



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

TVORBA ÚČELOVÉ MAPY V LOKALITĚ MORAVSKÉ MÁLKOVICE

CREATION OF A LARGE-SCALE THEMATIC MAP IN THE LOCALITY OF MORAVSKÉ MÁLKOVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Černý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav geodézie
Student: **Jan Černý**
Vedoucí práce: **Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B0532A260001 Geodézie a kartografie

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Tvorba účelové mapy v lokalitě Moravské Málkovice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zaměřte prvky polohopisu a výškopisu v zadané části obce Moravské Málkovice ve 3. třídě přesnosti dle ČSN 01 3410. Předmětem mapování je povrchová situace včetně nadzemních znaků inženýrských sítí. Na základě získaných dat vyhotovte účelovou mapu v měřítku 1:500, souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Prvky obsahu mapy vyjádřete v souladu s ČSN 01 3411. Přesnost výsledné mapy otestujte dle ČSN 01 3410. Mapu odevzdejte jak v tištěné podobě, tak elektronicky ve formátu *.dgn a *.pdf.

Výslednou mapu a meziprodukty vzniklé při řešení zadání odevzdejte v míře a formě, která umožní posoudit geometrickou a polohovou správnost a kvalitu výsledků práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Účelová mapa ve formátu dgn a pdf
Testování přesnosti

Seznam doporučené literatury a podklady:

ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 108 s.

ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 14 s.

URBAN, J. Digitální model terénu. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1991. 60 s. ISBN 80-010-0553-4.

Manuály a uživatelské příručky sw Atlas DMT dostupné z WWW: <http://www.atlasltd.cz>

VÚGTK. Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. [online]. [cit. 2022-03-15].

Dostupné z: <http://www.slovníkczuk.eu/>

Cítační manažer Citace PRO dostupný z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2022

L. S.

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá tvorbou účelové mapy v severním okraji obce Moravské Málkovice. Teoretická část obsahuje definici mapy, její rozdělení a základní charakteristiku účelových map. Dále jsou zde stručně vysvětleny měřické metody použité při terénních pracích. V praktické části je podrobně popsán postup při vyhotovení účelové mapy, počínaje přípravnými pracemi a volbou měřických pomůcek, přes sběr dat v terénu až po výsledné zpracování. Hlavním výstupem práce je účelová mapa v měřítku 1:500 vyhotovená ve třetí třídě přesnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

účelová mapa, tachymetrie, polohopis, výškopis, Moravské Málkovice

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with creating thematic map of northern edge of village Moravské Málkovice. Theoretical part contains map definition, division and basic characteristics of thematic map. Furthermore, measurement methods used in field work are briefly explained here. In the practical part, the procedure of creating a thematic map is described in detail, starting with preparatory work and the choice of measurement tools, through data collection in the field, and ending with the final processing. The main output of the work is a thematic map in a scale of 1:500, made with a third-class precision.

KEYWORDS

thematic map, tacheometry, planimetry, hypsography, Moravské Málkovice

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČERNÝ, Jan. *Tvorba účelové mapy v lokalitě Moravské Málkovic*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Tvorba účelové mapy v lokalitě Moravské Málkovice* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 05. 2023

Jan Černý
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Tvorba účelové mapy v lokalitě Moravské Málkovice* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 05. 2023

Jan Černý
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce Ing. Petru Kalvodovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky v průběhu zpracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu při celém bakalářském studiu.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	LOKALITA	11
3	MAPA.....	13
3.1	Účelová mapa.....	13
3.1.1	Obsah mapy.....	13
4	METODY MĚŘENÍ.....	15
4.1	Technologie GNSS	15
4.1.1	Metoda RTK.....	16
4.2	Tachymetrie	17
5	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	19
5.1	Rekognoskace terénu	19
5.2	Použité přístroje a pomůcky	19
5.2.1	Totální stanice Geomax ZOOM90 ACTIVE	20
5.2.2	GNSS aparatura	21
6	MĚŘICKÉ PRÁCE	22
6.1	Pomocná měřická síť	22
6.2	Podrobné měření.....	23
6.3	Kontrolní měření.....	23
7	VÝPOČETNÍ PRÁCE	24
7.1	Export naměřených dat	24
7.2	Výpočet podrobných bodů	24
7.3	Testování přesnosti.....	26
7.3.1	Testování polohové přesnosti.....	26
7.3.2	Testování výškové přesnosti	27
8	GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ	29
8.1	Tvorba účelové mapy	29
8.2	Kontrolní profil	30
9	ZÁVĚR	31
	SEZNAM ZDROJŮ	32

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	34
Seznam obrázků	34
Seznam tabulek	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	35
SEZNAM PŘÍLOH	36

1 ÚVOD

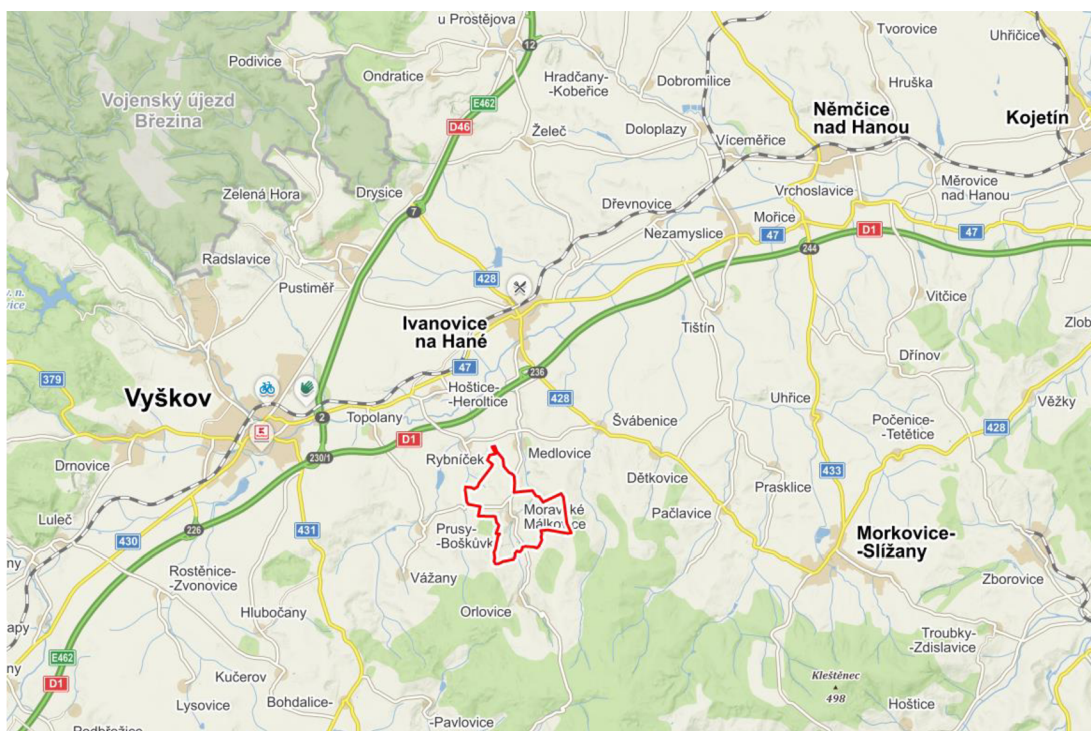
Předmětem bakalářské práce je vyhotovení účelové mapy v obci Moravské Málkovice. Zájmová lokalita se nachází v severní části intravilánu této obce a je přilehlá ke komunikaci spojující obce Moravské Málkovice a Medlovice. Cílem je polohopisné a výškopisné zaměření zájmového území. Výsledkem je účelová mapa v měřítku 1:500 v souřadnicovém systému S-JTSK, ve výškovém systému Bpv, vyhotovená ve 3. třídě přesnosti dle platných technických norem ČSN 01 3411 Sb. (*Mapy velkých měřítek – Základní účelové mapy*) [1] a ČSN 01 3411 Sb. (*Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*) [2]. K připojení sítě pomocných měřických bodů do závazných referenčních systémů byla použita technologie GNSS, pro podrobné zaměření metoda tachymetrická.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části, na teoretickou a praktickou. Teoretická část se skládá ze dvou kapitol, ve kterých je stručně popsána metodika tvorby účelové mapy. V další části jsou představeny a odborně vysvětleny metody měření, které jsem využil v praktické části této práce. Praktická část je rozdělena na čtyři kapitoly, ve kterých je podrobně zdokumentován celkový postup vyhotovení účelové mapy v zadané lokalitě, od přípravných prací a výběru měřických pomůcek, přes vlastní měření v terénu, až po výpočetní práce a vyhotovení grafického výstupu.

Polohopisné a výškopisné zaměření slouží zpravidla jako podklad pro vyhotovení stavebního projektu. V případě této práce se jedná o podklad pro zastavovací studii nových rodinných domů.

2 LOKALITA

Obec Moravské Málkovice se nachází v Jihomoravském kraji, přibližně 7 km východně od okresního města Vyškov. Celé katastrální území se rozprostírá na pomezí Orlovické vrchoviny a Bučovické pahorkatiny. Tyto geomorfologické podcelky se nacházejí v západní části Litenčické pahorkatiny. Samotná obec leží v malém údolí po obou březích Medlovického potoka, který se severně od obce vlévá do řeky Hané. [3]



Obrázek 1: Lokalizace obce Moravské Málkovice [4]

Zájmová lokalita se nachází na severním okraji zastavěné části obce. Mapované území se rozprostírá na přibližně 2 hektarech a je přilehlé k silnici III. třídy 4284, která spojuje Moravské Málkovice a Medlovice. V jižní části lokality se nacházejí především rodinné domy, zahrady a rozvodná stanice plynu. V severní části je převážně zemědělská půda ležící po obou stranách komunikace.



Obrázek 2: Přibližný rozsah zájmové lokality [4]



Obrázek 3: Snímek zadané lokality

3 MAPA

Mapa má několik různých definic, jednou z nich je například: „*Mapa je zmenšený, generalizovaný, konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles a jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující prostřednictvím metod kartografického znázorňování polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně ekonomických a technických objektů a jevů.*“ [5]

Mapy můžeme dělit dle několika hledisek:

- podle způsobu vyhotovení: mapy původní, odvozené a částečně odvozené
- podle měřítka: mapy velkých měřítek (do 1 : 5 000 včetně), mapy středních měřítek (1 : 10 000 – 1 : 200 000) a mapy malých měřítek (1 : 200 000 a menší)
- podle kartografických vlastností: mapy konformní (úhlojevné), ekvidistální (délkojevné), ekvivalentní (plochojevné) a mapy vyrovnávací
- podle obsahu: mapy polohopisné (obsahují pouze polohopis), mapy výškopisné (obsahují polohopis i výškopis) a mapy obsahující pouze výškopis
- podle výsledné formy: mapy grafické (analogové), mapy číselné (obsahují grafickou formu i seznam souřadnic a výšek podrobných bodů), mapy digitální (vedena jako soubor dat v počítači)
- podle obsahu dle ČSN 01 3410 Sb.: mapy základní (mapy se základním všeobecně využitelným obsahem) a mapy účelové (tematické mapy velkých měřítek obsahující kromě prvků map základních další předměty šetření a měření stanovené pro daný účel) [6]

3.1 Účelová mapa

Účelové mapy se řadí spolu s mapami tematickými do kategorie map s nadstandardním obsahem. Účelové mapy jsou vždy mapy velkých měřítek, které obsahují vždy kromě základních prvků také další obsah, pro který byla určitá mapa vyhotovena. Tyto mapy se používají pro plánovací, projektové, provozní, evidenční, dokumentační a další účely. Účelové mapy mohou vznikat přímým měřením, přepracováním nebo doměřením požadovaného obsahu stávajících map. [7]

3.1.1 Obsah mapy

Účelová mapa obsahuje prvky polohopisu, výškopisu a popisu. Předměty polohopisu a výškopisu se zaměřují a zobrazují jako jejich pravoúhlé průměty na referenční plochu daného souřadnicového systému. [1]

Polohopis

Polohopis je obraz předmětů šetření a měření na mapě, které zobrazují jejich polohu, tvar a rozměr bez závislosti na terénním reliéfu. V mapě je polohopis soubor zobrazených bodů, čar a mapových značek. Mezi prvky polohopisu řadíme body bodových polí a ostatní měřické body, hranice, druhy pozemků a způsob jejich užívání, stavební objekty, dopravní infrastrukturu, inženýrské sítě, vodstvo a další konstrukční a pomocné prvky.

Výškopis

Výškopis je svislý průmět terénního reliéfu na mapě. V účelových mapách se nejčastěji zobrazuje výškovými kótami, vrstevnicemi, technickými šrafami a dalšími mapovými značkami.

Popis

Popis mapy uvnitř mapového rámu tvoří čísla bodů bodového pole, údaje o výškách a další popisy prvků účelové mapy jako například popisy ploch, způsob využití stavebních objektů, názvy ulic aj. Mezi mimorámové údaje patří například souřadný systém, měřítko a okrajové náčrtky. [2] [5]

4 METODY MĚŘENÍ

V této kapitole si představíme měřické metody, které byly použity při zaměření pomocné měřické sítě a při podrobném měření. Při výběru měřické metody je hlavním kritériem její požadovaná přesnost a časová náročnost měření. Jednotlivé metody si stručně vysvětlíme a krátce si popíšeme princip jejich fungování.

4.1 Technologie GNSS

Technologie GNSS (Globální navigační satelitní systém) umožňuje určení prostorových souřadnic v každém čase a na kterémkoli místě zemské koulé pomocí umělých družic obíhajících kolem Země. Strukturu tohoto systému lze rozdělit na tři základní složky. Řídící složka koordinuje funkci celého systému a průběžně monitoruje jeho činnost, kosmická složka obsahuje aktivní umělé družice obíhající kolem Země a složka uživatelská zahrnuje pozemní přijímače schopné přijímat a zpracovávat družicové signály. Mezi nejvýznamnější systémy GNSS patří zejména systém GPS provozovaný Spojenými státy americkými, Glonass provozovaný ruskou armádou, systém Galileo, jehož správu zajišťují státy Evropské unie a v neposlední řadě čínský systém BeiDou. V současné době je tato technologie čím dál častěji využívána v geodetické praxi díky své efektivnosti a časové hospodárnosti.

Základní princip fungování této technologie je založen na systému, který určuje tzv. pseudovzdálenost mezi družicí a přijímačem na zemském povrchu. Přímo měřenou veličinou je doba šíření signálu z družicové antény k anténě přijímače, zjišťovaná pomocí kódové nebo fázové informace. Naměřený čas je pomocí rychlosti šíření signálu převedený na vzdálenost. Pro správné určení prostorové polohy přijímače je nutné přijmout signál alespoň od čtyř různých družic. Pro každou z těchto družic lze určit pseudovzdálenost a spolu s informací o přesné poloze družic v daném čase lze určit prostorové souřadnice přijímače. Přesnost těchto souřadnic je ovlivněna zejména systematickými vlivy, jako jsou ionosférické a troposférické zpoždění, chyba hodin přijímače a chyba drah a hodin družic. Tyto vlivy lze významně eliminovat měřením na více frekvencích a z využitím většího počtu družic.

Základní režimy GNSS měření se nazývají absolutní a relativní. V geodetické praxi využíváme relativní určení polohy, ve kterém měříme na dva přijímače současně, přičemž jeden z nich je umístěn na bodě o známých souřadnicích a souřadnice druhého bodu jsou určovány pomocí vzájemného vektoru. [8] [9]

V rámci technologie GNSS rozlišujeme následující metody:

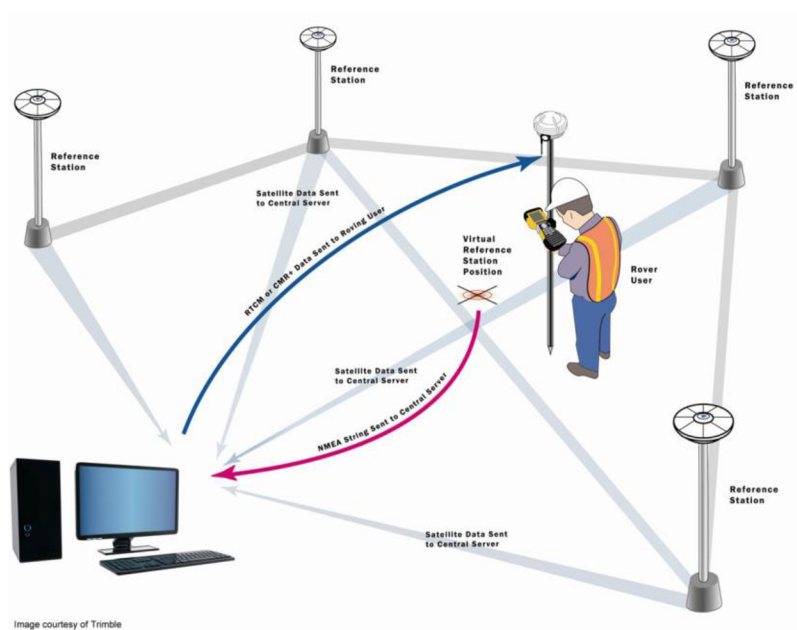
- Statická metoda
- Rychlá statická
- Metoda Stop and go
- Kinematická metoda
- Metoda RTK [8]

4.1.1 Metoda RTK

V současnosti je kinematická metoda v reálném čase nejpoužívanější metodou díky své časové hospodárnosti a okamžitému získání souřadnic přímo v terénu. Při této metodě se využívá síť permanentních stanic, které slouží jako přijímače o známých souřadnicích tzv. „base“ a druhého přijímače, který se pohybuje po určovaných nebo vytyčovaných bodech tzv. „rover“. Prostřednictvím datového spojení mezi oběma přijímači je zajištěn nepřetržitý přenos měřených dat z referenčních stanic do přijímače. V současné době se čím dál častěji využívá metoda, kdy jsou fyzické referenční stanice nahrazeny stanicí virtuální, která je sítí referenčních stanic generována v blízkosti uživatele.

Mezi provozovatele sítí referenčních stanic patří v ČR:

- CZEPOS (Český úřad zeměměřický a katastrální),
- Trimble VRS now (Geotronics Praha s.r.o.),
- TOPnet (GB – geodezie, spol. s.r.o.),
- Georbit (Geobchod, s.r.o.)
- HxGN Smart Net (Gefos a.s.) [8]



Obrázek 4: Metoda RTK [10]

4.2 Tachymetrie

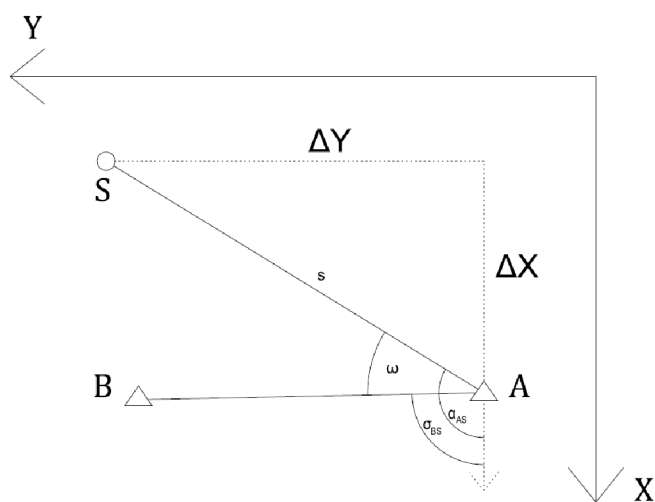
Tachymetrie je měřická metoda, kterou určujeme polohu a výšku bodu současně. Polohu a výšku jednotlivých bodů získáme zaměřením polárních souřadnic, tj. vodorovného úhlu, zenitového úhlu a délky ze stanoviska k jednotlivým podrobným bodům. Převýšení mezi stanoviskem a určovaným bodem se počítá z měřené délky a zenitového úhlu. Orientaci osnovy směrů na stanovisku získáme pomocí směrníků vypočtených ze souřadnic stanoviska a daných bodů v okolí, jejichž souřadnice také známe. Při měření je důležité zaznamenat výšku přístroje na každém stanovisku a výšku cíle u jednotlivých podrobných bodů. V současné době se měří výhradně totálními stanicemi, které disponují laserovými dálkoměry a elektronickou registrací měřených dat.

Souřadnice Y a X podrobných bodů vypočteme jako souřadnice bodu určeného rajonem.

$$Y_A = Y_S + s \sin \alpha_{AS} \quad (4.1)$$

$$X_A = X_S + s \cos \alpha_{AS} \quad (4.2)$$

Kde Y_S a X_S jsou souřadnice stanoviska, s je vodorovná vzdálenost, α_{SA} je směrník vypočítaný z orientačního směrníku (stanovisko – jiný daný bod, tzv. orientace) a rozdílu směrů na orientační a určovaný bod.



Obrázek 5: Polární metoda

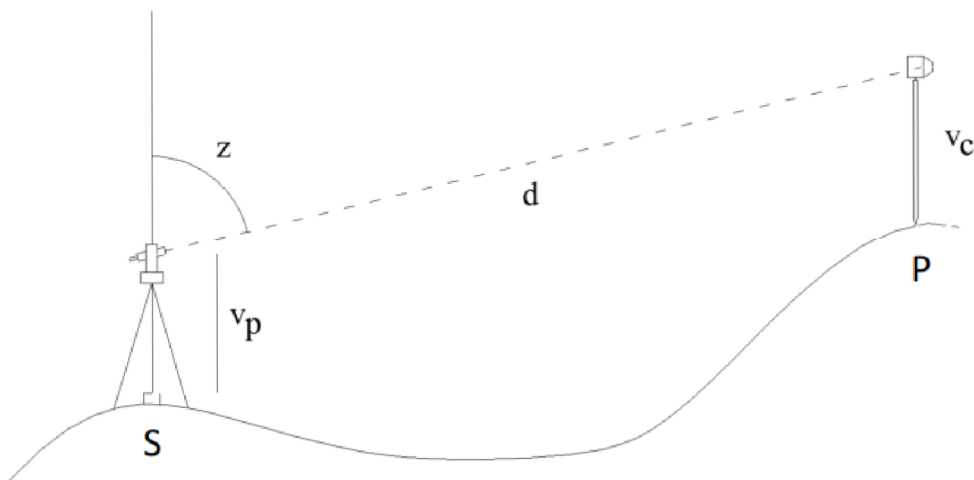
Převýšení h mezi stanoviskem a cílem se vypočte z měřené šikmé délky s' a zenitového z úhlu vztahem:

$$h = d \cos z \quad (4.3)$$

Nadmořská výška HA bodu se vypočte ze vztahu:

$$H_p = H_s + v_p + h - v_c \quad (4.4)$$

kde H_s je nadmořská výška stanoviska, i je výška přístroje, h je převýšení, p je výška cíle. [11]



Obrázek 6: Určení výšky bodu [12]

5 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

V této kapitole se budeme zabývat přípravnými pracemi před měřením. Pod tímto pojmem si můžeme představit soubor úkonů nutných pro naplánování veškerých měřických činností. Hlavním účelem je co nejefektivněji naplánovat pracovní postup a zvolit vhodné měřické pomůcky tak, aby výsledný výstup splňoval požadavky objednatele.

5.1 Rekognoskace terénu

Rekognoskace (obhlídka) terénu je zjišťování stavu skutečností na místě, kde se mají konat geodetické měřické práce. [5]

Rekognoskace na daném mapovaném území proběhla na počátku července roku 2022, týden před zahájením měřických prací. Na začátku došlo k seznámení se se zájmovou lokalitou a jejím rozsahem. Dále bylo nutné přibližně vymezit hranice lokality. Při rekognoskaci byly blíže prohlédnuty budovy a další stavební objekty nacházející se v zájmovém území.

V další části bylo nutné zjistit možnost polohového a výškového připojení do závazného referenčního systému. V blízkosti zadané lokality nebyly nalezeny žádné body bodového pole, proto jsem zvolil pro zaměření pomocné měřické sítě technologii GNSS. Rozmístění bodů bylo naplánováno tak, aby byl zajištěn dostatečný počet orientací na jednotlivých stanoviscích a aby bylo zajištěno zaměření i méně přístupných částí lokality.

5.2 Použité přístroje a pomůcky

Veškeré přístroje a měřické pomůcky použité při zaměření pomocné měřické sítě a při podrobném měření byly zajištěny z vlastních zdrojů.

Seznam přístrojů a pomůcek:

- Totální stanice Geomax ZOOM 90 ACTIVE s příslušenstvím
- Odrazný hranol na výtyčce
- GNSS aparatura Trimble R12i
- Dvoumetr
- Kladivo, dřevěné kolíky

5.2.1 Totální stanice Geomax ZOOM90 ACTIVE

Robotická sestava se skládá z totální stanice Geomax ZOOM 90 ACTIVE a polního controlleru jednotky Geomax Zenius X, díky které je možné ovládat totální stanici na dálku. Totální stanice je vybavena dálkoměrem s možností pasivního odrazu přímo od objektu a nekonečnými jemnými ustanovkami. Dále disponuje systémem pro aktivní vyhledání a sledování hranolu, který značně usnadňuje práci v terénu. Vybrané parametry totální stanice jsou uvedeny v tabulce 1. [13]

Tabulka 1: Parametry totální stanice Geomax ZOOM90 ACTIVE [13]

Zvětšení dalekohledu	30 x
Úhlová přesnost přístroje	5''
Dosah měření bez hranolu	500 m
Dosah měření na hranol	10 000 m
Přesnost měření bez hranolu	$\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$
Přesnost měření na hranol	$\pm (1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$



Obrázek 7: Robotická totální stanice Geomax ZOOM90 ACTIVE [14]

5.2.2 GNSS aparatura

GNSS aparatura se skládá z přijímače Trimble R12i a controlleru Trimble TDC600. Trimble R12i je vysokofrekvenční přijímač podporující veškeré satelitní signály jako jsou GPS, Glonass, Galileo, BeiDou, SBAS a japonský systém QZSS. Systém je vybaven nejpokročilejší technologií zpracování signálů, která umožňuje měření i ve velmi obtížných podmínkách. Přijímač je také vybaven inerciální jednotkou pro kompenzaci náklonu, která umožňuje měření s nakloněnou výtyčkou. Vybrané parametry GNSS přijímače jsou uvedeny v tabulce 2. [15]

Tabulka 2: Parametry GNSS přijímače Trimble R12i [15]

RTK měření		
Jedna základna <30 km	Horizontální přesnost	8 mm + 1 ppm RMS
	Vertikální přesnost	15 mm + 1 ppm RMS
Síťové řešení	Horizontální přesnost	8 mm + 0,5 ppm RMS
	Vertikální přesnost	15 mm + 0,5 ppm RMS



Obrázek 8: Přijímač Trimble R12i a controller Trimble TDC600 [16]

6 MĚŘICKÉ PRÁCE

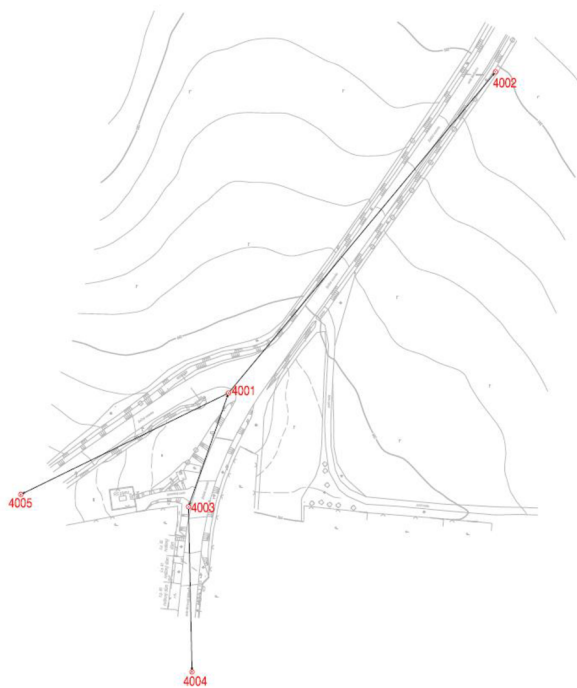
Měřické práce v zájmové lokalitě probíhaly od července do listopadu roku 2022. V první řadě byla stabilizována a zaměřena pomocná měřická síť navržená při rekognoskaci. Následně probíhalo podrobné zaměření polohopisu a výškopisu. V poslední fázi měřických prací proběhlo kontrolní zaměření vybraných bodů a výškového profilu.

6.1 Pomocná měřická síť

Před zahájením podrobného měření bylo nutné stabilizovat a zaměřit body PMS. Tyto body byly dočasně stabilizovány dřevěnými kolíky a zvýrazněny reflexním sprejem.

Pomocné měřické body byly zaměřeny technologií GNSS metodou RTK s připojením k síti referenčních stanic Trimble VRS Now. Při měření technologií GNSS jsem se řídil technickými požadavky danými platnou vyhláškou č. 31/1995 Sb., *Vyhláška, kterou se provádí zákon o zeměměřictví*. [17] Všechny pomocné body byly dvakrát nezávisle určeny s minimálně hodinovým rozestupem. Observační doba měření na každém bodě byla minimálně 5 sekund. Celkově bylo zaměřeno 5 pomocných měřických bodů (4001-4005).

Technologie GNSS byla rovněž použita při určení souřadnic bodů PMS pro kontrolní měření. Jednalo se o body použité v hlavním měření, kterým byly následně přeurčeny souřadnice.



Obrázek 9: Pomocná měřická síť

6.2 Podrobné měření

Cílem podrobného měření je zaměření prostorové polohy bodů polohopisu a výškopisu. Podrobné body byly zaměřeny metodou elektronické tachymetrie s využitím totální stanice. Měření probíhalo v průběhu července 2022.

Tachymetrické zaměření podrobných bodů probíhalo z bodů PMS. Na každém stanovisku bylo nutné provést centraci a horizontaci přístroje, změřit a zaznamenat výšku přístroje nad stabilizačním znakem a zavést fyzikální korekce měřené délky, které se automaticky vypočtou v přístroji po zadání aktuálních atmosférických podmínek (teplota a tlak). V průběhu celého měření je nezbytné průběžně kontrolovat nastavení konstanty hranolu a výšku cíle. Z každého stanoviska byly zaměřeny nejméně dvě orientace na body o známých souřadnicích. Pro zajištění správnosti a homogenity měření byly z každého stanoviska zaměřeny minimálně dva jednoznačně identifikovatelné body, které byly zaměřené i z jiného stanoviska.

Hustota podrobných bodů se volí tak, aby od sebe nebyly vzdáleny více než 2-3 cm na mapě, což pro měřítko 1:500 odpovídá vzdálenosti 10-15 m ve skutečnosti. Předmětem podrobného měření bylo zejména obvodové zdivo budov, vstupy do objektů, rozhraní cest a chodníků, ploty, stromy, rozhraní kultur, prvky terénní kostry, povrchové znaky inženýrských sítí, sloupy elektrického vedení, rozvodné skříně, dopravní značky aj.

6.3 Kontrolní měření

Po ukončení hlavního měření proběhlo měření kontrolní, které slouží k ověření dosažené polohové a výškové přesnosti výsledné mapy. Taková kontrola nejčastěji probíhá tachymetrickým zaměřením jednoznačně identifikovatelných bodů z nezávisle určené měřické sítě. Vzhledem k nedostatečnému počtu těchto jednoznačně identifikovatelných bodů jsem tuto metodu doplnil o zaměření jednoho kontrolního výškového profilu, který vede napříč celou lokalitou.

Před samotným kontrolním měřením byla nově zaměřena PMS technologií GNSS metodou RTK. Z těchto bodů bylo kontrolně zaměřeno 57 jednoznačně identifikovatelných bodů, které byly rovnoměrně rozmístěny po lokalitě. Před zaměřením kontrolního profilu bylo nutné připravit seznam souřadnic s počátečním a koncovým bodem profilu a průsečíky profilu s terénními hranami. Samotné zaměření bodů v profilu bylo provedeno vytyčováním bodů na přímce, kdy je možné současně vytyčovat a zaměřovat body na dané linii. Vzdálenost mezi body byla volena podle potřeby dostatečného počtu bodů v profilu. V kontrolním profilu bylo celkově zaměřeno 47 bodů.

7 VÝPOČETNÍ PRÁCE

Po skončení veškerých měřických prací následovalo číselné zpracování naměřených dat. Tento proces zahrnuje export naměřených dat z totální stanice a z aparatury GNSS, výpočet souřadnic a výšek podrobných a kontrolních bodů a následné vyhodnocení polohové a výškové přesnosti výsledné mapy.

7.1 Export naměřených dat

Všechna naměřená data byla v kontrolních jednotkách exportována do souborů vhodných pro výpočet v geodetickém softwaru. Z totální stanice byly exportovány zápisníky polární metody ve formátu *.txt se strukturou naměřených dat MAPA2. Tyto zápisníky nalezneme v příloze č. 3 konvertované do formátu *.zap. Při exportu polárních dat se nezaváděly žádné matematické korekce. Z controlleru GNSS aparatury byl vyexportován kompletní protokol měření GNSS ve formátu *.txt, ze kterého byly následně převzaty zprůměrované souřadnice z dvojího určení. Protokol určení bodů pomocí technologie GNSS byl exportován ve formátu *.doc v podobě předvyplněného protokolu.

7.2 Výpočet podrobných bodů

Výpočetní část byla zpracována v geodetickém softwaru Groma v 13.0. V prvním kroku bylo provedeno základní nastavení programu jako je počet desetinných míst, formáty vstupních a výstupních souborů, tolerance a předčíslení bodů.

Následně byl proveden import souřadnic bodů určených technologií GNSS a z bodu 4001 byl vypočten měřítkový koeficient, který opravuje měřené délky o korekci z nadmořské výšky a z kartografického zobrazení. Tento měřítkový koeficient lze nastavit pomocí nástroje *Křovák*.

Pravouhlé souřadnice:	Polární souřadnice:
Y: 562 462.80	Ro: 1286497.794 m
X: 1 157 027.30	Epsilon: 25.92566149 °
Z: 291.46	
	Kartografické souřadnice:
	Šířka: 78.60364506 °
	Délka: 26.45678935 °

Volby:

Oprava z kartografického zkreslení: 0.999901640854

Oprava z nadmořské výšky: 0.999954323738

Výsledný měřítkový koeficient: 0.999855969085

Název koeficientu:

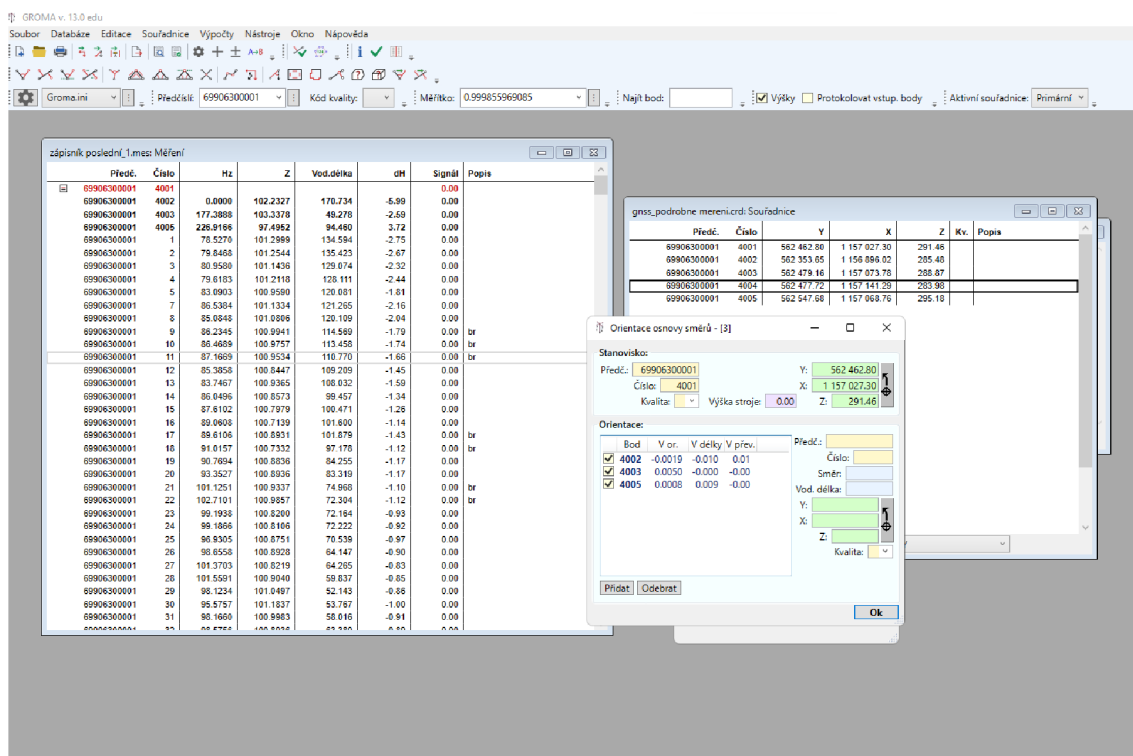
Obrázek 10: Funkce Křovák

Následoval import zápisníku, po kterém byly měřené délky opraveny o měřítkový koeficient. Pomocí funkce *Zpracování zápisníku* došlo k výpočtu převýšení, zpracování oboustranně měřených délek, k opravě z vlivu refrakce a zakřivení země a k redukci vodorovných směrů.

K výpočtu souřadnic podrobných bodů byla využita funkce *Polární metoda dávkou*. V průběhu výpočtu bylo nutné kontrolovat opravy směrů, délek a převýšení na orientační body a odchylky na identických bodech. Body měřené z více stanovisek byly určeny jako průměr z vícenásobného určení souřadnic. O průběhu celého výpočtu je veden protokol, který nalezneme v příloze č. 4.

Výsledkem této výpočetní části jsou souřadnice a výšky všech podrobných bodů v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Seznamy souřadnic a výšek podrobných bodů a bodů PMS byly exportovány ve formátu *.txt a nalezneme je v příloze č. 5.

Stejný postup výpočtu byl také použit při výpočtu kontrolních bodů a bodů v kontrolním profilu.



Obrázek 11: Ukázka výpočtu polární metody dávkou v programu Groma v 13.0

7.3 Testování přesnosti

Přesnost výsledné mapy se hodnotí na základě charakteristik a kritérií přesnosti stanovených pro zadanou třídu přesnosti. I přesto, že tvorba mapy byla zadána pro 3. třídu přesnosti, byla rovněž otestována pro 1. a 2. třídu přesnosti dle ČSN 01 3410 Sb [1]. Testováním souboru kontrolních bodů ověřujeme statistickou hypotézu, zda vybraný soubor splňuje požadovanou třídu přesnosti. Testování bylo provedeno na hladině významnosti $\alpha = 5 \%$.

Tabulka 3: Kritéria přesnosti dle ČSN 01 3410 Sb. [1]

Třída přesnosti	u_{XY} [m]	u_h [m]	u_v [m]
1	0,04	0,03	0,30
2	0,08	0,07	0,40
3	0,14	0,12	0,50

Před samotným testováním proběhlo nezávislé kontrolní měření, ve kterém bylo zaměřeno 57 jednoznačně identifikovatelných bodů a 47 bodů v kontrolním profilu. Celkem tedy bylo zaměřeno 104 kontrolních bodů.

7.3.1 Testování polohové přesnosti

Při testování souřadnic X, Y podrobných bodů je nutné vypočítat souřadnicové rozdíly.

$$\Delta X = X_m - X_k \quad \Delta Y = Y_m - Y_k \quad (7.1)$$

Kde X_m a Y_m jsou souřadnice určené při hlavním měření a X_k a Y_k jsou souřadnice téhož bodu získané při kontrolním měření.

V dalším kroku je třeba vypočítat směrodatné souřadnicové odchylky S_X a S_Y .

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta X_i^2}{kN}} \quad S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta Y_i^2}{kN}} \quad (7.2)$$

Kde N je počet bodů v testovaném souboru. Hodnota koeficientu je rovna 2 za předpokladu, že kontrolní měření bylo provedeno se stejnou přesností jako metoda hlavní. Má-li kontrolní měření přesnost podstatně vyšší, zvolíme pro k hodnotu 1.

Dále vypočteme výběrovou směrodatnou souřadnicovou odchylku S_{XY} a polohové odchylky Δp_i dle následujících vztahů.

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{s_X^2 + s_Y^2}{2}} \quad (7.3)$$

$$\Delta p_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2} \quad (7.4)$$

Za současného splnění následujících podmínek můžeme prohlásit, že výsledná polohová přesnost vyhovuje dané třídě přesnosti.

$$s_{XY} \leq \omega_{2N} u_{XY} \quad |\Delta p_i| \leq 1,7 u_{XY} \quad (7.5)$$

Kde koeficient ω_{2N} má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 5 \%$ hodnotu $\omega_{2N} = 1,1$ pro výběr rozsahu N od 100 do 300 bodů a u_{XY} je kritérium přesnosti z tabulky č. 3. [1]

V následující tabulce jsou shrnuty výsledky polohového testování pro 3. třídu přesnosti. Z výsledků je patrné, že dosažené odchylky splňují kritéria pro zadanou třídu přesnosti a rovněž splňují kritéria pro 1. třídu přesnosti.

Tabulka 4: Testování polohové přesnosti

Kritérium přesnosti pro 3. třídu přesnosti	u_{XY}	0,14 m
Výběrová směrodatná souřadnicová odchylka	S_{XY}	0,02 m
Podmínka $S_{XY} \leq \omega_{2N} \cdot u_{XY}$	SPLNĚNO	
Podmínka $ \Delta p \leq 1,7 \cdot u_{XY}$	57/57	

7.3.2 Testování výškové přesnosti

Při testování výšek H je třeba v první řadě vypočítat výškový rozdíl ΔH , kde H_m je výška podrobného bodu z hlavního měření nebo výška získaná interpolací mezi podrobnými body výškopisu a H_k je kontrolně zaměřená výška stejného bodu.

$$\Delta H_i = H_m - H_k \quad (7.6)$$

Následuje výpočet výběrové směrodatné výškové odchylky S_H dle následujícího vztahu.

$$s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \Delta H_i^2}{kN}} \quad (7.7)$$

Kde N je počet bodů v testovaném souboru. Koeficient $k = 2$, protože kontrolní měření bylo provedeno se stejnou přesností jako měření hlavní.

Pokud jsou zároveň splněny následující podmínky, můžeme prohlásit, že přesnost určení výšek vyhovuje stanovené třídě přesnosti.

$$|\Delta H| \leq 2u_h\sqrt{k} \quad (7.8)$$

$$s_H \leq \omega_N u_H \text{ (zpevněné plochy)} \quad (7.9)$$

$$s_H \leq 3\omega_N u_H \text{ (nezpevněné plochy)}$$

Kde $\omega_N = 1,1$ při počtu testovaných bodů v rozsahu 80 až 500 na zvolené hladině významnosti $\alpha = 5\%$. Kritérium u_H je uvedeno v tabulce č. 3. [1]

Následující tabulka obsahuje shrnutí výsledků výškového testování ve 3. třídě přesnosti. Jelikož body nebyly rozděleny podle zpevněného a nezpevněného povrchu, porovnává se výsledná směrodatná odchylka S_H pouze s přísnějším kritériem pro zpevněný povrch. Z výsledků je zřejmé, že dosažené odchylky splňují stanovenou třídu přesnosti a zároveň splňují 2. třídu přesnosti.

Tabulka 5: Testování výškové přesnosti

Kritérium přesnosti pro 3. třídu přesnosti	u_H	0,12 m
Výběrová směrodatná souřadnicová odchylka	S_H	0,02 m
Podmínka $S_H \leq \omega_N \cdot u_H$	SPLNĚNO	
Podmínka $ \Delta p \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$	104/104	

8 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Po výpočetním zpracování naměřených dat následovala tvorba grafických příloh. Všechny tyto přílohy byly zpracovány v prostředí programu Microstation V8i (s nadstavbou Groma a MGEO) a v programu Atlas DMT. Hlavním grafickým výstupem této práce je účelová mapa v měřítku 1:500. Dalšími výstupy jsou přehledný náčrt pomocné měřické sítě, přehledný náčrt kontrolních bodů a kontrolní podélný profil.

8.1 Tvorba účelové mapy

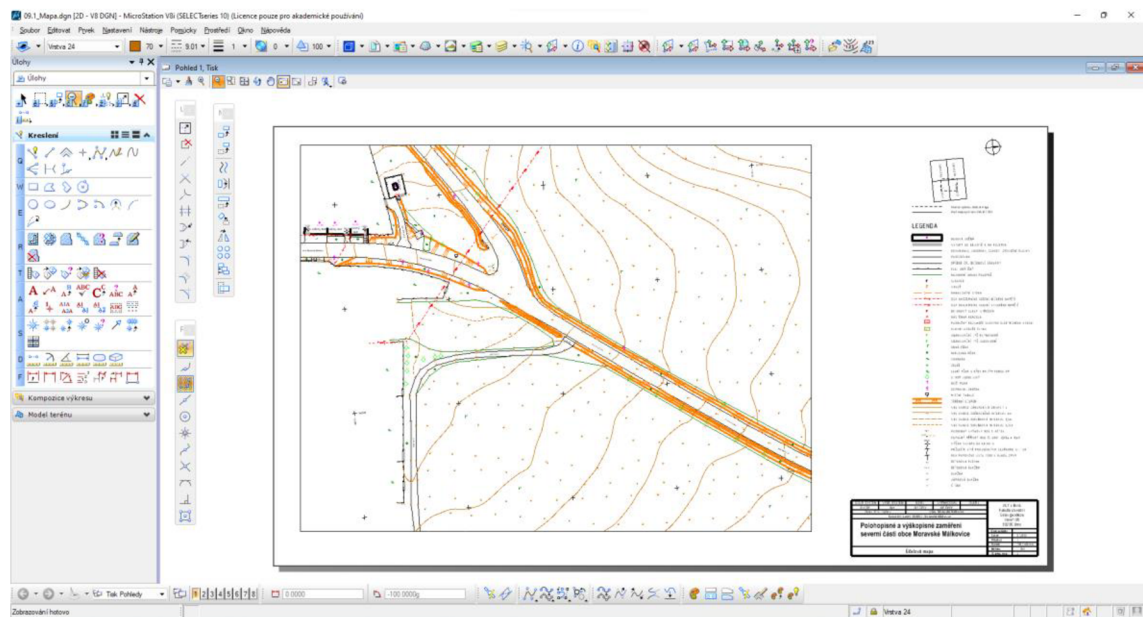
Účelová mapa byla vyhotovena v měřítku 1:500 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. V programu Microstation V8i byl nejprve založen výkres ve formátu *.dgn. Pomocí MDL nadstavby Groma byly do výkresu naimportovány souřadnice a výšky podrobných a pomocných bodů, jejich čísla a kódy. Použité atributy vycházely z tabulky atributů používané v předmětu BEA011 Mapování I. Účelová mapa byla vyhotovena v souladu s normou ČSN 01 3411 Sb. (*Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*) [2].

V první řadě byly ve výkrese pospojovány liniové prvky, jako například rozhraní cest a chodníků, ploty, rozhraní druhů pozemků a terénní hrany. Následně byly do kresby umístěny mapové značky stromů, povrchové znaky inženýrských sítí, značky druhů pozemků apod. Dále byla mapa doplněna o popisné prvky.

Výškopis je v mapě vyjádřen výškovými kótami, vrstevnice a technickými šrafi. Pro vyhotovení vrstevnic byl použit software Atlas DMT. Nejprve byl z podrobných bodů vygenerován digitální model reliéfu, ve kterém jsem pospojoval liniové prvky polohopisu a terénní hrany. Z digitálního modelu terénu byly vygenerovány vrstevnice v základním intervalu 1 m. V místech, kde převažoval rovinný terén byly základní vrstevnice doplněny o vrstevnice doplňkové. Vyhotovený vrstevnicový plán byl exportován a ve formátu *.dgn a připojen do výkresu. Dále byla mapa doplněna o výškové kóty, které jsou zaokrouhleny na centimetry na zpevněném povrchu a na decimetry na nezpevněném povrchu. Pro zachování přehlednosti byly téměř všechny výškové kóty při importu zredukovány o stovky a desítky tzn. kóta 289, 07 je v mapě uvedena jako 9, 07.

Pomocí nadstavby MGEO byla kresba doplněna technickými šrafi, průsečíky sítě pravouhlých souřadnic, rohy mapových listů a okrajovým náčrtem se zobrazením mapových listů. Dále byla provedena typologická a atributová kontrola, která proběhla rovněž v nadstavbě MGEO. Na závěr byla do kresby umístěna popisová tabulka, legenda a směrová růžice.

Výsledná mapa je uložena v digitálním formátu *.dgn a spolu s formátem *.pdf je součástí přílohy č. 9. V papírové formě je vytištěna na prodlouženém formátu A2 o rozměrech 740 x 420 mm.



Obrázek 12: Výsledná mapa v prostředí programu Microstation V8i

8.2 Kontrolní profil

V prostřední programu Atlas DMT byl z digitálního modelu terénu vygenerován podélný kontrolní profil v měřítku 1:500/250/50 (staničení mezi jednotlivými body, vynesené výšky nad srovnávací rovinou, rozdíly mezi kótami určenými z účelové a kontrolního profilu). Kontrolní profil je vytištěn na formátu A2 a jeho digitální forma je součástí přílohy č. 8.

9 ZÁVĚR

Základním úkolem této bakalářské práce bylo polohopisné a výškopisné zaměření okrajové části obce Moravské Málkovice ve 3. třídě přesnosti. Hlavním výstupem této práce je účelová mapa dané lokality vyhotovená v měřítku 1:500 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Tato mapa je vyhotovena dle platných norem ČSN 01 3411 Sb. (*Mapy velkých měřítek – Základní účelové mapy*) [1] a ČSN 01 3411 Sb. (*Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky*) [2]. V jednotlivých kapitolách je teoreticky a prakticky popsán postup při vyhotovení účelové mapy.

Po rekognoskaci dané lokality a naplánování terénních prací byla zaměřena pomocná měřická síť technologií GNSS metodou RTK. Z bodů PMS byly polární metodou zaměřeny podrobné prvky polohopisu a výškopisu. Číselné zpracování naměřených dat probíhalo v geodetickém softwaru Groma v 13.0. Zpracování grafických příloh proběhlo především v programu Microstation V8i a jeho nadstavbě MGEO.

Výsledná mapa byla otestována pomocí nezávislého kontrolního měření, při kterém bylo otestováno 57 jednoznačně identifikovatelných bodů a 47 bodů v kontrolním profilu. Z testování polohové a výškové přesnosti vyplývá, že výsledná mapa vyhovuje kritériím 3. třídy přesnosti, ve které byla vyhotovena.

Účelová mapa bude dále využita jako podklad pro zastavovací studii nových rodinných domů v dané lokalitě.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] ČSN 01 3410: *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [2] ČSN 01 3411: *Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky*. Praha: Vydavatelství norem, 1990.
- [3] Orlovická vrchovina. *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice, 2014 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/orlovicka-vrchovina/>
- [4] *Mapy.cz* [online]. Seznam a.s., 2023 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: mapy.cz
- [5] ČSN 73 0401: *Názvosloví v geodézii a kartografii*. Praha: Český normalizační institut, 1989.
- [6] KALVODA, Petr. *Mapování I. Přednášky z předmětu GE-10 Mapování I* [online]. Brno: Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 2016 [cit. 2023-04-27].
- [7] FÍŠER, Zdeněk a Jiří VONDRÁK. *Mapování I: Průvodce předmětem mapování I*. Brno: Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [8] ŠTORNER, Martin. *Globální navigační systémy (GNSS)* [online]. Praha: Katedra speciální geodézie, České vysoké učení technické v Praze [cit. 2023-04-27]. Dostupné z :https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS_obs.pdf
- [9] ŠVÁBENSKÝ, Otakar, Josef WEIGEL a Radovan MACHOTKA. *Seminář GPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení*. Brno: Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 2007.
- [10] Kinematická metoda v reálnom čase - RTK. *SKPOS: Slovenská priestorová observačná služba* [online]. Geodetický a kartografický ústav Bratislava, 2023 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://www.skpos.gku.sk/o-skpos.php>
- [11] VONDRÁK, Jiří. *Geodézie II: Geodetická cvičení II*. Brno: Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, 2004.
- [12] ŠTRONER, Martin. *Základy mapování a účelového mapování* [online]. Praha: Katedra speciální geodézie, České vysoké učení technické v Praze [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GEY2/pred_5_Metrologie_Ucelove_mapovani.pdf

- [13] Robotická sestava Geomax ZOOM90 ACTIVE. *Geopen systems* [online]. Brno: GEOPEN, 2023 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://geopen.cz/archiv-pristroju/505-roboticka-sestava-geomax-zoom90-active.html>
- [14] Geomax ZOOM 90 Series. *Geomax* [online]. GeoMax AG, 2023 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://geomax-positioning.com/en-us/archive/zoom90-series>
- [15] Technický popis: Trimble R12i. *Geotronics Praha* [online]. Praha: Geotronics Praha s.r.o., 2020 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2021/07/022516-511B-cs-CZ_Trimble-R12i-GNSS-Receiver_DS_A4_1020_LR.pdf
- [16] GNSS Trimble R12i s kontrolnou jednotkou TDC600. *GEOpriestor.sk* [online]. Geosolutions s.r.o., 2023 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.geopriestor.sk/produkt/gnss-trimble-r12i-tdc600/>
- [17] Vyhláška č. 31/1995 Sb. Vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2023 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-31>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obrázek 1: Lokalizace obce Moravské Málkovice [4]	11
Obrázek 2: Přibližný rozsah zájmové lokality [4].....	12
Obrázek 3: Snímek zadané lokality	12
Obrázek 4: Metoda RTK [10]	16
Obrázek 5: Polární metoda.....	17
Obrázek 6: Určení výšky bodu [12].....	18
Obrázek 7: Robotická totální stanice Geomax ZOOM90 ACTIVE [14]	20
Obrázek 8: Přijímač Trimble R12i a controller Trimble TDC600 [16]	21
Obrázek 9: Pomocná měřická síť	22
Obrázek 10: Funkce Křovák.....	24
Obrázek 11: Ukázka výpočtu polární metody dávkou v programu Groma v 13.0... 25	
Obrázek 12: Výsledná mapa v prostředí programu Microstation V8i.....	30

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry totální stanice Geomax ZOOM90 ACTIVE [13]	20
Tabulka 2: Parametry GNSS přijímače Trimble R12i [15]	21
Tabulka 3: Kritéria přesnosti dle ČSN 01 3410 Sb. [1]	26
Tabulka 4: Testování polohové přesnosti	27
Tabulka 5: Testování výškové přesnosti.....	28

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Bpv	Výškový systém Baltský po vyrovnání
ČSN	Česká státní norma
dgn	Formát výkresů produktů firmy Bentley Systems
DMT	Digitální model terénu
GNSS	Global Navigation Satellite System - globální družicový polohový systém
RTK	Real Time Kinematic
S-JTSK	System jednotné trigonometrické sítě katastrální
txt	Formát textového souboru
PMS	Pomocná měřická síť

SEZNAM PŘÍLOH

- 01_Technická zpráva
 - 01_TZ.pdf
- 02_Přehledné náčrty
 - 02.1_PMS.dgn
 - 02.1_PMS.pdf
 - 02.2_KB.dgn
 - 02.2_KB.pdf
- 03_Zápisníky
 - 03.1_PM.zap
 - 03.1_KM.zap
- 04_Protokoly
 - 04.1-1_Protokol_PM.docx
 - 04.1-2_Protokol_GNSS.doc
 - 04.2-1_Protokol_KM.docx
 - 04.2-2_Protokol_GNSS.doc
- 05_Seznamy souřadnic
 - 05.1_PMS.txt
 - 05.2_PB.txt
 - 05.3_KB.txt
 - 05.4_Kody.txt
- 07_Testování přesnosti
 - 07.1_Overeni_YX.xlsx
 - 07.2_Overeni_H.xlsx
 - 07.3_Overe_H_profil.xlsx
- 08_Kontrolní profil
 - 08.1_Profil.dgn
 - 08.1_Profil.pdf
- 09_Mapa
 - 09.1_Mapa.dgn
 - 09.1_Mapa.pdf