného hájku, kde byly dvakrát zaměřeny pomocí technologie GNSS. Takto bylo stabilizováno a zaměřeno šest bodů pomocné měřické sítě (4001–4006). Výšku antény jsem zvolil 2,00 m od spodku závitu, nejmenší časový rozestup mezi prvním a kontrolním zaměřením bodu činil 1 h 48 min 52 s a nejvyšší zaznamenaná hodnota PDOP dosáhla 1,43. Všechny stanovené podmínky pro měření technologií GNSS byly dodrženy.

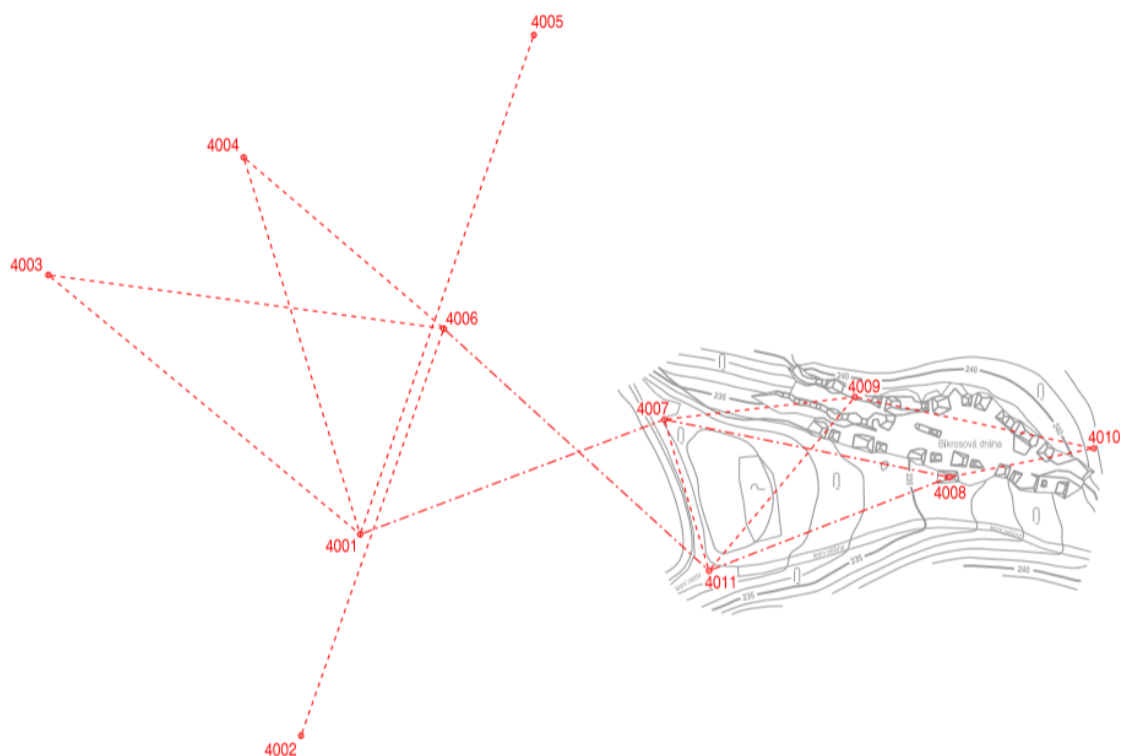
Body 4001 a 4006 následně obsadily pozice počátku a konce polygonového pořadu. Oboustranně orientovaný polygonový pořad byl klíčový k určení tří nových pomocných měřických bodů v zájmové lokalitě ve vysokém lesním porostu vyplněném hustou vegetací. Nejdelsí měřená délka v polygonovém pořadu je 102,47 m, přičemž celková délka pořadu 352,01 m splňuje stanovená kritéria. Síť byla ještě v průběhu měření polygonového pořadu doplněna rajóny o body 4009 a 4010 tak, aby dosáhla hustoty nezbytné k podrobnému měření.



Obr. 9: Dočasná stabilizace bodu

Vybudování a zaměření měřické sítě sehrálo při podrobném měření důležitou roli. Před započítím podrobného měření došlo časně ráno k posečení rozsáhlé části travnaté plochy, kvůli čemuž zanikly čtyři ze šesti bodů nacházejících se ve zmíněném prostoru. Nepoškozeny tak zůstaly shodou okolností pouze body 4001 a 4006, které přímo navazovaly na sousední body polygonového pořadu v lesním porostu, a tudíž už jen plnily funkci orientací pro body 4007 a 4011. Zaniklých bodů již ale ke měření nebylo třeba, a proto vzniklá situace nepředstavovala žádnou časovou újmu ani změnu v postupu práce.

Součástí příloh práce je i přehledný náčrt pomocné měřické sítě (04_Účelová_mapa_PMS), který poskytuje vhodné informace o rozložení bodů, vedení polygonového pořadu i o doplňování sítě o body určené rajónem.



Obr. 10: Přehledný náčrt PMS

5.2 Podrobné měření

Provádění podrobného měření je definováno v technické normě ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy [6]. ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky [18] se zaměřuje na předmět měření, jejich zobrazení a vyznačování mapovými značkami a popisem. Měření bylo provedeno polární metodou z bodů 4007, 4008, 4010 a 4011 v měřítku 1:250 a v hustotě bodů co nejlépe vystihující členitost terénu. Celkem bylo polární metodou změřeno 555 podrobných bodů.

Při aplikaci polární metody rozlišujeme dva typy stanovisek:

- pevné polární stanoviště
- volné polární stanoviště

V případě pevného polárního stanoviště jsou známy jeho souřadnice. Orientaci provádíme nejméně na dva body polohového bodového pole nebo na pomocné body. Délka je měřena alespoň na jeden z těchto bodů. Výjimkou může být orientace na dva trvale signalizované, ale nepřístupné body, např. trigonometrický bod trvale stabilizovaný makovicí kostela.

Volné polární stanovisko naopak nedisponuje známými souřadnicemi. Proto je nutné provádět orientaci minimálně na dva body polohového bodového pole nebo na pomocné body a změřit jim odpovídající délky. Úhel na určovaném bodě mezi měřenými směry na dva dané body je vymezen hodnotami 30-170 gon. Měřená délka na podrobný bod nesmí přesahovat 1,5násobek délky na nejvzdálenější orientaci. Mezi dvojicemi sousedních stanovisek se pro kontrolu měří alespoň jeden společný podrobný bod. [15]

Jako kontrolní byly v terénu měřeny body 123, 124, 125 a 511. Vzhledem k povaze předmětu měření a hustoty pomocné měřické sítě nebylo třeba užít doměrků a polárních kolmic. V případě časově náročnějších měření provádíme na stanovisku kontrolu stability přístroje. Zpravidla je realizována jako opětovné změření počáteční orientace po skončení měření na dotyčném stanovisku, případně i v jeho průběhu, a poté posouzení rozdílu změřených úhlů.

Během měření rozlišujeme všechny podrobné tvary předmětů polohopisu, jejichž délka přímé spojnice lomových bodů dosahuje alespoň 0,1 m. Při měření se setkáváme také s křivkovými prvky polohopisu, které se v terénu nacházejí v podobě kružnicového oblouku zákruty nebo části kuželového tělesa některých prvků bikrosové dráhy. Kružnicový oblouk se měří třemi body, jež se nacházejí v začátku, středu a konci měřeného kružnicového oblouku. V případě kružnice postupujeme dvěma způsoby. Lze měřit tři body rovnoměrně se rozkládající po obvodu kružnice, nebo dva body, z nichž jeden reprezentuje střed kružnice a druhý bod leží na jejím obvodu. Obecné křivky, s nimiž se v terénu geodet setkává zcela běžně, se obvykle nahrazují úsečkami s volenými délkami takovým způsobem, aby nedošlo k odchýlení žádného bodu na úsečce od skutečného průběhu hranice o více než 0,1 m. [15]

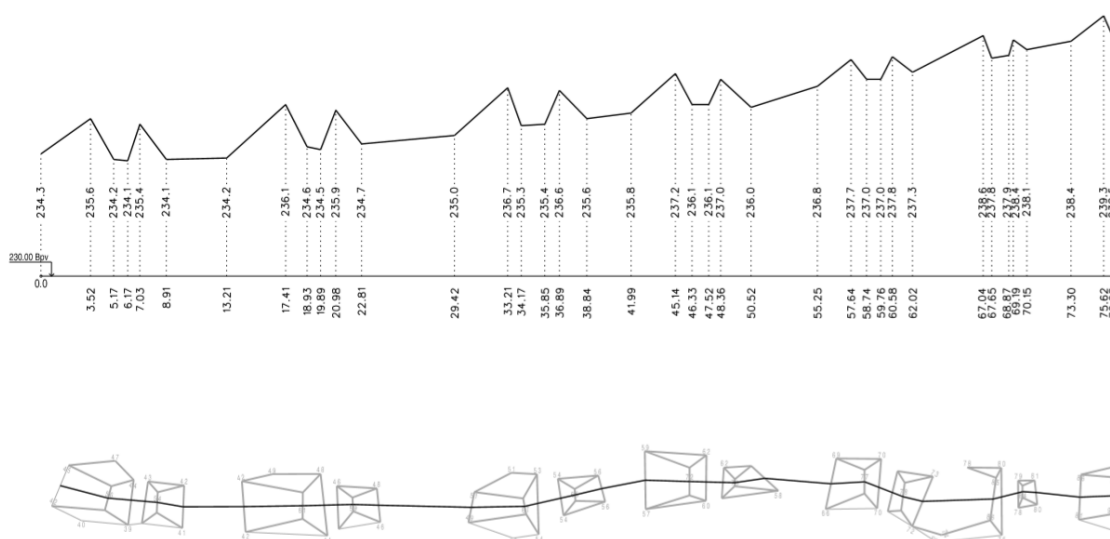
5.3 Bikrosová dráha

Stanoviska 4007 a 4011 sloužila především k zaměření okolí bikrosové dráhy, především přilehlé lesní cesty a pěšiny, jež lemuje okolní terén. Lesní cesta byla s přihlédnutím ke svému stavu a klenutému tvaru měřena v profilu, u lesní pěšiny osa měřena nebyla. Z bodů 4008 a 4010 byla zmapována převážná většina freestylového areálu včetně části přilehlého strmého svahu.



Obr. 11: Bikrosová dráha

Bikrosová dráha sestává ze tří hlavních úseků, které se od sebe odlišují skladbou jednotlivých prvků úseku. Tyto trasy jsou jednotlivě přehledně zobrazeny ve třech přílohách práce (viz. 04_Účelová_mapa_Přehledný_profil_trasa_1-3), obsahujících jednak výřez dotyčných tras z mapy, jednak zobrazení přehledného profilu.



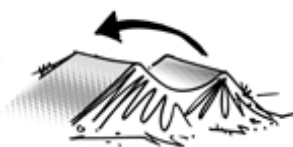
Obr. 12: Ukázka přehledného profilu

Trasy č. 1 a č. 2 pojmají celkem dvě klopené zatáčky, obvykle bývají buď částečně zařízle do svahu nebo uměle vytvořeny nad úrovní okolního terénu. Prvek lze měřit jako soustavu kružnicových oblouků.



Obr. 13: Klopená zatáčka [16]

Nejčastější a nejtypičtější překážkou bikrosové dráhy je tzv. Double (v překladu dvojskok). Tuto překážku, která existuje v různých vizuálních variacích, jezdec vždy pokořuje přeskočením z jedné části prvku na druhý. Body měříme v místě průniku s okolním terénem a na vrcholech prvku.



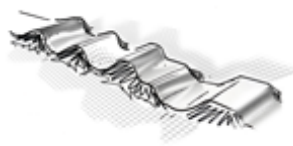
Obr. 14: Dvojskok [16]

Zvláště pro začátečníky je učena překážka tzv. Table Top (v překladu lavice). Charakteristickým rysem této překážky je rovná horní plošina. Není-li poškozena (např. erozí), nabývá podoby komolého jehlanu, čímž se stává snadným prvkem pro měření.



Obr. 15: Lavice [16]

Rytmička představuje náročnější prvek bikrosové dráhy. Sestava různých skoků vyžaduje zvolit při svém překonávání správný rytmus a plynulost. [16]



Obr. 16: Rytmička [16]

5.4 Měřický náčrt

Neodmyslitelnou součástí měření je i tvorba měřického náčrtu. Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí jej definuje jako [4] „*grafické a dříve vždy i číselné vyjádření výsledků podrobného měření a šetření, které je podkladem nebo jedním z podkladů pro zobrazování*“. Z důvodu zajištění dobré přehlednosti a čitelnosti byly vypracovány digitální náčrtu, které jsou součástí příloh práce. Jejich kresba a adjustace se řídila Pokynem pro tvorbu účelové mapy [17].

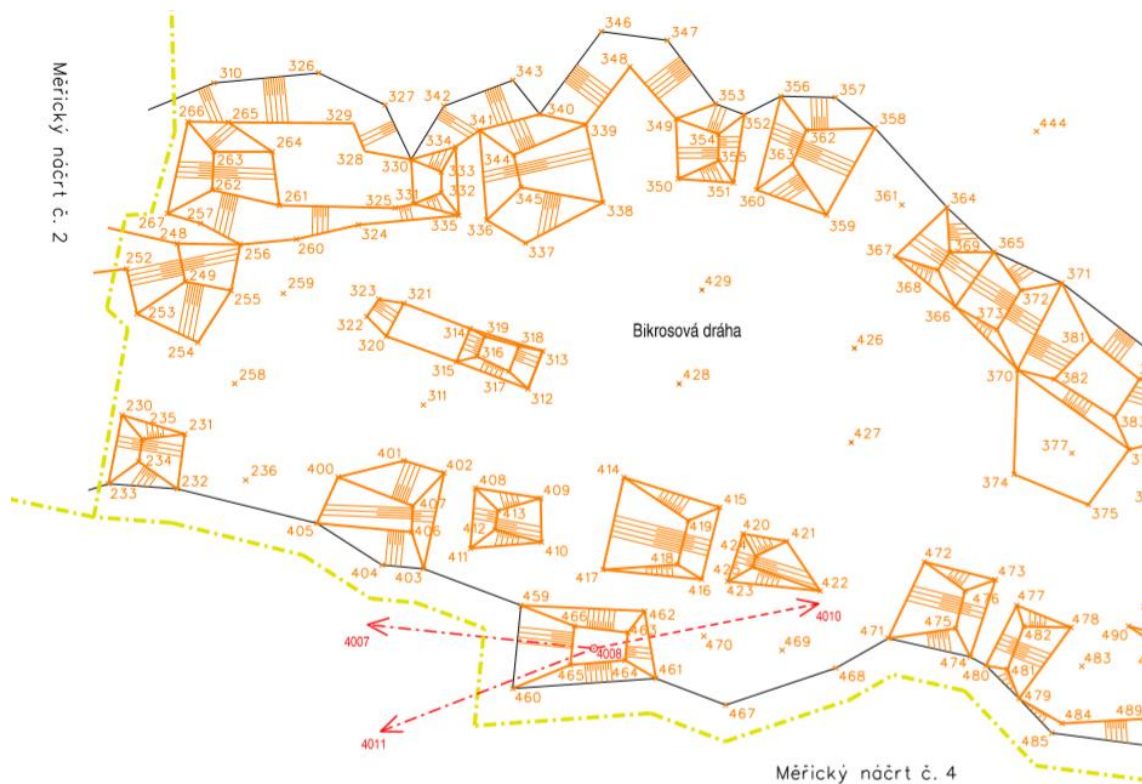
„Náčrt obsahuje bodové pole, body pomocné měřické sítě, body účelové sítě, podrobné body, profily, čáry terénní kostry, tvarové čáry, vyznačení terénních stupňů (technické šrafy), náznaky horizontál, oměrné a konstrukční míry, další polohopisný obsah, hranice náčrtů, mapových listů a popis.“

„Nejprve se zakreslí do prázdného listu náčrtu body bodového pole a pomocné měřické sítě, významné polohopisné čáry, např. cesty, stavební objekty apod., hrany terénních stupňů, čáry terénní kostry, tvarové čáry, naznačení průběhu horizontál znázorňujících přibližný tvar vrstevnic. Zákres podrobných výškových bodů probíhá stejně jako v náčrtu s polohopisným podkladem.“

„Adjustací rozumíme závěrečnou úpravu měřického náčrtu spočívající ve zvýraznění prvků obsahu náčrtu příslušnou barvou a v doplnění potřebných údajů, které nebyly zaznamenány při měření:

- *doplnění popisu,*
- *mapových značek,*
- *čísla náčrtu,*
- *měřítka,*
- *čísel sousedních náčrtů apod.“*

„Popis měřického náčrtu (vnější) tvoří v levém horním rohu číslo náčrtu a název katastrálního území, dále pak orientace blokového náčrtu k severu, čísla sousedních měřických náčrtů, a pokud je náčrt v měřítku, uvede se dole uprostřed.“



Obr. 17: Výřez z digitálního měřického náčrtu 02_MN_3

Hnědou barvou byla vyznačena data získaná tachymetrickým výškopisným měřením, šrafy ve směru spádnic a hrany terénních stupňů, které ale nesmí být totožné s polohopisnou kresbou (v takovém případě má kresba vyšší prioritu). Podrobné body určené tachymetricky značíme ležatými křížky a jim příslušnými čísly. Hnědou barvou se též podtržením vyznačuje podrobný bod opakovaně určený z více stanovisek.

Červeně značíme údaje týkající se měřické sítě. Rajóny reprezentuje čárkovaná čára a strany polygonových pořadů střídavá čára. Dále je nutné neopomenout pomocné měřické body včetně jejich čísel a v poslední řadě i orientaci náčrtu k severu v podobě šipky o délce 20 mm, před níž je umístěno písmeno S s orientací podle okraje náčrtu.

Černou barvou adjustujeme polohopisnou kresbu, popisy ploch, typy kultur či způsob využití povrchů odpovídající mapovou značkou, popisem, nebo zkratkou.

Žlutou střídavou čarou se vyznačuje obvod měřického náčrtu. Modré ani růžové barvy v náčrtu nebylo užito, protože se neměřil žádný vodní tok či budova, rovněž také metoda nivelace nebyla použita. [17]

Měřické náčrtky byly vyhotoveny celkem 4. V tomto případě je proto vhodné přiložit i přehledný náčrt – tzv. Přehled kladu měřických náčrtů.

6 Výpočetní práce

Dokončením měřických prací se těžiště činnosti přesouvá do kancelářského prostředí. Provádí se zpracování a kontrola naměřených dat, následovaná výpočtem prostorových souřadnic měřených bodů v referenčním systému S-JTSK a Bpv, a vrcholem práce je tvorba mapy.

Výpočetní práce byly vykonány ve výpočetním softwaru Groma v. 12. Nejdříve se provedla oprava nevhodných programových nastavení týkajících se vstupního a výstupního formátu dat, nastavení protokolu nebo typ a formát záznamníku. Poté se importují souřadnice bodů pomocné měřické sítě určené technologií GNSS. Protokol určení bodů technologií GNSS obsahuje mimo jiné také údaje o polohové a výškové přesnosti určení bodů nebo časových rozestupech mezi měřeními. Prostřednictvím těchto známých souřadnic a nástroje Křovák provádíme výpočet měřítkového koeficientu.

Pravoúhlé souřadnice:		Polární souřadnice:	
Y:	598440.64	Ro:	1301204.122 m
X:	1155422.42	Epsilon:	27.38149114 °
Z:	229.39	Kartografické souřadnice:	
		Šířka:	78.47157586 °
		Délka:	27.94244395 °

Měřítkový koeficient:	
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z kartografického zkreslení	0.999900122931
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z nadmořské výšky:	0.999964050712
Výsledný měřítkový koeficient:	0.999864177233

Obr. 18: Nastavení měřítkového koeficientu

Stažená data z totální stanice načteme do výpočetního softwaru. V importovaném záznamníku je následně nutné zpracovat měření ve dvou polohách, obousměrně měřené délky, opakovaná měření a redukovat vodorovné směry. Upravený záznamník je poté připraven pro jednotlivé dílčí výpočty.

Nejprve byl vypočítán polygonový pořad, kterým se určily nové tři body pomocné měřické sítě. Celková délka pořadu dosáhla 352,01 m, úhlová odchylka 0,0037 gon a polohová odchylka 0,024 m. Pro zbylé pomocné měřické body 4009 a 4010 proběhl samostatný výpočet polární metodou. Programová operace Polární metoda dávkou

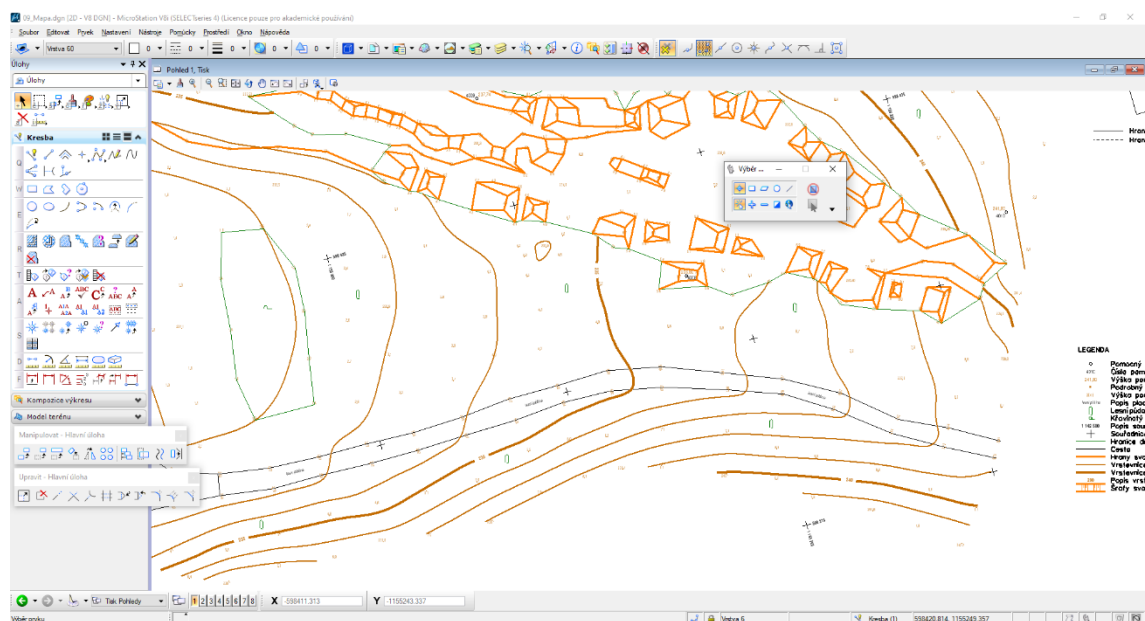
zajistila rychlý hromadný výpočet všech podrobných bodů včetně kontroly v terénu jednoznačně identifikovatelných bodů, jež se zaměřovaly z více stanovisek. Dosažené polohové odchylky na těchto bodech a testy polární metody jsou součástí protokolu, který je spolu se seznamem souřadnic přílohou práce.

7 Tvorba účelové mapy

Účelová mapa je kartografickým dílem velkého měřítka, jehož součástí je polohopis, popis i výškopis. Vhodné měřítko mapy bylo zvoleno 1:250 pro 3. třídu přesnosti, především kvůli přehlednosti, která by při menším měřítku přišla k újmě. Mapu by bylo nutné doplnit neúměrným množstvím grafických detailů.

Vypracování probíhalo v několika programech, přičemž stěžejní roli měl software MicroStation V8i. Pro vytvoření polyedrického modelu terénu (TIN) jsem užil software Atlas a pro znázornění části výškopisu a popisu program MGEO. Výkres je vypracován v souladu s normou ČNS 01 3411 Mapy velkých měřítek – kreslení a značky [18] a Pokynem pro tvorbu účelové mapy [17].

V programu MicroStation V8i byl vytvořen výkres formátu dgn. Následovalo importování souřadnic bodů pomocné měřické sítě a podrobných bodů pomocí nadstavby MDL Groma. Tento výkres plnil funkci reference k druhému výkresu, ve které se již vyhotovovala účelová mapa.



Obr. 19: Prostředí softwaru MicroStation V8i

7.1 Zpracování polohopisu

Polohopis mapy lze chápat jako soubor zobrazených bodů, čar a mapových značek na mapě. Zobrazuje bez závislosti na terénním reliéfu polohu, rozměr a tvar předmětů

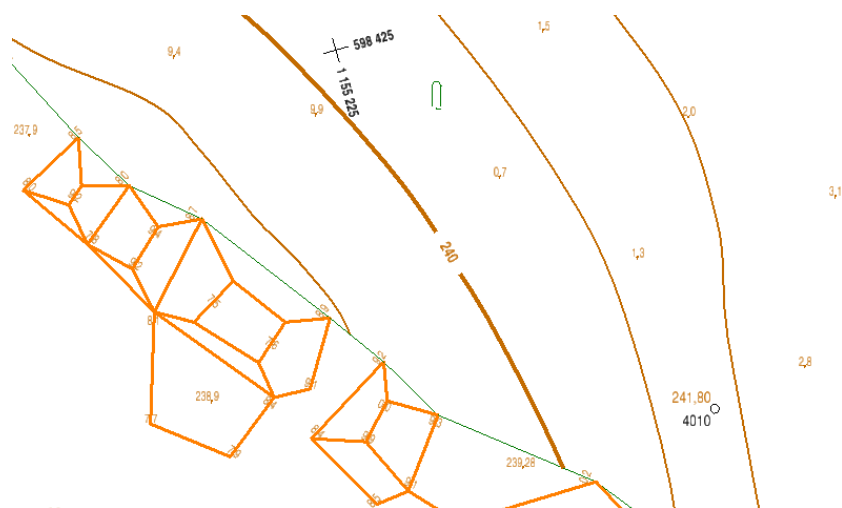
měření a šetření. [4] K prvkům polohopisu řadíme kupříkladu pomocné měřické body, lesní komunikaci nebo rozhraní druhů pozemků a jim příslušné mapové značky.

7.2 Zpracování výškopisu

Výškopis znázorňujeme v mapách velkých měřítek vrstevnicemi, výškovými kótami, technickými šrafami, popř. dalšími mapovými značkami.

V programu Atlas byl z importovaných souřadnic podrobných bodů vygenerován digitální model terénu, konkrétně polyedrický model, jenž je tvořen dílčími nepravidelnými trojúhelníkovými ploškami. Pro tento model je typická nestejnorodá hustota po celém měřeném území, která je zapříčiněna větším počtem měřených bodů v místech členitějšího terénu, a naopak menším počtem měřených bodů v oblasti méně členitého terénu. Vektorovým popisem polyedrického modelu se zavedením topologických vztahů mezi jednotlivými trojúhelníky je TIN. Strukturu TIN tvoří seznam souřadnic všech vrcholů trojúhelníku, seznam vrcholů každého trojúhelníku a informace o sousedních trojúhelnících. [20] Prostřednictvím lineární interpolace v trojúhelnících lze v programu vygenerovat vrstevnice. Ty se poté importují do výkresu účelové mapy, kde se s nimi dále pracuje.

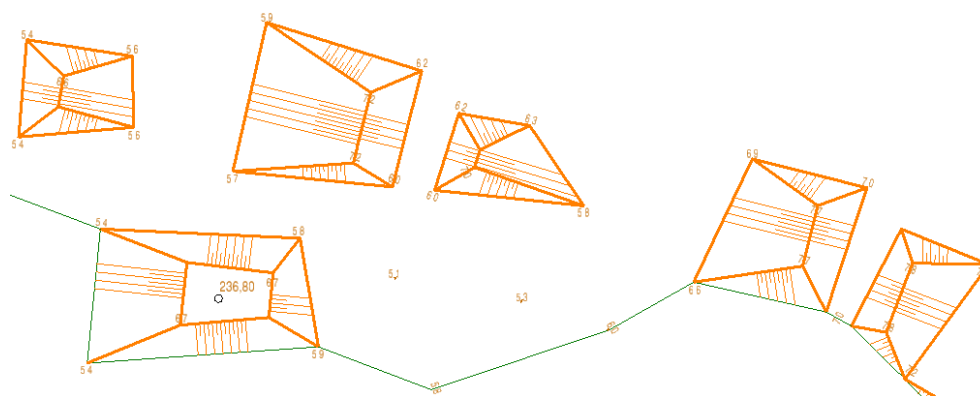
Vrstevnicemi rozumíme „*svislé zmenšené generalizované průměty průsečnic reliéfu s vodorovnými rovinami, které mají pravidelný interval od nulové nadmořské výšky*“. Interval neboli svislou vzdálenost vodorovných rovin, volíme v závislosti na měřítku mapy – v tomto případě byl základní interval zvolen 1 m. Značíme je plnou hnědou čarou o tloušťce 0,18 mm. Zdůrazněné vrstevnice užíváme pro vyznačení pětinasobku základního intervalu. Barva a typ čáry zůstávají stejné, pouze tloušťka čáry se rozšiřuje na 0,35 mm. Zdůrazněné vrstevnice následně hnědě okótujeme příslušnou výškou v metrech hlavou ve směru stoupání a v takových rozestupech, které jsou dostačující pro přehlednost mapy. [19]



Obr. 20: Základní a zdůrazněná vrstevnice

Výšky podrobných bodů jsou uváděny v případě zpevněné lesní cesty v metrech s přesností na 0,01 m, ve zbylých případech s přihlédnutím k charakteru terénu a absenci jakékoli další zpevněné plochy byly výšky bodů v mapě zaokrouhleny na 0,1 m. Pro větší přehlednost obzvláště v místě bikrosové dráhy jsem přikročil k redukci zobrazení řádů vyšších než 1 m. Podrobný výškový bod značíme značkou 9.12, kterou tvoří kruh hnědé barvy o průměru 0,3 mm, pokud není totožný s polohopisným bodem.

Kresbu technických šraf bylo třeba provést v programu MGEO, který je vybaven nástroji pro jejich snadnou konstrukci. Jejich použití se vztahuje na místa, kde nelze vyjádřit tvary zemského povrchu pomocí vrstevnic. Šrafy není nutné kreslit v celém průběhu terénního stupně a hrany kreslíme pouze v případě, kdy se nepřekrývají s polohopisnou čarou, případně jsou od ní vzdáleny o více než 0,5 mm. [19]



Obr. 21: Technické šrafy

Z důvodu velké členitosti terénu a hustoty terénních tvarů v místě bikrosové dráhy bylo v tomto místě účelové mapy upuštěno od užití vrstevnic a také od technických šraf.

Technické šrafy jsou zobrazeny v detailu A, který pro zajištění přehlednosti zobrazuje v měřítku 1:150 všechny prvky tratí bikrosové dráhy.

Mapa byla nakonec doplněna o směrovou růžici, průsečíky sítě pravoúhlých souřadnic o délce ramen 2 mm, popisovou tabulku, vyznačení kladu mapových listů a legendu.

8 Testování přesnosti

Podstatnou složkou geodetických prací je provedení kontrolního měření.

[6] „5.4.1 Přesnost výsledku tvorby a údržby mapy se ověřuje:

a) v průběhu tvorby nebo údržby mapy (při průběžných kontrolách);

b) při dokončení tvorby nebo údržby mapy (při závěrečných kontrolách).

Ověřuje se, zda dosažené výsledky vyhovují daným kritériím přesnosti stanovené třídy přesnosti.“

„5.4.2 Dosažená přesnost se ověřuje testováním výsledku na výběru podrobných bodů z území, ve kterém se realizuje tvorba nebo údržba mapy v jedné třídě přesnosti. Testuje se statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti.“

Z důvodu absence dostatečného množství jednoznačně identifikovatelných bodů v lokalitě bylo měření podrobeno pouze výškovému testování. K ověření přesnosti výšek v nezpevněném terénu se vykonalo zaměření dvou kontrolních profilů. Spočívá v porovnání výšek podrobných bodů kontrolních profilů, které získáme lineární interpolací z TIN, s výškami vypočítanými z měření podrobných bodů kontrolních profilů. Měření probíhalo v rámci jednoho dne nezávisle na podrobném měření účelové mapy.

Podobně jako při hlavním měření byly nejprve určeny body pomocné měřické sítě technologií GNSS na přilehlé travnaté ploše. Vzhledem k již zmíněné zemědělské údržbě louky bylo třeba zřídit body nové. Tyto body byly dočasně stabilizovány na kolíky. Provedení drobné redukce vegetace na okraji lesa se spolu s novou stabilizací bodů určených technologií GNSS staly důležitými faktory pro zajištění průhledu zevnitř lesa na vzdálenou orientaci, a díky tomu mohl být realizován dlouhý dvojnásobný rajón do jádra lokality. Ze stanoviska 4001 byly určeny dva nové body pomocné měřické sítě 4005 a 4006. Síť byla záhy doplněna o bod 4007, který svojí vhodnou polohou zajišťoval pohodlné zaměření podstatné části kontrolních profilů.

Poloha podrobných bodů kontrolního měření byla zvolena v případě profilu A napříč bikrosovou dráhou a v případě delšího profilu B po ose lesní pěšiny. Zaměření bylo realizováno z bodů 4006 a 4007.



Obr. 22: Přehledný náčrt kontrolních profilů

Kontrolní profily jsou vyhotoveny s užitím tří měřítek – 1:250 pro staničení, 1:100 je určeno pro znázornění naměřených výšek od srovnávací roviny a měřítko 1:50 využívám pro rozdíly mezi hodnotami výšek získaných lineární interpolací a kontrolním měřením. Dále byl vyhotoven přehledný náčrt kontrolního měření a přehledný náčrt pomocné měřické sítě.

Během testování přesnosti jsou vypočítány zmiňované rozdíly výšek bodů profilů ΔH vzorcem:

$$\Delta H = H_m - H_k, \quad (8.1)$$

kde H_m označuje výšku podrobného bodu určenou lineární interpolací z TIN a H_k označuje jemu odpovídající výšku získanou kontrolním měřením.

Poté určíme směrodatnou odchylku s_H , která je dána vztahem:

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N H_j^2}, \quad (8.2)$$

kde koeficient k nabývá hodnoty 2 z důvodu stejné přesnosti určení bodů a N vyjadřuje počet bodů výběrového souboru podléhajícímu testování.

Přesnost určení výšek pokládáme za vyhovující, pokud vypočtené hodnoty rozdílů výšek ΔH vyhovují kritériu:

$$|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}, \quad (8.3)$$

přičemž pro 3. třídu přesnosti u_H je rovno 0,12 m, a přijímáme statistickou hypotézu příslušnosti výběru stanovené třídě přesnosti, to znamená, že s_H vyhovuje kritériu:

$$s_H \leq \omega_N \cdot u_v, \quad (8.4)$$

kde koeficienty $\omega_N = 1,10$ a $u_v = 0,50 \text{ m}$ pro odpovídající třídu přesnosti. [17]

Uvedená kritéria testování výšek splnily všechny body výběrového souboru. (viz. příloha 08_Testování_H)

9 Závěr

Bakalářská práce se věnuje polohopisnému a výškopisnému zaměření freestylového areálu v Řečkovících. Výsledným produktem jeho zpracování je konečná interpretace v podobě účelové mapy v měřítku 1:250 a v závazných referenčních systémech S-JTSK a Bpv. Mapa je vyhotovena v souladu s ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy [6] a ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky. [18]

Měřické práce pokryly několik dní. Jsem si vědom, že způsob užití jednotlivých metod nelze řadit ke zcela standartním či obvyklým, ovšem jejich forma byla přizpůsobena komplikovanému terénu a měřickým podmínkám v zájmové lokalitě. Budování pomocné měřické sítě bylo ovlivněno vysokým porostem a značně bujnou vegetací v zájmovém území, a proto bylo využito více metod určování prostorových souřadnic bodů. Z důvodu nedostatečné využitelnosti dosavadního bodového pole bylo prvních šest bodů pomocné měřické sítě 4001-4006 určeno technologií GNSS v prostoru přilehlé travnaté plochy, dnes využívané jako retenční nádrž. Měření technologií GNSS bylo využito i pro budování měřické sítě kontrolního měření, přičemž dodrželo stanovená kritéria. Měření polygonového pořadu, doplnění pomocné měřické sítě i podrobné měření, které bylo zakončeno na podrobném bodě s pořadovým číslem 555, bylo poté provedeno totální stanicí.

Výkon kancelářských prací se opíral o výpočetní software Groma v. 12 či o programy pro vytváření kresby Atlas, MicroStation V8i a MGEO. Rozsahu práce odpovídá množství tiskových výstupů, z nichž některé slouží pro lepší přehlednost. Kromě zmíněné účelové mapy a jejího detailu byly vyhotoveny měřické náčrty, přehledné náčrty, přehledné profily jednotlivých tratí bikrosové dráhy a kontrolní profily. Pro přehlednost kresby bylo také nutné přejít k určité generalizaci výškopisného obsahu mapy v místě bikrosové dráhy.

Práce byla na závěr podrobena kontrolnímu měření, které bylo s přihlédnutím k charakteru lokality uzpůsobeno pouze výškovému testování a realizováno jako zaměření dvou kontrolních profilů. Získaná data byla použita pro testování přesnosti výšek, při kterém byla dodržena všechna kritéria, a měření tudíž splňuje podmínky pro 3. třídu přesnosti.

10 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Brno-Řečkovice a Mokrá Hora* [online]. b.r. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.brno.cz/sprava-mesta/mestske-casti/reckovice-a-mokra-hora/>
- [2] *Turistické mapy a cyklomapy • Mapy.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=16.5965800&y=49.2393239&z=14>
- [3] *Turistické mapy a cyklomapy • Mapy.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=16.5950565&y=49.2432395&z=16&base=ophoto>
- [4] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. *Slovník VÚGTK* [online]. 2005 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/index.php>
- [5] KALVODA, Petr. 01_GE10_Mapování.pdf. *Document Moved. FAST Moodle elearning* [online]. 2016 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/mod/folder/view.php?id=11570>
- [6] ČSN 01 3410 *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2014.
- [7] Bodová pole. Geoportál ČÚZK [online]. b.r. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://geoportál.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=503>
- [8] 31/1995 Sb. Vyhláška, kterou se provádí zákon o zeměměřictví. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. b.r. [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-31>
- [9] *Microsoft Word – Polygonové pořady.doc* [online]. b.r. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/literatura/polygonove-porady/>
- [10] KALVODA, Petr: *Pokyn pro tvorbu účelové mapy*. Brno, 2011.
- [11] 7.4. *Polygonové pořady* [online]. b.r. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://kgm.zcu.cz/studium/gen1/html/ch07s04.html>
- [12] *GEOTRONICS PRAHA – Váš GEOSHOP* [online]. Copyright ©qR [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/DS_R4_CZ_GTR.pdf

- [13] BARBOSA, Rui C. *Long March 3B launches Beidou-3G2Q* - *NASASpaceFlight.com* [online]. 2020 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.nasaspaceflight.com/2020/03/long-march-3b-launches-beidou-3g2q/>
- [14] *GEOTRONICS PRAHA – Váš GEOSHOP* [online]. Copyright ©qR [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf
- [15] KALVODA, Petr. 04_GE10_Podrobne_mereni.pdf. Document Moved. *FAST Moodle elearning* [online]. 2016 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/mod/folder/view.php?id=11570>
- [16] *Nížbor BMX Racing Team: O bikrosu* [online]. b.r. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.bmxnizbor.cz/cz-cs/?p=o-bikrosu/draha.html>
- [17] KALVODA, Petr. *Pokyn pro tvorbu účelové mapy*. Brno, 2011. (Poslední aktualizace 17. 10. 2015).
- [18] *ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1989
- [19] KALVODA, Petr. 02_GE10_Výškopis.pdf. Document Moved. *FAST Moodle elearning* [online]. 2016 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/mod/folder/view.php?id=11570>
- [20] KALVODA, Petr. 09_GE10_DMT.pdf. Document Moved. *FAST Moodle elearning* [online]. 2016 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://lms.fce.vutbr.cz/mod/folder/view.php?id=11570>

11 Seznam použitých zkratek

DMT – Digitální model terénu

GNSS – Global Navigation Satellite System

TIN – Triangulated Irregular Network

ČSN – Česká Státní Norma

S-JTSK – Systém Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální

Bpv – Balt po vyrovnání

ČÚZK – Český Úřad Zeměměřický a Katastrální

FAST – Fakulta Stavební

VUT – Vysoké Učení Technické

RTK – Real Time Kinematic

GPS – Global Positioning System

GALILEO – Evropský globální navigační satelitní systém

GLONASS – GLObal NAVigation Satellite System

BeiDou – Globální navigační satelitní systém Čínské lidové republiky

CZEPOS – Česká síť permanentních stanic pro určování polohy

PMS – Pomocná Měřická Síť

PDOP – Position Dilution Of Precision

12 Seznam použitých obrázků a tabulek

Obr. 1: Zobrazení polohy lokality [2]	11
Obr. 2: Letecký snímek zájmové oblasti [3]	12
Obr. 3: Polohové a výškové bodové pole v blízkosti měřené lokality [7]	15
Obr. 4: Vegetační podmínky lokality 1	16
Obr. 5: Vegetační podmínky lokality 2	17
Obr. 6: Výnos družice satelitního systému BeiDou raketou Long March 3B dne 9. 3. 2020 [13]	18
Obr. 7: GNSS aparatura Trimble R4	21
Obr. 8: Totální stanice Trimble M3-2"	22
Obr. 9: Dočasná stabilizace bodu	24
Obr. 10: Přehledný náčrt PMS	25
Obr. 11: Bikrosová dráha	27
Obr. 12: Ukázka přehledného profilu	27
Obr. 13: Klopená zatáčka [16]	28
Obr. 14: Dvojskok [16]	28
Obr. 15: Lavice [16]	28
Obr. 16: Rytmička [16]	28
Obr. 17: Výřez z digitálního měřického náčrtu 02_MN_3	30
Obr. 18: Nastavení měřítkového koeficientu	31
Obr. 19: Prostředí softwaru MicroStation V8i	33
Obr. 20: Základní a zdůrazněná vrstevnice	35
Obr. 21: Technické šrafy	35
Obr. 22: Přehledný náčrt kontrolních profilů	38

13 Seznam příloh

01_Technická_zpráva

01_TZ

02_Měřické_náčrty

02_MN_1

02_MN_2

02_MN_3

02_MN_4

03_Kontrolní_profil

03_Kontrolní_profil_A

03_Kontrolní_profil_B

04_Přehledné_náčrty

04_Kontrolní_profil

04_Kontrolní_profil_PMS

04_Přehled_kladu_MN

04_Účelová_mapa_PMS

04_Účelová_mapa_Přehledný_profil_trasa_1

04_Účelová_mapa_Přehledný_profil_trasa_2

04_Účelová_mapa_Přehledný_profil_trasa_3

05_Zápisníky

05_Kontrolní_profil

05_Účelová_mapa

06_Protokoly

06_GPS_Kontrolní_profil

06_GPS_Účelová_mapa

06_Kontrolní_profil

06_Účelová_mapa

07_Seznamy_souřadnic

07_Kontrolní_profil_YXH_NB

07_Účelová_mapa_YXH_NB

08_Testování_přesnosti

08_Testování_H

09_Účelová_mapa

09_Účelová_mapa

09_Detail_A