



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

VYHOTOVENÍ ÚČELOVÉ MAPY VELKÉHO MĚŘÍTKA V BRNĚ - LÍŠNI

SURVEY AND PREPARATION OF A LARGE-SCALE MAP IN BRNO - LÍŠEŇ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Silvia Čimborová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav geodézie
Studentka: **Silvia Čimborová**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25
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:

Vyhotovení účelové mapy velkého měřítka v Brně - Líšni

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V zájmové lokalitě vybudujte měřickou síť pro tachymetrické zaměření. Síť připojte do legislativně závazných geodetických referenčních systémů prostřednictvím bodů státního bodového pole a metodou GNSS. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data zpracujte a na jejich základě vyhotovte účelovou mapu.

K práci doložte výsledky a meziprodukty vzniklé při řešení zadání ve formě, která umožní posoudit geometrickou a polohovou správnost a kvalitu. Tj. především soubory vzniklé při zpracování v původních formátech (nejen "pdf").

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Vytvořte měřickou síť pro zaměření zájmové oblasti. Síť připojte do legislativně závazných geodetických referenčních systémů primárně technologií GNSS. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data analyzujte, zpracujte a na jejich základě vyhotovte účelovou mapu. Výstupy práce připravte pro případné předání k tvorbě DMT.

K práci doložte výsledek práce a meziprodukty vzniklé při řešení zadání v míře a formě, která umožní posoudit geometrickou a polohovou správnost a kvalitu výsledků práce, tj. především soubory vzniklé při zpracování v původních formátech (nejen "pdf").

Seznam doporučené literatury a podklady:

Nařízení vlády č. 159/2023 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, v platném znění. 2023.

ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy.

ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky.

Zákon č. 200/1994 Sb. o zeměměřičtví 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, 2023.

GISOFT, v.o.s.. Uživatelské příručky M-geo. GISOFT, v.o.s., 2023.

SEDLÁČEK S.: Uživatelské příručky VKM. Ing. Svatopluk Sedláček, 2018.

GEOLINE, spol. s r.o.. Uživatelské příručky Groma. GEOLINE, spol. s r.o., 2023.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2024

L. S.

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

Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Bakalárska práca sa zaoberá tvorbou a vyhotovením účelovej mapy v lokalite Brno-Líšeň v mierke 1 : 500. V práci sú popísané teoretické východiská účelových máp, postupy terénnych prác vrátane rekognoskácie, budovania meračskej siete a podrobného zamerania. Ďalej je spracovaný výpočet, grafické spracovanie a testovanie presnosti výslednej mapy. Výsledkom je účelová mapa zodpovedajúca 3. triede presnosti podľa ČSN 01 3410, spracovaná v systémoch S-JTSK a Bpv, s dvomi variantmi výškopisu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Účelová mapa, polohopis, výškopis, GNSS, priestorová polárna metóda, testovanie presností, Líšeň

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on the creation and processing of a thematic map in the Brno-Líšeň area at a scale of 1 : 500. The work describes the theoretical background of thematic maps, the procedures of fieldwork including reconnaissance, the establishment of a survey network, and detailed surveying. It also includes data processing, graphical representation, and accuracy testing of the final map. The result is a thematic map corresponding to the 3rd accuracy class according to ČSN 01 3410, processed in the S-JTSK coordinate system and the Bpv vertical reference system, with two variants of elevation representation.

KEYWORDS

Thematic map, planimetry, altimetry, GNSS, spatial polar method, accuracy testing, Líšeň

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČIMBOROVÁ, Silvia. *Vyhotovení účelové mapy velkého měřítka v Brně - Líšni*. Brno, 2025. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vyhotovení účelové mapy velkého měřítka v Brně - Líšni* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2025

Silvia Čimborová
autor

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu práce Ing. Jiřímu Vondrákovi, Ph.D. za prevzatie role vedenia práce a cenné pripomienky, ďalej ďakujem mojím figurantom Ing. Filipovi Paruzovi a môjmu priateľovi Bc. Tomášovi Landovi za príjemnú spoluprácu. Rovnako ďakujem mojej rodine a priateľovi za podporu počas celého štúdia.

Obsah

1	Zoznámenie sa s témou bakalárskej práce	10
2	Účelová mapa	11
3	Lokalita	12
4	Prípravné práce	13
4.1	Rekognoskácia terénu	13
4.2	Bodové pole	14
4.3	Použité prístroje a pomôcky	15
4.3.1	Totálna stanica Trimble M3-2“	15
4.3.2	Príjmač GNSS-RTK Trimble R4 a Trimble R8s.....	16
5	Meračské práce	17
5.1	Budovanie pomocnej meračskej siete.....	17
5.2	Podrobné meranie v teréne	17
5.3	Technológia GNSS	19
5.4	Priestorová polárna metóda	20
6	Kancelárske práce	21
6.1	Groma v.13.1.....	21
6.2	MGEO + Microstation CONNECT Edition	23
6.3	Atlas DMT 22.05.2.	24
7	Grafické prílohy	25
7.1	Prehľadný náčrt pomocnej meračskej siete	25
7.2	Prehľadný náčrt kontrolného merania.....	25
7.3	Geodetické údaje.....	25
8	Kontrolné meranie	26
8.1	Testovanie polohovej a výškovej presnosti.....	26
8.2	Testovanie výškovej presností súradníc.....	27
9	Záver	28

10	Odkazy	29
11	Zoznam tabuliek	31
12	Zoznam obrázkov	31
13	Zoznam použitých skratiek	32
14	Zoznam príloh	33

1 Zoznámenie sa s témou bakalárskej práce

Cieľom tejto bakalárskej práce je zhromaždenie dát a vyhotovenie účelovej mapy v obci Brno-Líšeň, ktorá bude nadväzovať na už mapované územie, slúžiac ako podklad pre návrh nového domova dôchodcov, vypracovaný študentami bakalárskeho štúdia v odbore architektúry z FAST VUT.

Vznikla účelová mapa v mierke 1:500 v súradnicovom systéme JTSK a výškovom systéme Bpv so splnenými podmienkami pre 3. triedu presnosti podľa platných noriem ČSN 01 3411 Zb. (Mapy veľkých mierok- Základné účelové mapy) a ČSN 01 3411 Zb. (Mapy veľkých mierok – Kreslenie a značky).

Práca je rozdelená na praktickú a kancelársku sekciu, praktická spočívala v zameriavaní skutočného stavu v teréne s pripojením do záväzných referenčných systémov pomocou technológie GNSS, pričom podrobné meranie sa realizovalo priestorovou polárnou metódou. Kancelárske práce spočívajú v spracovaní dát z terénu.

Výstupy práce je ďalej možné použiť aj k prípadnej tvorbe DMT. Účelová mapa je v dvoch formách výškopisu, konkrétne ide o kótovanú mapu, ktorej výškopis je znázornený pomocou výškových kót, rovnomerne rozmiestnených po celom území a vrstevnicovú mapu, ktorej výškopis je vo forme vrstevníc.

2 Účelová mapa

Mapy obsahujúce okrem základných prvkov mapy aj zákres ďalších predmetov mapovania slúžiacich k danému účelu zásadne vo veľkých mierkach sú tzv. účelové mapy. Z hľadiska účelu môžu vznikajúť mapy pre projekčné účely, pre prevádzkové potreby organizácií, pre pozemkové úpravy, mapy lesnícke a vodohospodárske, mapy skutočného prevedenia stavieb, mapy sídlisk a iné. Vyhotovujú sa priamym meraním, ale aj prepracovaním či odvodením pôvodných máp. (1)

V závislosti na účele, ku ktorému mapa slúži volíme takú triedu presnosti a metódy merania aj spracovania, aby boli požiadavky na presnosť splnené podľa ČSN 01 34 10. Mapu môžeme vyhotoviť v klade ML veľkých mierok v S-JTSK, v prípade, že je mapa zhotovená v ľubovoľných rozmeroch a v obecnom klade mapových listov, musí byť doplnená o prehľad kladov ML. (2)

Čo sa týka obecného základného obsahu mapy, rozdeľuje sa do troch základných častí:

Polohopis

Ide o pravouhlé priemety predmetov v teréne na referenčnú plochu použitého súradnicového systému, tj. zobrazuje polohu, tvar a rozmer bez ohľadu na terénny reliéf v súradniciach YX, v tomto prípade v systéme JTSK. Zaraďujeme tu súbor zobrazených bodov, čiar a mapových značiek. Konkrétne to sú body bodových polí a ostatné meračské body, hranice pozemkov a komunikácií, druhy pozemkov a spôsob ich využívania, stavebné objekty, inžinierske siete, vodstvo a ostatné konštrukčné prvky. (3)

Výškopis

Ide o zložku vyjadrujúcu napr. v prípade výškových kót relatívnu alebo absolútnu výšku, často v kombinácii s vrstevnicami a v miestach, kde vrstevnice nedostačujú k vyjadreniu terénu aj technickými šrafami, prípadne ďalšími mapovými značkami. (4)

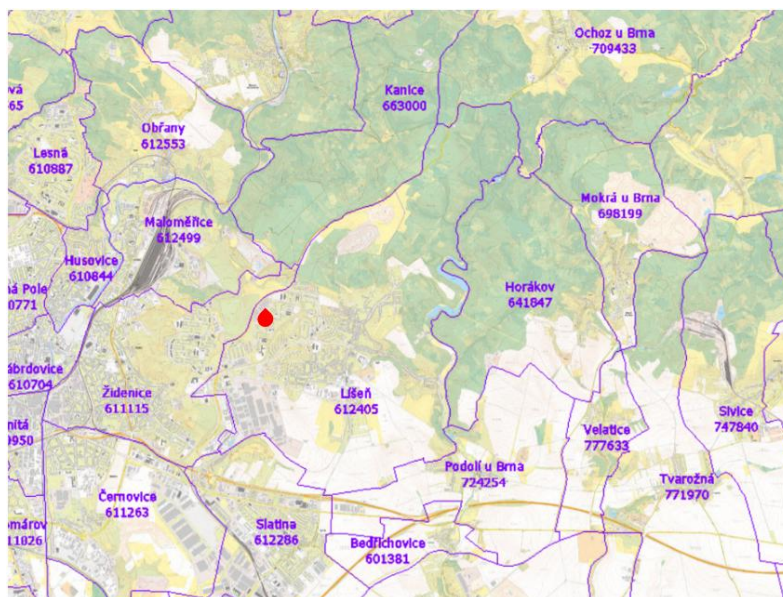
Popis

Zaraďujeme tu vnútro rámové údaje ako sú čísla bodov bodových polí, výškové kóty a iné popisy v účelovej mape, napr. popis plôch, názvy ulíc. Do mimo rámových údajov zahrňujeme popisovú tabuľku, legendu a okrajové náčrtky. (4)

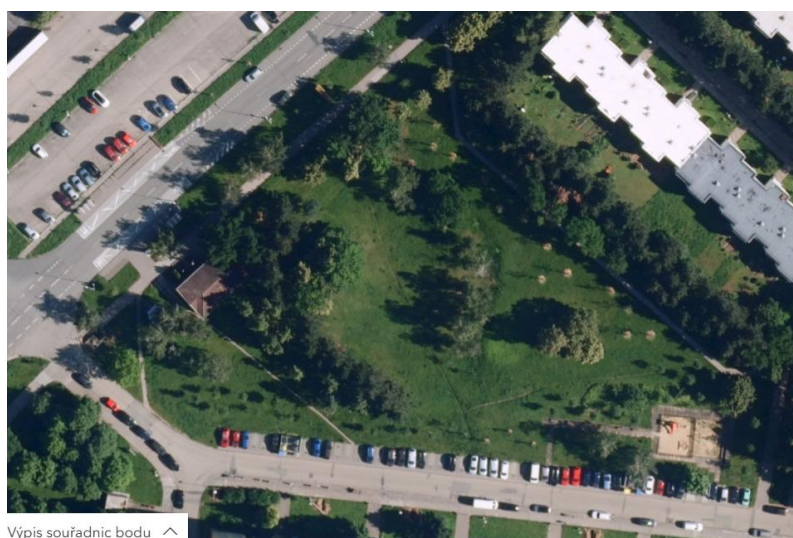
3 Lokalita

Katastrálne územie Líšeň sa nachádza vo východnej časti Brna a susedí s ďalšími Brnenskými mestskými časťami ako sú Vinohrady, Židenice a Slatina taktiež na východe hraničí s Mariánskym údolím a zalesnenými oblasťami Moravského krasu.

Dotknuté územie účelovej mapy sa nachádza v sídliskovej časti Líšne v okolí štyroch komunikácií, ktoré zároveň tvoria tri hlavné ulice a to ulice Podruhova, Elplova a Poláčkova, dominantou zameriavaného územia je menší mestský park, ktorý sa nachádza uprostred týchto troch navzájom uzavretých komunikácií. (5)



Obrázok 1 Lokalita sídliskovej časti Líšne merania účelovej mapy



Výpis souřadnic bodu ^

Obrázok 2 Približné územie zameriavanej lokality

4 Prípravné práce

Pred samotným meraním je nutné previesť práce súvisiace s rekognoskáciou terénu, vybavením vhodných prístrojov na meranie v závislosti od zvolených metód merania a v neposlednej rade tu zahŕňame revíziu bodového poľa.

4.1 Rekognoskácia terénu

Obhliadka terénu pred začatím geodetických prácí spočíva v obhliadnutí záujmového územia, z vymedzenia hraníc oblasti a dôkladného uváženia určenia pomocnej meračskej siete v závislosti na prípadných už existujúcich bodoch bodového poľa v bližšom okolí lokality.

Park uprostred záujmového územia je členitostne pomerne jednoduchý, ale rozložený do viacerých zón a tieto jednotlivé rovinaté zóny sú rozdelené jemnými svahmi. V parku je mnoho vysokých ihličnatých aj listnatých stromov ako aj novo vysadené malé stromčeky. V oblasti sa nachádza aj detské ihrisko. Na opačnej strane územia sa nachádza taktiež stavebný objekt, Hospoda u Kola s vonkajšou terasou, vedľa ktorého je nižšia drevená stavba, obecné povedané trafika. V oblasti sa tiež nachádzajú dve autobusové zastávky na ulici Podruhova. Taktiež je v okolí niekoľko dopravných značiek, reklamných tabúľ a inžinierskych sietí.



Obrázok 3 Detail z lokality – detské ihrisko



Obr. 4 Det. lokality – Hospoda u Kola

4.2 Bodové pole

V okolí sa podľa internetových stránok ČUZK mali nachádzať 4 PPBP, dva z týchto bodov (612405570 a 612405571) boli rohy domov, rozhodla som sa ich ale nepoužiť pre meračskú sieť, nakoľko rohy týchto domov sa nachádzali mimo lokality v súkromných oplotených pozemkoch. Bod 612405576 mal byť stabilizovaný normalizovaným znakom z plastu, avšak v teréne sa už nenachádzal, rovnako tak aj PPBP 612405568. (6)

V prípade nájdeného poškodeného bodu bodového poľa či jeho nesúladu s geodetickými údajmi, sa posielala hlásenie napríklad, prostredníctvom odkazu v konkrétnych geodetických údajoch, ktoré je možné vyhľadať na geoportáli ČUZK, prípadne priamo kontaktovať Zememeračský úrad v Prahe. (6)



Obrázok 5 Body PPBP v lokalite Brno-Líšeň

Vzhľadom na nevyužitelnosť týchto bodov sa meračská sieť neskôr vyhotovila technológiou GNSS. Hranice územia boli zvolené tak, aby nadväzovali na hranice predošlej účelovej mapy a body pomocnej meračskej siete približne po obvode územia a uprostred lokality, aby sa zamedzilo prípadnému vynechaniu niektorých bodov oblasti.

4.3 Použité prístroje a pomôcky

Pomôcky a prístroje boli zajistené stavebnou fakultou VUT, boli použité:

- Totálna stanica Trimble M3 -2”
- Odrazný hranol na vytýčke
- Príjmač GNSS-RTK Trimble R4
- Príjmač GNSS trimble R8s

4.3.1 Totálna stanica Trimble M3-2“

Software totálnej stanice Trimble M3 je postavený na osvedčenom softwaru Trimble ACCESS (TA), ktorý uľahčuje zber dát v teréne a ponúka aj pokročilé výpočetné funkcie. Ide o totálnu stanicu schopnú do vzdialenosti 250 m - 300 m v závislosti od vonkajších podmienok merať bez hranolu, inak s použitím odrazného hranolu až do 3000 m. (7; 8)



Obrázok 6 Totálna stanica Trimble M3

Parametre totálnej stanice Trimble M3 sú popísané v tabuľke č. 1.

Hranolová presnosť	$\pm(2 + 2 \text{ ppm} \times D)\text{mm}$
Bezhranolová presnosť	$\pm(3 + 2 \text{ ppm} \times D)\text{mm}$
Dosah merania na hranol	1,5m-3000m
Dosah merania bezhranolovo	250-350m
Uhlová presnosť prístroja	2"
Zväčšenie ďalekohľadu	30x

Tabuľka 1 Parametre Totálnej stanice Trimble M3-2“ (8)

4.3.2 Prijímač GNSS-RTK Trimble R4 a Trimble R8s

Zásadný rozdiel medzi prijímačom GNSS-RTK Trimble R4 a Trimble R8s je v presnosti. Zatiaľ čo Trimble R8s je pokročilejší a podporuje viac GNSS systémov a teda je vhodný pre presné geodetické práce, Trimble R4 je starší, jednoduchší a náročnejší na voľný priestor, vhodný skôr na voľno priestorové oblasti merania. (8)



Obrázok 7 Prijímač GNSS Trimble R4



Obr. 8 Prijímač GNSS Trimble R8

Model	Horizontálna presnosť (RTK)	Vertikálna presnosť (RTK)
Trimble R8s	$\pm 8 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$	$\pm 15 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
Trimble R4	$\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$	$\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$

Tabuľka 2 Parametre GNSS prijímača Trimble R4 a Trimble R8s

5 Meračské práce

Praktická časť bakalárskej práce sa zameriavala na práce vykonané v teréne, resp. v danej oblasti Brno-Líšeň. Meranie sa rozložilo do viacerých dní, hlavné meranie prebiehalo v máji v roku 2024 a následné kontrolné meranie, slúžiace k otestovaniu presnosti hlavného merania sa konalo v októbri 2024.

5.1 Budovanie pomocnej meračskej siete

Body pomocnej meračskej siete sa stabilizovali dočasnou stabilizáciou s využitím dreveného kolíka v nespevnenom teréne a vyznačením krížikov na komunikácie. Tieto body sa v oblasti rozložili tak, aby bolo možné pri využití merania na voľnom stanovisku, orientovať minimálne na tri orientácie. Body sa zamerali technológiou GNSS dvakrát. Aby bola zaistená nezávislosť merania technológiou GNSS, body sa druhýkrát zamerali po minimálne hodinovom rozostupe, ktorý bol zvolený vzhľadom na nízke hodnoty PDOP. Nízke číslo PDOP predstavuje rovnomerné rozloženie satelitov na oblohe. (9)



Obrázok 9 Trvalá a dočasná stabilizácia

5.2 Podrobné meranie v teréne

Pred meraním podrobných bodov sa v totálnej stanici Trimble M3 zaviedli fyzikálne korekcie z teploty a tlaku vzduchu a vyhotovila sa tabuľka pre zoznam kódov, ktorými boli označené jednotlivé podrobné body. Z dôvodu kódovania týmto spôsobom, bolo možné neskôr vyhotoviť kresbu mapy automatizovane a nebolo nutné vyhotovovať meračské náčrty v teréne.

Využívali sa prevažne merania na voľných stanoviskách. Výhodou využívania voľných stanovísk je absencia centrácie prístroja nad bod, čo urýchľuje prácu v teréne a čím sa zároveň vylúči chyba z centrácie prístroja. Prístroj sa teda len zhorizontoval podľa elektronickej kruhovej a následne rúrkovej libely. Pri meraní na voľnom stanovisku sa musia dodržať zásady ako orientovanie minimálne na dva smery a dve dĺžky. Ďalej uhol na určovanom bode, medzi dvomi smermi na daných (pomocných) bodoch, by mal byť v rozmedzí 30-170gon. Prístroj sa orientoval na hranol, postavený zvislo (pomocou krabicovej libely) na pomocné meračské body určené technológiou GNSS. (2)

Využitie bolo postavenie prístroja aj na pevnom stanovisku, po horozntácií a centrácií prístroja sa prístroj orientoval na hranol postavený na pomocných meračských bodoch. Meranie na pevnom stanovisku má taktiež svoje zásady, aby bola dodržaná presnosť merania. Orientuje sa vždy minimálne na dva smery a jednu dĺžku. Prípadne výnimkou je orientácia na dva trvalo signalizované neprístupné body. V oboch prípadoch pri využití či už voľného alebo pevného stanoviska sa odporúča merať vždy radšej viac orientácií ako je minimálne nutné. (2)

Pre podrobné meranie bola využitá metóda merania priestorovej polárnej metódy. Touto metódou sa zameriavali vodorovné a zvislé smery ako aj šikmé dĺžky na určované body. Cielilo sa prevažne na hranol, ale pri niektorých horšie dostupných podrobných bodoch sa využilo aj bezhranolové meranie. Zameriavané boli hrany komunikácií, rozhrania plôch, stromy a porast, drobná dopravná infraštruktúra ako napr. dopravné značky a reklamné zariadenia, ďalej povrchové znaky inžinierske siete. Pri meraní sa cielilo aj na identické body tj. rovnaké body v teréne z viacerých stanovísk, pričom bol volený minimálne jeden identický bod medzi stanoviskami. Meranie na konkrétnom stanovisku sa zakončilo spätným cíelením aspoň na jednu zo zvolených orientácií.

Pri meraní sme mali prehľad o prípadných chybách v cíelení na orientácie a identické body, pretože pred začatím podrobného merania sa do totálne stanice Trimble M3 importovali súradnice bodov zameraných technológiou GNSS. Bolo tak možné sledovať prípadné odchýlky v orientáciách a mapu zameraných bodov, vďaka čomu sa vo veľkej väčšine dalo vyhnúť chybám z medzere pokrytia podrobnými bodmi.

Body sa zameriavali v plochách monotónneho spádu bez polohopisných prvkov v približne 10-15m vzdialeností do tvaru štorcovej siete to znamená 2-3 cm v mierke 1:500 v členitejších miestach podľa potreby. Po ukončení merania boli však zistené

niektoré nedostatky v hustote siete podrobných bodov. Tieto chýbajúce body boli preto domerané technológiou GNSS, opäť dvojitým nezávislým meraním.

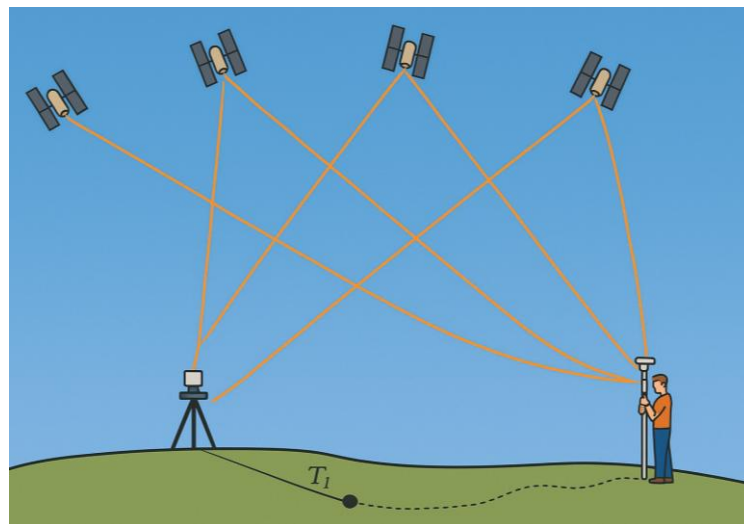
5.3 Technológia GNSS

Technologické požiadavky merania a výpočty bodov určovaných technológiou GNSS vyplývajú z Vyhlášky č. 31/1995 Zb. prílohy 9, ktorou sa prevádza zákon o zememeračstve.

Body pomocnej meračskej siete boli učené dvakrát z dvoch nezávislých výsledkov, pričom maximálny PDOP pri meraní bol 3,28, takže pre druhé meranie bolo dostačujúce splniť interval $\langle -1+n.k; n.k+1 \rangle$ hodín. Pričom k určuje počet dní a n závisí od zvoleného systému, napríklad GPS NAVSTAR počíta s $n=23$ hod. 56 min. (10)

Metóda RTK

Real-Time-kinematic, umožňuje presné určenie polohy bodu v reálnom čase. Princíp spočíva v jedenej referenčnej stanici, v tomto prípade ide o stanicu TUBO, ktorá príma signály vysielané z GNSS satelitov (GPS, GLONASS, GALILEO..), táto stanica vypočíta korekcie, ktoré sa ďalej odosielajú do GNSS prijímača. GNSS prijímač okrem korekcií z referenčnej stanice, samozrejme prijíma aj signály zo satelitov. Prostredníctvom týchto informácií je prijímač schopný dopočítať presnú polohu bodu s centimetrovou presnosťou. (11)



Obrázok 10 Metóda RTK

5.4 Priestorová polárna metóda

Inak povedané tachymetria je metóda merania pri ktorej zisťujeme súčasne polohu aj výšku bodov. Zameriavame horizontálny, zenitový uhol a dĺžku od stanoviska k určovanému bodu. Orientáciu osnovy smerov získame pomocou smerníkov vypočítaných zo súradníc bodu stanoviska a bodov orientácie.

Polohu YX bodu získame ako súradnice bodov určené rážonom :

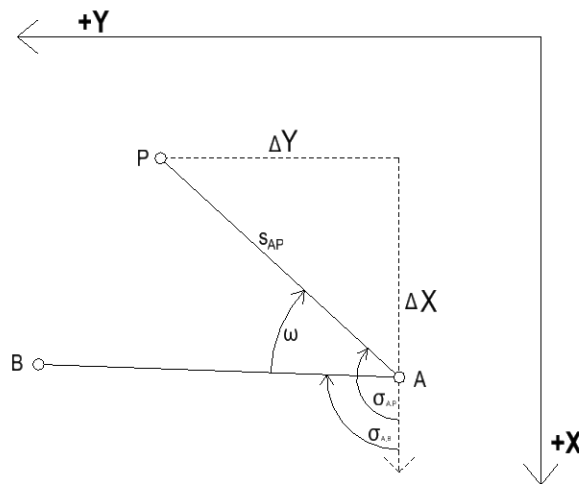
$$Y_i = Y_s + s \sin (\varphi_{is})$$

$$X_i = X + s \cos (\varphi_{is})$$

Kde Y_s a X_s sú súradnice stanoviska, hodnota s je vodorovná dĺžka k určovanému bodu a φ_{is} je smerník vypočítaný z orientačného smerníka a rozdielu smerov na orientačný a určovaných bod.

Nadmorská výška sa počíta zo vzťahu: $H_i = H_s + vp + h - vc$

Pričom H_s označuje nadmorskú výšku stanoviska, hodnota vp je výška prístroja a vc označuje výšku cieľa. Šikmá dĺžka h sa vypočíta zo vzťahu $h = d \cos z$. (12)



Obrázok 11 Polárna metóda

Zameriavanie touto metódou sa uskutočnilo prevažne z voľných stanovísk (čísla bodov 5001-5006) s orientáciami minimálne na dva smery spolu s meraním dĺžok. Pevné stanovisko, určené technológiou GNSS bolo na jednom pomocnom meračskom bode 4011. Bolo volených jeden až päť identických bodov medzi jednotlivými stanoviskami a na konci merania príslušného stanoviska sa pre kontrolu orientovalo naspäť minimálne na jeden bod zo zvolených orientácií.

6 Kancelárske práce

Po exporte dát z totálnej stanice a prístrojov GNSS mohli začať výpočetné a grafické práce v kancelárii.

6.1 Groma v.13.1

Pri výpočte súradníc z priestorovej polárnej metódy sa zohľadňujú isté kritéria pre dvojité určenie dĺžok alebo smerov, tieto kritéria vyplývajú z ČSN01 3410 pre 2. triedu presnosti. Medzné odchýlky medzi prvým a druhým určením nemôžu prekročiť:

- 0,001 d + 0,02 m pre dĺžky v meračskej sieti
 - 0,03 m pre prevýšenie v meračskej sieti
 - 0,06 m pre omerné miery medzi jednoznačne identifikovateľnými bodmi
 - 2,5/d gon pre smery na pomocné body v meračskej sieti,
 - 4/d gon pre smery na jednoznačne identifikovateľné podrobné body,
- kde d je dĺžky v metroch. (13)

Výpočet súradníc podrobných bodov prebiehal v softvéri Groma verzii 13. Po prevedení nastavenia tolerancií, program vypočítal mierový koeficient, ktorý ovplyvňuje transformáciu dĺžok do rovinného súradnicového systému JTSK a opravuje dĺžky o korekciu z nadmorskej výšky.

The screenshot shows a dialog box titled "Výpočet zkreslení v Křfovákové z...". It contains several input fields and checkboxes for calculating scale and height corrections. The "Pravoúhlé souřadnice" (Rectangular coordinates) section has Y: 593 052.960, X: 1 159 593.020, and Z: 325.180. The "Polární souřadnice" (Polar coordinates) section has Ro: 1302446.846 m and Epsilon: 27.08665511 °. The "Kartografické souřadnice" (Cartographic coordinates) section has Šířka: 78.46041566 ° and Délka: 27.64156774 °. The "Volby" (Options) section has two checked checkboxes: "Oprava z kartografického zkreslení" (0.999900238351) and "Oprava z nadmořské výšky" (0.999949039565). The "Výsledný měřítkový koeficient" (Resulting scale coefficient) is 0.999849283000. There is a field for "Název koeficientu" (Coefficient name) and buttons for "Nastavit" (Set) and "Výpočet" (Calculate).

Obrázok 12 Mierový koeficient v programe Groma

Pri spracovaní zápisníku okrem opravy smerov v I. a II. polohe, opravy zo zakrivenia zeme sa aj redukovali prevýšenia na spojnicu stabilizačných značiek z dôvodu rôznej výšky hranolu na pri spätnej orientácii na bod 4006 zo stanoviska 5006, pri

spracovaní sa taktiež prepočítali šikmé dĺžky na vodorovné. Funkciou pre výpočet voľného stanoviska boli vypočítané približné súradnice stanovísk, po vyhodnotení výškového vyrovnaní pri spôsobe pripojenia Helmertovej siete (bod 4007) tak boli známe súradnice stanovísk použité pri výpočte súradníc podrobných bodov dávkou.

Jednotlivé výpočty:	
Minimální úhel průtnutí u průsečíku a protínání:	30.0000
Orientace osnov:	
Max. oprava orientace:	0.0400
Maximální oprava or. délky:	$0.001 * \sqrt{S} + 0.1$
Maximální oprava or. převýšení:	$0.00 * \sqrt{S} + 0.1$
Polygonové pořady:	
Rozdíl v dvakrát měřené délce:	$0.001 * \sqrt{S} + 0.02$
Úhlový uzávěr [cc]:	$50.00 * \sqrt{S} + 2.00$
Polohová odchylka:	$0.004 * \sqrt{S} + 0.04$
Transformace souřadnic:	
Maximální střední chyba transformačního klíče:	0.04
Mezní změna měřítka: 1 ±	

Obrázok 13 Nastavenie tolerancií pri výpočte

Jedna z orientácií na prvom stanovisku nevyšla v povolenej odchýlke rozdielu dvoch meraní 2,5/d pre smery v pomocnej meračskej sieti z tohto dôvodu bola orientácia 4001 zo stanoviska 5001 eliminovaná z nasledujúcich výpočtoch. (13)

Konštrukčná metóda pretínania z dĺžok

Niektoré dĺžky konštrukcií ako napríklad rozmery PRIS sa v teréne zamerali dvojmetrom a štvrtý bod tejto konštrukcie bol vypočítaný v programe Groma 13.1 od dvoch známych bodoch.. Takto vzniknuté body boli zaprotokolované a nemajú určenú výšku, teda slúžia len ako polohopisná zložka.

Protínání z délek	
Levé stanovisko:	Pravé stanovisko:
Předč.: 61240500001	Předč.: 61240500001
Číslo: 15	Číslo: 13
Kvalita: [v]	Kvalita: [v]
Y: 592 962.670	Y: 592 963.730
X: 1 159 648.400	X: 1 159 648.960
Délka: 0.675	Délka: 0.986
Určovaný bod:	
Předč.: 61240500001	Y: 592 962.750
Číslo: 1029	X: 1 159 649.070
Kód: [] ..	Kvalita: [v]
Nový výpočet	Protokol Výpočet

Obrázok 14 Metóda pretínania z dĺžok

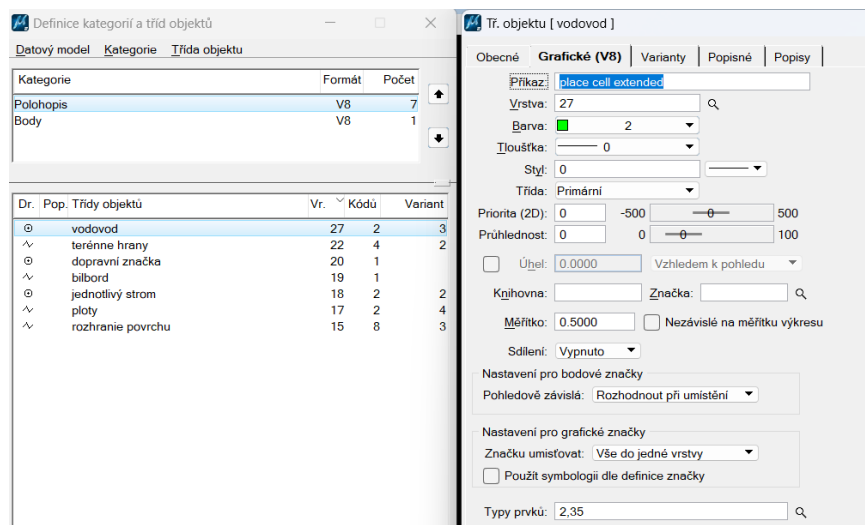
6.2 MGEO + Microstation CONNECT Edition

Kresba účelovej mapy prebehla čiastočne automatizovane pomocou kódovania, ktoré prebehlo už pri meraní v teréne. Vytvorením nového projektu v programe MGEO bola vyhotovená predloha riadiacich kódov, ktorá definovala polohopis a body.

Použité kódy			
začiatok rozhrania plôch	.rzn	začiatok rozhrania plotu	.pr
rozhranie plôch	rzn	rozhranie plotu	pr
dopravná značka	dz	betónová kocka	bet
kere	krovi	lavička	lav
strom	si,sl,.sl	kanalizačná vpusť	vpu
začiatok terénnej hrany	.th	roh budovy	rb
terénna hrana	th	podzemný hydrant	hyd
začiatok terénnej päty	.tp	billboard	bil
terénna päta	tp	kôš	kos
terén	ter	zastávka MHD	zast
schody	sch	vodovodné šoupátko	sou v
začiatok podezdívky	.pd	plynovodné šoupátko	sou p
podezdívka	pd	predmet malého rozsahu	pmr
vstup	vst	kanalizačná šachta	sa
popelnice-stavebný objekt	pop	poštová schránka	post
les	les	verejné osvetlenie	lam

Tabuľka 3 Použité Použité kódy

Funkcie programu MGEO boli ďalej využité aj pre automatické vykreslenie terénnych šráf, zistenia a vytvorenia kladov mapových listov či pridané priesečníky pravouhlej siete. Finálne dokreslenie kresby prebehlo v programe Microstation CONNECT Edition, kde bolo využité prostredie MultiScale, z dôvodu jednoduchšieho a hlavne rýchlejšieho manipulovania s kresliacimi pomôckami, ktoré mali svoje už prednastavené atribúty.



Obrázok 15 Definovanie kategórií a tried objektov v programe MGEO

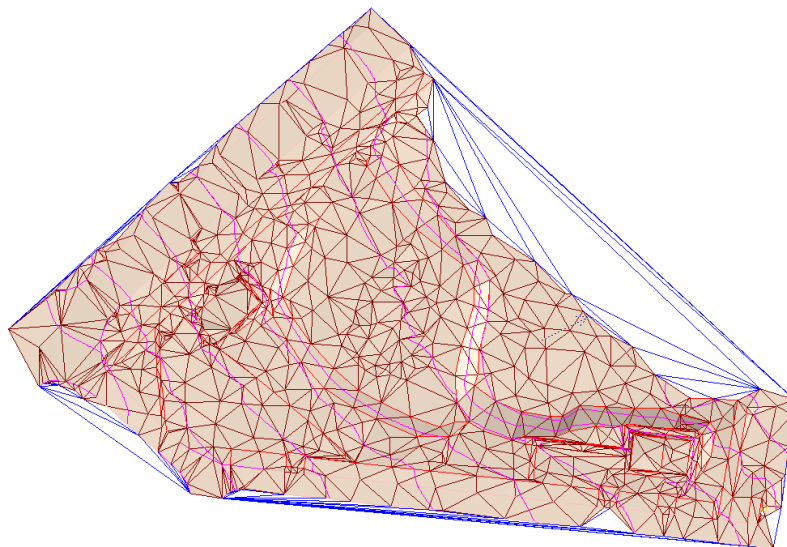
Z hľadiska prehľadnosti a nežiadúcej nepresnosti pri interpolácií vrstevníc a zaokrúhľovaní výškových kôt sa vytvorili dve kópie účelovej mapy, pričom jedna znázorňuje výškopisnú zložku pomocou vrstevníc a druhá je vyhotovená s využitím výškových kôt, doplnená taktiež terénnymi hranami.

Po dokončení polohopisej mapy, bola mapa prevedená na kontrolu kresby čiar a duplicit opäť do programu MGEO, kde boli prípadné opodstatnené chyby odstránené.

6.3 Atlas DMT 22.05.2.

V mape sa používajú základné, zdôraznené a doplnkové vrstevnice. Základná vrstevnica (9.01) podľa ČSN01 3411 sa vyznačuje plnou súvislou krivkou o hrúbke 0,18 mm hnedou farbou. Zdôraznená vrstevnica (9.03) je rovnakou plná súvislá hnedá krivka, ale s hrúbkou 0,35 mm a tvorí päťnásobok základného intervalu.

Na vytvorenie vrstevníc bol využitý program Atlas, v ktorom po vytvorení digitálneho modelu terénu boli definované hranice využitím povinných a lomových línií. Následne vo vlastnostiach digitálneho modelu terénu boli zapnuté pracovné vrstevnice, ktoré uľahčovali kontrolu a editáciu modelu. Po vypočítaní finálnych vrstevníc s nastavením vyhladenia s voľbou dielikov 15 sa digitálny model terénu exportoval do výkresu dxf. s následným prevodom do dgn., pre lepšiu manipuláciu v programe Microstation CONNECT Edition, kde boli vrstevnice ďalej upravované ako B-spline krivky. Po ukončení prací s vrstevnicami boli však prevedené v programe MGEO na rozložené línie pomocou začistenia kresby z dôvodu prípadnej ďalšej manipulácie s mapou treťou osobou.



Obrázok 16 Digitálny model terénu v programe Atlas

7 Grafické prílohy

Okrem účelovej mapy boli vyhotovené aj prehľadné náčrty a geodetické údaje o trvalo stabilizovaných bodoch v programe Microstation CONNCT Edition opäť v pracovnom prostredí MultiScale.

7.1 Prehľadný náčrt pomocnej meračskej siete

Náčrt PMS je vyhotovený tak, aby znázorňoval rozloženie pomocných meračských bodov a zároveň bolo možné určiť, ktoré body boli využívané ako orientácie ku konkrétnym stanoviskám. Pomocné meračské body sú takisto rozlíšené spôsobom určenia na body určené technológiou GNSS, pomocou označenia bodu príslušnou značkou a body pomocnej meračskej siete voľných stanovísk, označené taktiež príslušnou značkou.

7.2 Prehľadný náčrt kontrolného merania

Rovnako znázorňuje rozloženie a orientácie pomocnej meračskej siete kontrolného merania ako pri PMS hlavného podrobného merania. Navyše je však doplnený identickými bodmi, ktoré sú označené vlastným číslom a hnedým krížikom.

Oba náčrty sú doplnené o severku, legendu a popisom umiestnenia lokality.

7.3 Geodetické údaje

Pre sedem trvalo stabilizovaných bodov boli vyhotovené geodetické údaje s miestopismi, pre ich prípadné opätovné využitie. Vzdialenosti k týmto bodom boli namerané v teréne pásmom tak, aby sa v teréne dali čo najjednoduchšie nájsť, k väčšine týchto bodov boli nakreslené aj detaily, ktoré špecifikujú ich konkrétnu polohu.

8 Kontrolné meranie

Testuje sa hypotéza je príslušný súbor identických bodov vyhovuje stanovenej triede presnosti. Presnosť výslednej mapy sa hodnotí podľa charakteristík a kritérií presnosti, ktoré vyplývajú v ČSN01 3410.

Trieda presností	uxy [m]	uh [m]	uv [m]
2	0,08	0,07	0,40
3	0,14	0,12	0,50

Tabuľka 4 Kritéria presností podľa ČSN 01 3410 zb.

V septembri 2024 bolo vykonané kontrolné zameranie lokality, pri ktorom sa zaznamenalo 101 identických bodov. Následne boli namerané údaje v kancelárskych podmienkach v programe Excel analyzované a testované z hľadiska splnenia požiadaviek tretej triedy presnosti podľa ČSN 01 3410. Požiadavky na splnenie presnosti boli dodržané s maximálnou polohovou odchýlkou 0,06 m a maximálnou výškovou odchýlkou 0,06 m. Testovanie presnosti prebehlo aj pre druhú triedu presnosti, ktorá bola taktiež splnená.

8.1 Testovanie polohovej a výškovej presnosti

Pri testovaní súradníc XY podrobných bodov je dôležité poznať rozdiely súradníc z oboch meraní.

Následne je možné vypočítať výberovú smerodajnú odchýlku s_{xy} ako kvadratický priemer smerodajných odchýliek s_x a s_y , ktorých hodnoty sa určia vzhľadom na výber N bodov.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{i=1}^N \Delta X_i^2} s_y = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{i=1}^N \Delta Y_i^2}$$
$$s_{xy} = \sqrt{0,5(s_x^2 + s_y^2)}$$

Pričom k je hodnota koeficientu rovná 2 pretože kontrolné meranie bolo prevedené s rovnakou presnosťou ako hlavné meranie.

Hypotézu, že testovaný súbor spĺňa príslušnú triedu presnosti považujeme za prijatú, ak táto smerodajná výberová odchýlka s_{xy} vyhovuje kritériu $s_{xy} \leq \omega_{2N} u_{xy}$ a je zároveň splnená podmienka $\Delta p \leq 1,7 u_{xy}$. Pri hladine významnosti 5% sa hodnota ω_{2N} pre rozsah N (100-300 bodov) rovná 1,1. (14)

Testovanie bodov pre 3. triedu presnosti bolo splnené a výsledné hodnoty presnosti sú uvedené v tabuľke nižšie.

3. trieda presnosti	
1. kritérium	$ \Delta p \leq 1,7 * u_{xy}$ $0,06 \leq 0,24$
2.kritérium	$s_{xy} \leq \omega_{2N} * u_{xy}$ $s_{xy} \leq 0,15$ $0,01 \leq 0,15$

Tabuľka 5 Výsledky testovania presnosti XY

8.2 Testovanie výškovej presnosti súradníc

Podobne pristupujeme k testovaniu presnosti výšok H podrobných bodov s tým rozdielom, že testovaný súbor musí vyhovovať kritériu $s_H \leq \omega_N u_H$,

Po výpočte rozdielov výšok $\Delta H = H_m - H_k$ sa vypočíta výberová smerodátňá odchýlka výšok s_H .

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

Pričom k je opäť koeficient rovný 2 a N je počet bodov celkovej testovanej množiny.

Ak sú splnené podmienky nasledujúce môžeme prehlásiť, že presnosť splnenia výšiek vyhovuje stanovenej triede presností.

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

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

Hodnota ω_N sa volí 1,1 pri testovanom súbore o počte bodov 80-500 a hodnota u_H vyplýva tabuľky č. X. (14)

V tomto prípade nebola v testovaní uvážená podmienka pre nespevnené plochy, výsledky testovania presnosti pre 3. triedu presnosti sú uvedené nižšie v tabuľke.

3. trieda presnosti	
1. kritérium	$ \Delta H \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$ $0,06 \leq 0,36$
2.kritérium	$s_H \leq \omega_N * u_H$ $s_H \leq 0,13$ $0,02 \leq 0,13$

Tabuľka 6 Výsledky testovania presnosti H

9 Závěr

Vznikla účelová mapa sídliskové části obce Brno-Líšeň v měřítku 1:500 v dvou variantách výškopisu, mapa odpovídá 3. třídě přesnosti podle ČSN01 3410 Mapy velkých měřítk - Základné účelové mapy a ČSN01 3411 Mapy velkých měřítk – Kreslenie a značky. V jednotlivých kapitolách je popísaný postup práce pri vyhotovovaní účelovej mapy.

Po rekognoskácii terénu a príprave na meračské práce, bola vyhotovená pomocná meračská sieť technológiou GNSS metódou RTK. Z voľných stanovísk s orientáciou na body určené metódou RTK a z bodu PMS boli zamerané súradnice podrobných bodov priestorovou polárnou metódou. Exportované dáta boli ďalej spracované a vypočítané v programe Groma v.13.1 a spracovanie grafických príloh prebehlo predovšetkým v programoch MGEO a Microstation CONNECT Edition.

Podrobné body boli otestované nezávislým kontrolným meraním pričom bolo otestovaných 101 bodov. Z polohového a výškového testovanie vyplýva, že mapa vyhovuje 3. triede presnosti, v ktorej bola vyhotovená.

Účelová mapa bude slúžiť ako nadväzujúca mapa k účelovej mape „Brno-Líšeň, ul. Poláčkova – Geodetické zameranie polohopisu a výškopisu“ a bude dopĺňať podklad pre navrhovanie bývania seniorov na ulici Poláčkova v Brne-Lišni na základe memoranda o spolupráci FATS VUT a MČ Brno-Líšeň.

10 Odkazy

1. Pažourek, Jiří, Busta, Jan a Reška, Jozef. *Mapování*. Brno : VUT, 1992. 80-214-0454.
2. Kalvoda, Petr. *GE10-Mapování 1*. Brno : Vysoké učení technické, fakulta stavební, ústav geodézie, 2016.
3. Michal, Jaroslav. *Zeměměřictví a katastr nemovitostí*. Praha : Bankovní institut, 2007. 978-80-7265-120-7.
4. Fišer, Zdeněk a Vondrák, Jiří. *Mapování*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 80-7204-472-9.
5. ČÚZK. *Geoprohlížeč*. Praha : <https://ags.cuzk.gov.cz/geoprohlizec/>, [online]. [2025-03-29].
6. —. *Databáze bodových polí*. [2025-03-29] : <https://bodovapole.cuzk.gov.cz>, [online].
7. *Rychlý manuál pro uživatele softwaru Trimble ACCESS v totálních stanicích*. [online] : FAST VUT, 2015,2017.
8. Geotronics. *Totální stanice Trimble M3*. Praha : https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf, [online]. [2025-03-29].
9. *Nariadenie vlády č. 159/2023 o stanovení geodetických referenčních systémů závazných na celém území České republiky, databází geodetických a geografických údajů a státních mapových děl vytvářených pro celé území České republiky a zásadách*. s.l. : *Zákony pro lidi* [online] odkaz: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-159>.
10. **9, Vyhláška č. 31/1995 Zb.** *Vyhláška českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o.* <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-31> : *Zákony pro lidi* [online], 2024.
11. Štoner, Martin. *Globální navigační systémy (GNSS)*. Praha : Katedra speciální geodézie, České vysoké učení v Praze [online], 2022. https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS_obs.pdf.
12. Vondrák, Jiří. *Geodézie II: Geodetická cvičení II*. Brno : Fakulta stavební. Vysoké učení technické v Brně, 2004.

13. Kalvoda, Petr. *GE10-Podrobné měření*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, [online].

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

11 Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Parametre Totálnej stanice Trimble M3-2“ (8).....	16
Tabuľka 2 Parametre GNSS prijímača Trimble R4 a Trimble R8s.....	16
Tabuľka 3 Použité Použité kódy	23
Tabuľka 4 Kritéria presností podľa ČSN 01 3410 zb.	26
Tabuľka 5 Výsledky testovania presnosti XY	27
Tabuľka 6 Výsledky testovania presnosti H	27

12 Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Lokalita sídliskovej časti Líšne merania účelovej mapy.....	12
Obrázok 2 Približné územie zameriavanej lokality	12
Obr. 3 Det. z lokality – detské ihrisko Obr. 4 Det. lokality – Hospoda u Kola...	13
Obrázok 5 Body PPBP v lokalite Brno-Líšeň.....	14
Obrázok 6 Totálna stanica Trimble M3.....	15
Obrázok 7 Prijímač GNSS Trimble R4 Obr. 8 Prijímač GNSS Trimble R8....	16
Obrázok 9 Trvalá a dočasná stabilizácia	17
Obrázok 10 Metóda RTK.....	19
Obrázok 11 Polárna metóda	20
Obrázok 12 Mierkový koeficient v programe Groma.....	21
Obrázok 13 Nastavenie tolerancií pri výpočte	22
Obrázok 14 Metóda pretínania z dĺžok	22
Obrázok 15 Definovanie kategórií a tried objektov v programe MGEO.....	23
Obrázok 16 Digitálny model terénu v programe Atlas	24

13 Zoznam použitých skratiek

Bpv	Výškový systém Baltský po vyrovnaní
ČUZK	Český úrad zememeračský a katastrálny
ČSN	Česká štátna norma
dgn	Formát výkresov produktov firmy Bentley Systems
dxf	Formát výkresu
ML	Mapový list
DMT	Digitálny model terénu
GNSS	Global Navigation Satellite System – globálny navigačný systém
RTK	Real Time Kinematic
S-JTSK	Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej
PMS	pomocná meračská sieť

14 Zoznam príloh

- 01_ Technická správa
- 02_ Prehľadné náčrty
 - 02.1_ Náčrt kontrolného merania.dgn
 - 02.1_ Náčrt kontrolného merania.pdf
 - 02.2_ PMS.dgn
 - 02.2_ PMS.pdf
- 03_ Zápisníky
 - 03.1_ Pobrebné meranie.mes
 - 03.2_ Kontrolné meranie.mes
- 04_ Protokoly
 - 04.1_ Protokol_PM.txt
 - 04.2_ Protokol_KM.txt
 - 04.2_ Protokol GNSS_PM.docx
 - 04.4_ Protokol GNSS_KM.docx
- 05_ Zoznamy súradníc
 - 05.1_ PB.txt
 - 05.2_ PB_KM.txt
 - 05.3_ PMS.txt
 - 05.4_ Kódy.txt
- 06_ Testovanie presností
 - 06.1_ Overenie YX_H
- 07_ Geodetické údaje
 - 07.1_ Geodetické údaje.dgn
 - 07.1_ Geodetické údaje.pdf
- 08_ Účelová mapa
 - 08_1_ Účelová mapa s výškovými kótami.dgn
 - 08_1_ Účelová mapa s výškovými kótami.pdf
 - 08_2_ Účelová mapa s vrstevnicami.dgn
 - 08_2_ Účelová mapa s vrstevnicami.pdf
 - 08_3_ Body.dgn