



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODEZIE

INSTITUTE OF GEODESY

ÚČELOVÁ MAPA PARKU ANTHROPOS V BRNĚ

THEMATIC MAP OF PARK ANTHROPOS IN BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michaela Miškovská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Vondrák, Ph.D

BRNO 2018



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	Michaela Miškovská
Název	Účelová mapa parku Anthropos v Brně
Vedoucí práce	Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Fišer Z., Vondrák J.: Mapování II, CERM Brno, 2004

Bartoněk D.: Počítačová grafika, Brno 2000

Bartoněk D.: Vybrané kapitoly z počítačové grafiky, Brno 2002

Anderson J. M., Mikhail E. M.: Surveying, Theory and Practice, WCB McGraw - Hill, 1998

Kahmen H.: Angewandte Geodasie Vermessungs-kunde, Walter de Gruyter and Co., Berlin, 2006

Kalvoda P.: Kurz Moodle GE10 - Mapování I, Ústav geodézie FAST VUT v Brně, 2017, dostupné z <http://lms.fce.vutbr.cz/course/view.php?id=317> (19. 10. 2017)

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V lokalitě Anthropos v Brně vybudujte měřickou síť pro podrobné zaměření parku. Síť připojte do závazných referenčních systémů prostřednictvím bodů státního bodového pole a technologie GNSS. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data zpracujte a na jejich základě vyhotovte účelovou mapu velkého měřítko. Výstupy práce připravte pro případné předání k tvorbě DMT.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

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

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zaměřením výškopisu a polohopisu rekreačního parku Anthropos v Brně-Pisárkách. Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se práce zabývá popisem zkoumané lokality, použitými metodami a výpočty. Praktická část popisuje tvorbu samotné účelové mapy od rekognoskace terénu přes zaměření podrobných bodů, jejich kontrolu a samotné zpracování účelové mapy v měřítku 1:500.

Klíčová slova

Účelová mapa, mapa, mapování, park Anthropos, výškopis, polohopis, tachymetrie

Abstract

This bachelor thesis deals with survey altimetry and planimetry in recreational park Anthropos in Brno-Pisárky. The bachelor thesis is divided into theoretical and practical part. Theoretical part of work is about description measured location, used methods and calculations. Practical part describes creation of the thematic map from recognition terrain through detailing points, control points to the processing thematic map in measure 1:500.

Keywords

Thematic map, map, mapping, park Anthropos, altimetry, planimetry, tacheometry

Bibliografická citace VŠKP

Michaela Miškovská *Účelová mapa parku Anthropos v Brně*. Brno, 2018. 35 str.,
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.
Vedoucí práce Ing. Jiří Vondrák, Ph.D

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2018

.....
podpis autora
Michaela Miškovská

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Jiří Vondrákovi, Ph.D. za trpělivost a vstřícnost při vedení práce, dále mé poděkování patří Monice Poláčkové za kvalitní spolupráci při měřických pracích a Mgr. Janu Ambrožovi za ochotu a cenné rady.

Obsah

1 ÚVOD.....	9
2 LOKALITA.....	10
3 MAPA.....	12
3.1 Obsah mapy.....	12
3.1.1 Polohopis.....	12
3.1.2 Výškopis.....	13
3.1.3 Popis.....	14
3.2 Účelová mapa.....	14
4 POUŽITÉ METODY MĚŘENÍ.....	16
4.1. Pomocná měřická síť.....	16
4.1.1 GNSS.....	16
4.1.2 Rajón.....	17
4.1.3 Volné polární stanoviště.....	17
4.2 Měření podrobných bodů.....	18
4.2.1 Polární metoda.....	18
4.2.2 Protínání z délek.....	18
4.2.3 Kontrolní oměrné.....	18
5 VOLBA PŘÍSTROJŮ.....	19
5.1 Totální stanice Topcon GPT 3003N.....	19
5.2 Přijímač GNSS-RTK Trimble R4-3.....	20
6 REKOGNOSKACE.....	21
7 MĚŘICKÉ PRÁCE.....	22
8 MĚŘICKÝ NÁČRT.....	24
9 ZPRACOVÁNÍ.....	26
9.1 Groma.....	26
9.2 Microstation.....	27
10 KONTROLNÍ ZAMĚŘENÍ.....	28
10.1 Testování přesnosti podrobných bodů.....	28
11 ZÁVĚR.....	31
12 ZDROJE.....	32
13 SEZNAM ODBORNÝCH ZKRATEK.....	34
14 SEZNAM PŘÍLOH.....	35

1 ÚVOD

Zadáním bakalářské práce je výškopisné a polohopisné zaměření lokality parku Anthropos. Ze získaných dat je vytvořena účelová mapa v měřítku 1:500 ve třetí třídě přesnosti. Měřený park se nachází v lokalitě Brno-Pisárky na pravé straně toku Svratky.

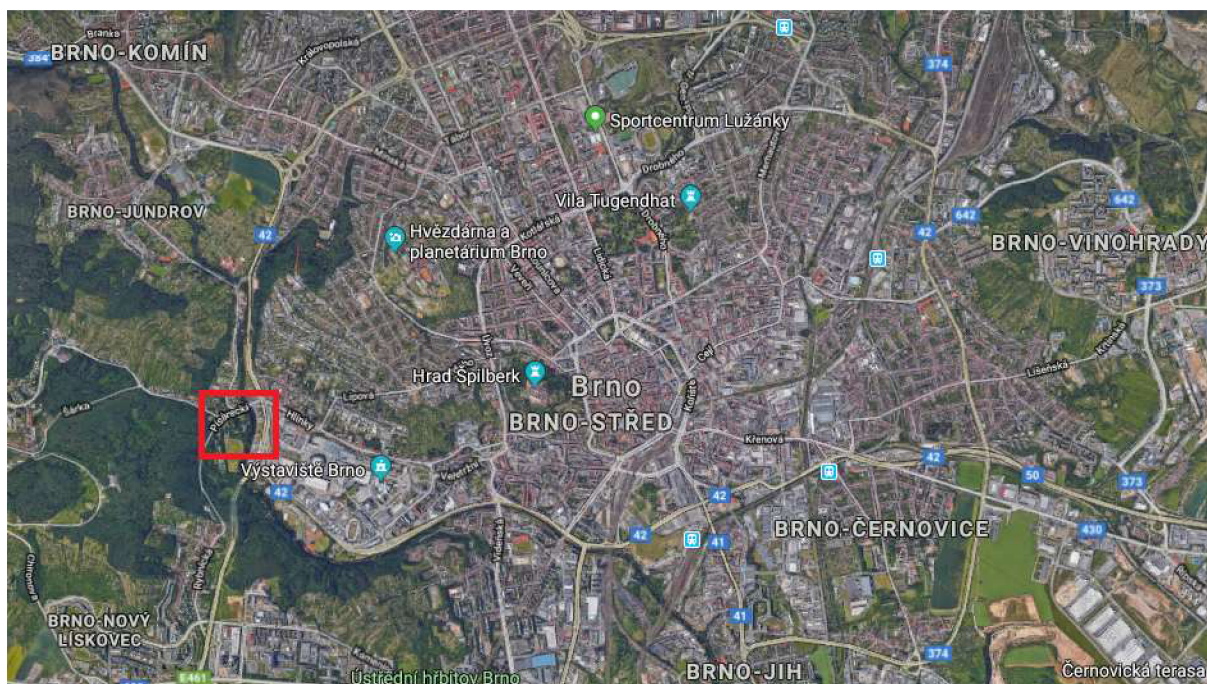
Práce se dělí na teoretickou a praktickou část. Teoretická část řeší popis lokality, základní pojmy z oboru geodézie, které souvisí s tématem bakalářské práce, použité metody měření a výpočtů a využití přístroje. Praktická část postupně popisuje tvorbu účelové mapy, tedy přípravné práce, měřické postupy, zpracování dat a samotnou tvorbu mapy.

Stávající bodové pole bylo nedostatečné, a proto byly vytvořeny pomocné body. Technologií GNSS byla vytvořena pomocná měřická síť, která je dále doplněna o body zaměřené a vypočtené pomocí rajónu. Zaměření všech podrobných bodů pro tvorbu mapy bylo provedeno totální stanicí Topcon GPT 3003N. Předmětem měření jsou prvky polohopisu a výškopisu.

Mapa je vyhotovena v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

2 LOKALITA

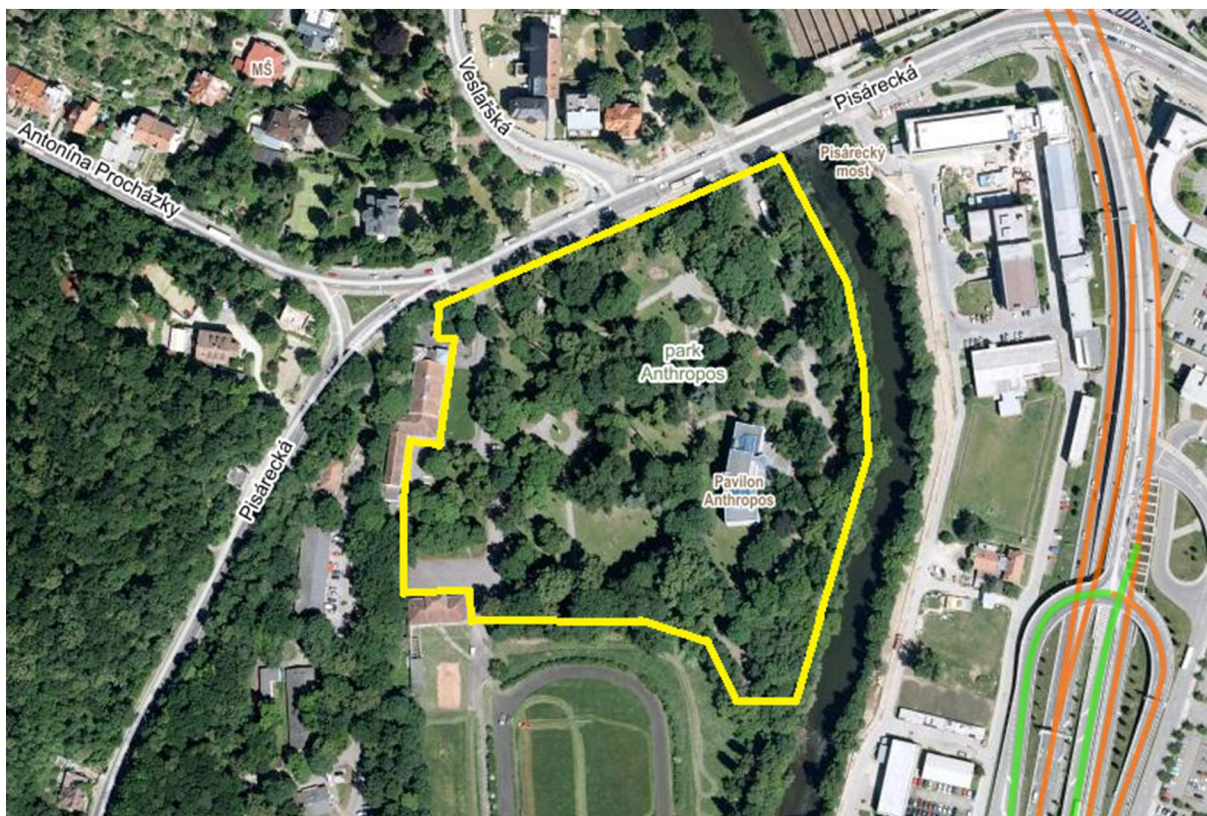
Park Anthropos spojuje rekreační oblast kolem Pisárek a Červeného kopce na západním okraji městské části Brno-střed u břehů řeky Svratky, viz obrázek 1. Je dobře dostupný a zároveň nabízí klidné místo k odpočinku. Parkem protéká Kohoutovický potok, který ústí do řeky Svratky. V parku se nachází mnoho významných dřevin. Je zde také vystavena část kmene platanu javorolistého, jehož obvod kmene dosahuje šesti metrů. Uprostřed parku od roku 1962 stojí pavilon Anthropos s expozicemi z pravěkých dějin. [1] Na obrázku č. 3 lze shlédnout dnešní stav parku Anthropos s budovou muzea.



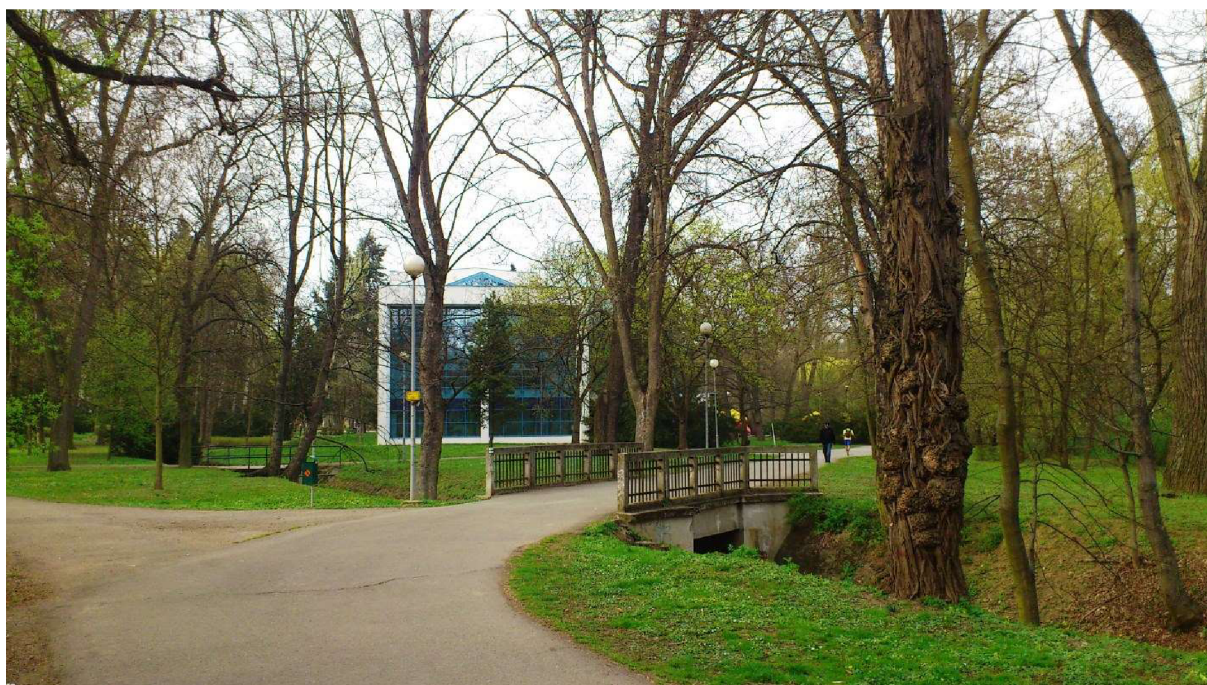
Obr. 1: Letecký snímek města Brna a zobrazení polohy parku v Pisárkách. [10]

Park byl založen v roce 1880. Dominantou pisáreckého parku je pavilon Anthropos s expozicemi o vývoji lidských dějin. Návštěvníci se zde mohou seznámit s vývojem člověka od primátů až po osídlení všech kontinentů člověkem. Velké množství nálezů zde shromáždil profesor Karel Absolon. Součástí expozice muzea Anthropos je model mamuta v životní velikosti. Model byl vyroben za pomoci Tomáše Bati k Výstavě soudobé kultury v roce 1928. V důsledku druhé světové války výstava zanikla, ale v 50. letech byla prosazena myšlenka obnovení, která se roku 1962 stavbou nového pavilonu uskutečnila. [3]

Zájmová plocha ohraničená na mapě na obrázku 2 zabírá území o velikosti 4 hektarů. Hranice lokality byly vybrány s ohledem na přirozené hranice v terénu. Na severní straně je hranicí ulice Pisárecká, na východní straně je jako hranice zvolena horní hrana svahu – u řeky Svratky, jižní část parku je oddělena od přilehlého sportovního areálu plotem a západní strana je ohraničena přilehlými budovami.



Obr. 2: Ohraničení zájmové oblasti – park Anthropos [2]



Obr. 3: Jižní část parku Anthropos. [1]

3 MAPA

Mapa má mnoho různých definic. Zde je uvedena definice: „*Mapa je 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, které jsou vyjádřeny vizuálně znakovým systémem.*“ [5]

Mapy můžeme dělit podle následujících kritérií:

- podle způsobu vyhotovení:
 - původní mapy
 - odvozené mapy
 - částečně odvozené mapy
- podle měřítka, klasifikace podle dvou hledisek:
 - technicko-inženýrské hledisko (mapy velkého, středního a malého měřítka)
 - obecně-kartografické hledisko (topometrické, podrobně topografické, přehledně topografické, topografickografické)
- podle kartografických vlastností:
 - konformní
 - ekvidistantní
 - ekvivalentní
 - vyrovnávací
- podle obsahu mapy:
 - mapy polohopisné
 - mapy polohopisné a výškopisné
 - mapy výškopisné
 - mapy tematické
 - mapy účelové

3.1 Obsah mapy

Mapa se skládá z polohopisu, výškopisu a popisu. Obsah mapy je vždy přizpůsoben účelu mapy.

3.1.1 Polohopis

Polohopis je zobrazení polohy velikosti a tvaru všech skutečností, které se zobrazí v mapě nezávisle na reliéfu terénu.

Polohopis vyznačuje umístění objektu obrysem nebo smluvenou značkou, pokud jeho skutečný rozměr nelze v daném měřítku vyjádřit obrysem. [12]

Obsahem polohopisu jsou sídla, stavební objekty, dopravní zařízení (např.: chodníky, cesty), propustky, stožáry, vodstvo a vodohospodářské objekty, potrubní a kabelová vedení, hranice parkových úprav, ploty, zdi a jednotlivé stromy.

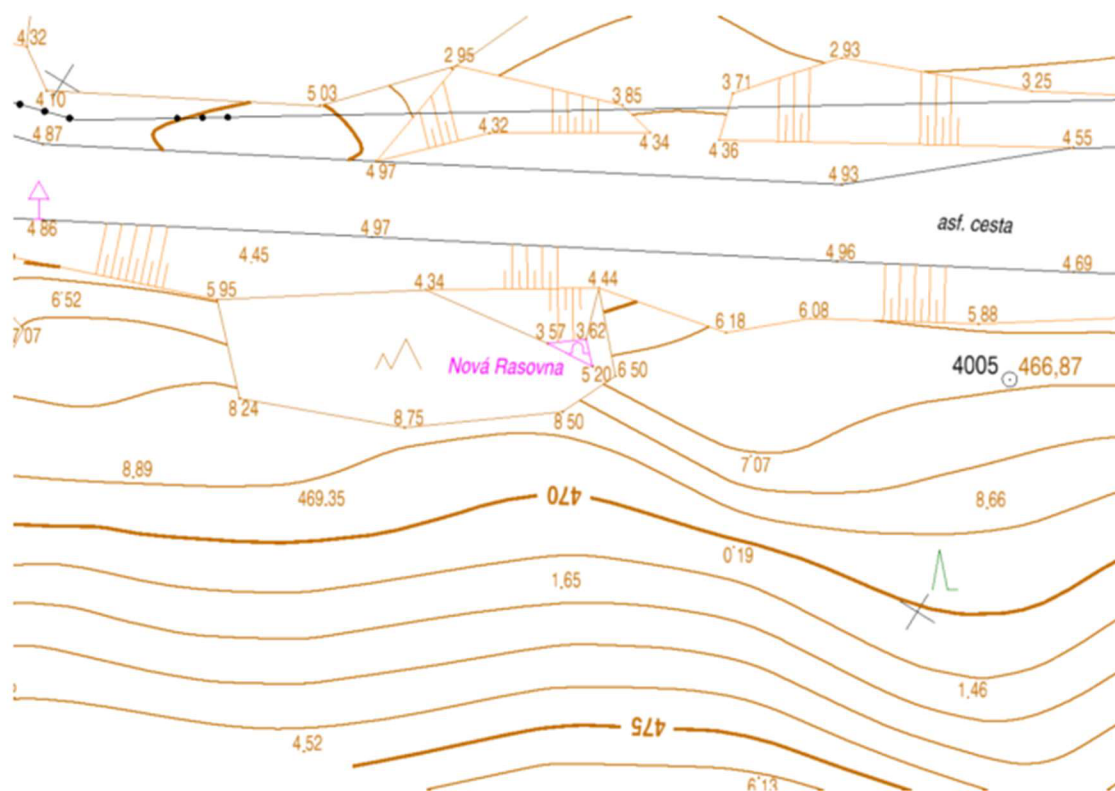
3.1.2 Výškopis

Výškopis je grafické vyjádření reliéfu terénu na mapě. Výškopis je tvořen vrstevnicemi, kótovanými body a technickými šrafami. Uvádí se nadmořské výšky bodů bodových polí, kóty poklopů, šachet a dalších výškových úrovní. Na nezpevněném povrchu se uvádí výšky na jedno desetinné místo. Vrstevnici můžeme definovat jako čáru zobrazující množinu bodů o stejném, účelně zaokrouhlené výšce. [7]

Základní vrstevnice dodržují stanovený výškový interval, který je závislý na měřítku vyhotovené mapy. Výškopis je v geografických mapách vyjádřen barvami (hypsometrie), stínováním nebo smluvenou značkou ve skalnatých terénech. [12] Za základní se považují vrstevnice s metrovým vertikálním rozestupem. Interval vrstevnic se určí ze vzorce $i = M/5000$, kde M je měřítkové číslo mapy. Pro mapy v měřítku 1:500 bude interval vrstevnic $i = 1\text{m}$.

Technické šrafy se použijí v případě, kdy terén prudce klesá nebo stoupá a minimální rozestup vrstevnic by nebyl dodržen. Šrafy se znázorňují střídavými delšími a kratšími čarami konstantního rozestupu ve směru spádu. Pro zjištění celkového převýšení je nutno doplnit šrafy kótami hran. [7]

Kóty poskytují rychlé a přesné informace o výšce terénu. Umisťují se na významné body terénu. Kótami ovšem nezískáme představu o reliéfu terénu. [7]



Obr. 4: Ukázka výškového znázornění terénu, vrstevnic, šraf a výškových kót. [15]

3.1.3 Popis

Popis mapy doplňuje polohopis a výškopis o názvy, jména, číselné znaky předepsané mapovými značkami. Popis je uspořádán vně i uvnitř rámu mapy. Informuje o druhu mapy, měřítku mapy, vyhotoviteli, zobrazovací soustavě, době vzniku mapy, geografických a pomístních názvech, jménech, nadmořských výškách bodů a vrstevnic, popisných číslech budov, názvech ulic a prostranství atd. [14]

3.2 Účelová mapa

Cílem této práce je vyhotovení účelové mapy, jedna z možných definic účelové mapy podle serveru Gekon je:

„Účelová mapa je vždy mapa velkého měřítka, která obsahuje kromě prvků platné katastrální mapy také zákres dalších prvků a objektů nacházejících se na zemském povrchu, pod i nad povrchem země vyhotovených pro daný účel.“ [11]

Používá se pro zobrazení projektů a plánů, obsahuje zákres inženýrských sítí (kanalizační řád, vodovodní řád, telefon, elektřina, plyn). Účelová mapa může dále obsahovat např. přípojky inženýrských sítí k novým budovám a pozemkům. [11]

Účelové mapy se člení následně:

- účelová mapa základního významu:
 - technická mapa města (TMM)
 - základní mapa závodu (ZMZ)
 - základní mapa dálnice (ZMD)
 - základní mapa letiště (ZML)
 - jednotná železniční mapa stanic a trati (JŽMST)
- mapy podzemních prostor:
 - mapy jeskyní a podzemních chodeb s výjimkou dolů, tunelů a objektů města
- ostatní účelové mapy:
 - pro projektové účely
 - provozní potřeby organizací
 - pozemkové úpravy
 - lesnické a vodohospodářské
 - geodetická část dokumentace skutečného provedení staveb
 - mapy sídlišť
 - mapy sloužící pro dokumentaci památkových objektů

Účelová mapa se vyhotovuje v systému S-JTSK a výškovém systému Bpv ve 2. a 3. třídě přesnosti. Nejpoužívanější měřítko je 1:500, s ohledem na zájmové území je možné volit i 1:1000 nebo 1:200. Geometrickým podkladem bývá katastrální mapa v S-JTSK. [7]

Rozlišovací úroveň účelové mapy:

Vytvořená účelová mapa přímým měřením musí splňovat rozlišovací úroveň podrobných tvarů polohopisu stanovenou jako [5]:

- a) pro jejich zaměření a zpracování v číselné nebo digitální formě hodnotu rovnající se 1,5násobku hodnoty kritéria u_{XY} , která pro třetí třídu přesnosti je rovna:
 $u_{XY} = 0.14\text{m}$,
- b) pro jejich zobrazení v mapě rozlišovací hodnotu 0.2mm.

Výsledná účelová mapa může být v grafické, číselné nebo digitální podobě. Daný obsah, přesnost, měřítko a další náležitosti vychází z požadavků daných zadavatelem. [7]

4 POUŽITÉ METODY MĚŘENÍ

Popis metody tvorby bodového pole a zaměření podrobných bodů.

4.1. Pomocná měřická síť

Pro měření podrobných bodů se použijí body PPBP. V případě nedostatečné hustoty bodového pole pro podrobné měření, se ještě doplní pomocnými měřickými body.

Pomocné měřické body se číslují v rámci katastrálního území od 4001 a stabilizují se dočasně dřevěným kolíkem, kovovou trubkou, hřebem, vyrytým nebo trvanlivou barvou nakresleným křížkem apod. [16]

Pomocné body se určují [17]:

- staničením na měřických přímkách mezi body polohových bodových polí a pomocnými body
- rajóny
- pomocnými polygonovými pořady
- protínáním ze směrů, popřípadě délek
- jako volné polární stanovisko
- technologií GNSS
- plošnými sítěmi

V tomto případě byla použita technologie GNSS doplněna metodou rajónu a volným polárním stanoviskem.

4.1.1 GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite System) – Globální družicový navigační systém je služba umožňující za pomoci signálů z družic určování polohy s velkou přesností. [6]

Měření pomocných bodů sítě probíhalo metodou RTK s připojením do sítě referenčních stanic CZEPOS. Síť CZEPOS přijímá signály družic: GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. [8]

GPS měření poskytuje určenou polohu ve Světovém geodetickém systému – 1984 – WGS-84 (angl. World Geodetic System.) [6]

Technologie měření GNSS v závislosti na požadované přesnosti [18]:

- statická ($m_p = 3\text{--}5\text{ mm}$)
- rychlá statická ($m_p = 5\text{--}10\text{ mm} + 1\text{ ppm}$)
- stop and go ($m_p = 10\text{--}20\text{ mm} + 3\text{ ppm}$)
- kinematická ($m_p = 20\text{--}30\text{ mm} + 3\text{ ppm}$)
- RTK – real time kinematic ($m_p = 30\text{--}50\text{ mm}$)

Pro určení pomocné měřické sítě byla vybrána metoda RTK, která je rychlá a svou přesností postačuje pro vytvoření mapy ve třetí třídě přesnosti.

Princip metody RTK:

„V základní konfiguraci se měřicí aparatura skládá z přijímače po dobu měření umístěného na bodě o známých souřadnicích, tzv. „base“, a z přijímače, který se pohybuje po určených nebo vytyčovaných bodech, tzv. „rover“. Měření je počítáno v reálném čase, mezi base a rover musí být permanentní datové spojení realizované např. radiomodemy nebo trvalým připojením na internet prostřednictvím GSM. Base může být nahrazen sítí virtuálních stanic, pak měření probíhá pouze s jedním přijímačem s trvalým připojením na internet k poskytovateli korekcí. Toto řešení je v současné době jednoznačně nejpoužívanější.“ [19]

4.1.2 Rajón

Rajón je orientovaná a současně délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu. Pokud známe souřadnice daného bodu 1 (y_1, x_1), délka s_{12} a směrník σ_{12} , určíme souřadnice bodu číslo 2 ze vztahu:

$$y_2 = y_1 + s_{12} * \sin \sigma_{12} = y_1 + \Delta y_{12}$$

$$x_2 = x_1 + s_{12} * \cos \sigma_{12} = x_1 + \Delta x_{12} \quad , \text{kde } \Delta x_{12} \text{ a } \Delta y_{12} \text{ jsou souřadnicové rozdíly.}$$

Směrníkem se rozumí orientovaný úhel, jenž udává směr spojnice dvou bodů vzhledem k osám souřadnicové soustavy. Směrník je tedy úhel mezi spojnicí dvou bodů a rovnoběžky s kladnou osou x , označuje se řeckým písmenem σ . [20]

4.1.3 Volné polární stanovisko

Volné polární stanovisko je metoda, která umožňuje měřit z bodu bez nutnosti jeho trvalé stabilizace. Volné stanovisko vyžaduje dostatečnou geodetickou síť, zároveň poskytuje volnost při práci v terénu. Pro inženýrskou geodézii v oblasti stavební činnosti je výhodné, že není nutné body stanoviska stabilizovat. Využívá se pro podrobné měření, vytyčování či budování geodetických sítí. [25]

K určení volného stanoviska musí být použity nejméně dva body bodového pole. Na oba body musí být zaměřen vodorovný směr i délka. Volné stanovisko se určí protínáním ze směrů nebo z protínání délek, úhel mezi směry na určovaném bodě musí být v rozmezí 30 gon–170 gon. [21]

4.2 Měření podrobných bodů

4.2.1 Polární metoda

Polární metoda představuje určení souřadnic bodu pomocí měřeného vodorovného úhlu (mezi určeným bodem a orientačním směrem) a délky od stanoviska k určenému bodu. Použití polární metody je dvojího typu, jako volné polární stanovisko nebo jako pevné polární stanovisko. [4]

Volné polární stanovisko je popsáno výše a pevné polární stanovisko se liší tím, že měřič stojí na bodě o známých souřadnicích.

4.2.2 Protínání z délek

U metody protínání z délek je od dvou daných bodů je měřená vzdálenost k určenému bodu. Vzdálenosti mohou být měřeny přímo nebo nepřímo určeny z ortogonálních údajů. [7]

Metodou protínání z délek byly v této práci zaměřeny body 1906 až 1917, které z žádného stanoviska nešlo vidět a nešlo je bez problému určit měřením totální stanicí.

4.2.3 Kontrolní oměrné

Kontrolní oměrné jsou úlohou pro kontrolu vypočtených délek ze souřadnic a délek kontrolně naměřených pásmem v terénu. Kontrolní oměrné je možné zapsat dvěma způsoby, nelze je vzájemně kombinovat [7]:

- a) Řetězec oměrných, kde koncový bod předcházející oměrné je totožný s počátečním bodem následujícím. Neopakuje se zápis společného bodu a zápis oměrné se zapíše ve sloupci staničení.
- b) Zapisuje se jen dvojice čísel koncových bodů, hodnota oměrné se uvede u koncového bodu.

5 VOLBA PŘÍSTROJŮ

5.1 Totální stanice Topcon GPT 3003N

Totální stanicí, je možné zaznamenávat úhly a délky. Totální stanice je elektronický teodolit, který má navíc elektrooptický dálkoměr (používá se dálkoměr pulzní nebo jeho kombinace s dálkoměrem frekvenčním). Přístroj měří nebo vytyčuje vodorovné a svislé úhly, délky. Tato data registruje a je možné s nimi dále pracovat i v přístroji. Délky se zaměřují pomocí odrazného hranolu, který tvoří soustava zrcadel. Délky je také možné zaznamenávat jako odraz od povrchu. Zde je ale jiná přesnost měřené délky. [23]

Pro zaměření všech podrobných bodů a doplnění pomocné měřické sítě byla použita Totální stanice Topcon GPT 3003N, v.č. 4D0511 viz obrázek 5. Přesnost přístroje uvedená výrobcem je pro měření délek 3mm + 2ppm. Přesnost zaznamenávání směrů je 10^{cc} pro měření ve dvou polohách dalekohledu.



Obr. 5: Totální stanice Topcon GPT 3003N. [22]

Orientace a rajóny byly měřeny ve dvou polohách dalekohledu, podrobné body v první poloze.

5.2 Příjímač GNSS-RTK Trimble R4-3

Pro zaměření bodů technologií GNSS byl použit přijímač GNSS-RTK Trimble R4-3, v.č. 5345446904. Přesnost RTK metody v polohových souřadnicích je +/- 8mm + 0,5 ppm a ve výšce +/- 10 mm + 0,5 ppm.

Podle odstavce 9. vyhlášky č.31/1995Sb. Technické požadavky měření a výpočty bodů určovaných GNSS byly dodrženy zásady:

„9.4 Poloha bodu musí být určena ze dvou nezávislých výsledků měření pomocí technologie GNSS.“

„9.5 Opakované měření GNSS musí být nezávislé a musí být tedy provedeno při nezávislém postavení družic.“ [21]



Obr. 6: *Trimble R4-3 [24]*

Metodou RTK byly zaměřeny stanoviška 4001 až 4011 (s výjimkou bodu 4009, který se nacházel pod stromy a nešel touto metodou zaměřit).

Každý bod byl měřen v patnáctisekundovém intervalu se záznamem po jedné vteřině. Měření bodů bylo provedeno dne 21. 11. 2017 a nezávislé měření dne následujícího. Výsledné souřadnice stanovišek byly určeny jako průměr těchto dvou měření.

6 REKOGNOSKACE

Rekognoskace celého parku proběhla začátkem října 2017 před začátkem měřických prací. Park je spíše rovinatý, protéká jím potok, nachází se zde budova muzea Anthropos, dětské hřiště a pravěké expozice a je hojně osázen stromy a keři. Proto bylo nutné uvážit umístění pomocných bodů měřické sítě kvůli možným problémům s kvalitou signálu z družic pod vzrostlými stromy. Na obrázku 7 je zachycen dnešní stav parku. V zadané lokalitě bylo zjištěné nedostatečné stávající bodové pole. V lokalitě se nacházejí 3 body PPBP a jeden zhušťovací bod. Body PPBP 548 a 526 byly využity k měření. Bod polohového bodového pole 550 je kámen, který se nachází ve svahu a jeho poloha neodpovídá zadaným souřadnicím. Orientováno bylo také na zhušťovací bod 4307-2470. Použité body byly vytyčeny pro ověření jejich polohy technologií GNSS.

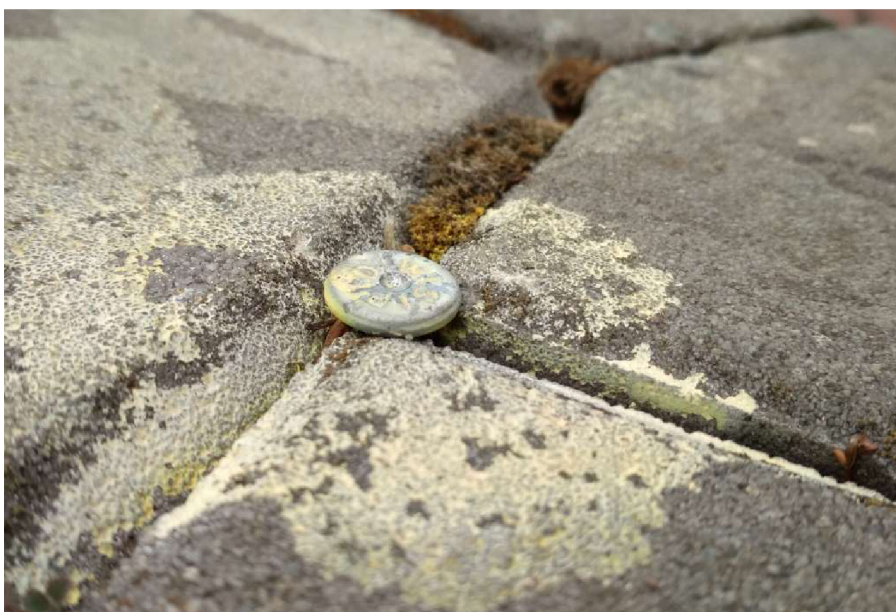


Obr. 7: *Pohled na Kohoutovický potok a vegetaci v lokalitě. [Zdroj: archiv autora]*

7 MĚŘICKÉ PRÁCE

Měření parku probíhalo na podzim roku 2017. Kontrolní zaměření na jaře 2018. Měřické práce probíhaly s ohledem na povětrnostní podmínky, proto bylo kontrolní zaměření provedeno až na jaře. Měření probíhalo v rozmezí několika týdnů, během kterých se okolní podmínky velmi měnily, pro každé měření byly v totální stanici zavedeny korekce teploty a tlaku.

Kromě totální stanice byly k měření využity další pomůcky. Stativ pro totální stanici, odrazný hranol, dvoumetr pro změření výšky stroje na každém stanovišti. Body pomocné měřické sítě byly stabilizovány měřickými hřeby.



Obr. 8: Ukázka stabilizace měřického bodu [Zdroj: archiv autora]

Předmětem podrobného zaměření byly všechny předměty terénu. Poslední podrobný bod zaměřený v terénu má číslo 1917. Jako pevné stanoviště byl také použit bod polohového bodového pole číslo 548, který nemá danou výšku. Výšku tohoto bodu jsem převzala z měření GNSS pro účely výpočtu výšek podrobných bodů z tohoto stanoviště. Ke stabilizovaným bodům, které jsou určeny metodou GNSS jsou vyhotoveny geodetické údaje v příloze číslo 09_GÚ.

Bodové pole bylo vytvářeno v průběhu podrobného měření. Z časových důvodů a důvodů velkého množství vegetace byla zvolena metoda určení některých stanovišť metodou rajónu. Nemožnost použít technologii GNSS pro zaměření některých bodů, bylo zapříčiněno vzrostlými stromy v měřené lokalitě. Metodou rajónu byly určeny body 4012 až 4017. Metodou volného polárního stanoviště stanoviště 4018 a polární metodou všechny podrobné body s pomocnými měřickými metodami.

Byly dodrženy vybrané geodetické principy dle odstavce 10.2 vyhlášky č.31/1995 Sb.:

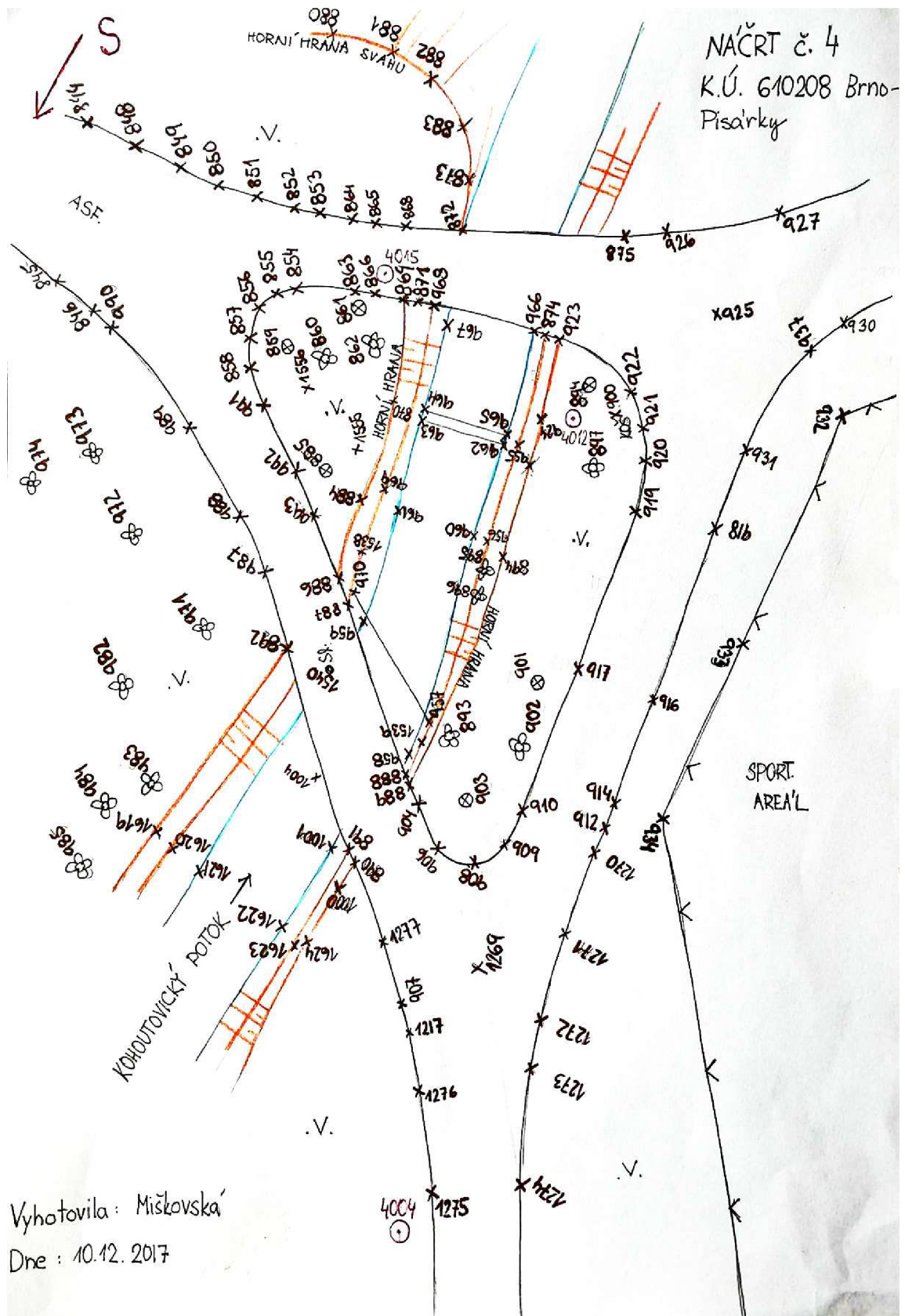
- a) *„Při použití volného polárního stanoviska jsou na nejméně dva body změřeny vodorovné směry i délky.*
- b) *Určení souřadnic volného polárního stanoviska je na určovaném stanovisku alespoň jeden úhel mezi použitými směry v rozmezí 30 gon až 170 gon.*
- c) *Orientace na stanovisku provedena vždy nejméně na dva body polohových bodových polí nebo na pomocné body.*
- g) *Délka rajónu je nejvýše 1000 m.*
- h) *Délka rajónu není větší, než je délka k nejvzdálenějšímu orientačnímu bodu.*
- k) *Podrobné body, které nešlo ze stanoviska vidět přímo, zaměřeny s použitím polárních kolmic. Polární kolmice nesmí být delší než 1/2 vzdálenosti její paty od stanoviska a nesmí přesáhnout délku 30 m.“ [21]*

8 MĚŘICKÝ NÁČRT

Při zaměřování byly vyhotoveny měřické náčrty. Barevná adjustace měřických náčrtů byla provedena podle přednášky 03_GE10_Mericky_nacrt.pdf [26] z předmětu Mapování I.

Výběr pravidel z přednášky pro adjustování, které byly využity při zaměření lokality parku:

- Hnědě se vyznačují podrobné body (ležatými křížky), které jsou určeny tachymetricky, a jejich čísla. Dále jsou to hrany terénních stupňů, pokud nejsou totožné s polohopisnou kresbou, šrafy ve směru spádnic určené tachymetricky.
- Modře byl vyznačen vodní tok. Dále se modře vyznačují všechny body určené nivelací, tato metoda v tomto případě nebyla použita.
- Červeně byly adjustovány pomocné měřické body a jejich čísla, orientace k severu pomocí šipky a označení písmene S v horním rohu náčrtu.
- Černě je zakreslena polohopisná kresba, čísla popisná, popis ploch, typy kultur a ostatní předměty, které byly zakresleny příslušnou mapovou značkou.
- Budovy se adjustují světle růžovou lemovkou nebo vybarvením růžově.
- Důležité je, aby adjustovaný náčrt zůstal přehledný.



Obr. 9: Ukázka měřického náčrtu č. 4. [Zdroj: archiv autora]

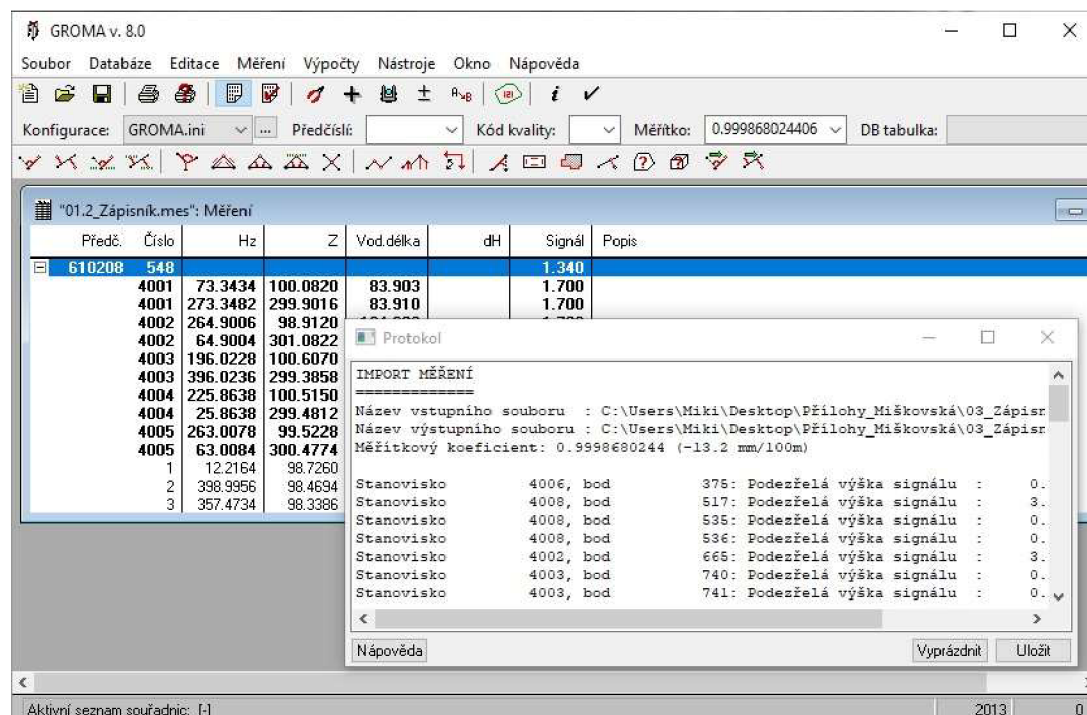
9 ZPRACOVÁNÍ

Práce je zpracována v programech Geoman, Groma v.8, MicroStation V8i s použitím nadstavby MGEO a Groma. Pro tvorbu vrstevnic byl použit Atlas DMT.

9.1 Groma

Data naměřená z terénu totální stanicí byla stažena v programu Geoman. Při stahování dat nebyly zavedeny žádné korekce z kartografického zkraslení. Korekce délek byly zavedeny až při výpočtu v programu Groma, které byly vypočteny ze zhušťovacího bodu 4302-2470. Vypočtený měřítkový koeficient je roven hodnotě 0.99986802 a byl nastaven pro celý výpočet. Všechny importované délky jsou tímto koeficientem vynásobeny a jejich délka tak upravena, viz obrázek číslo 10.

Orientace a rajóny byly měřeny v obou polohách dalekohledu, v Gromě byly tyto hodnoty zprůměrovány a směry redukovány na nulu pomocí funkce zpracování zápisníku.



Obr. 10: Prostředí programu Groma – ukázka importu měřených veličin a jejich úpravu o měřítkový koeficient. [Zdroj: archiv autora]

Podrobné body byly vypočteny pomocí funkce polární metoda dávkou. Při výpočtu orientací nebyla překročena oprava orientace. Její mezní hodnota je 0.0800 gon.

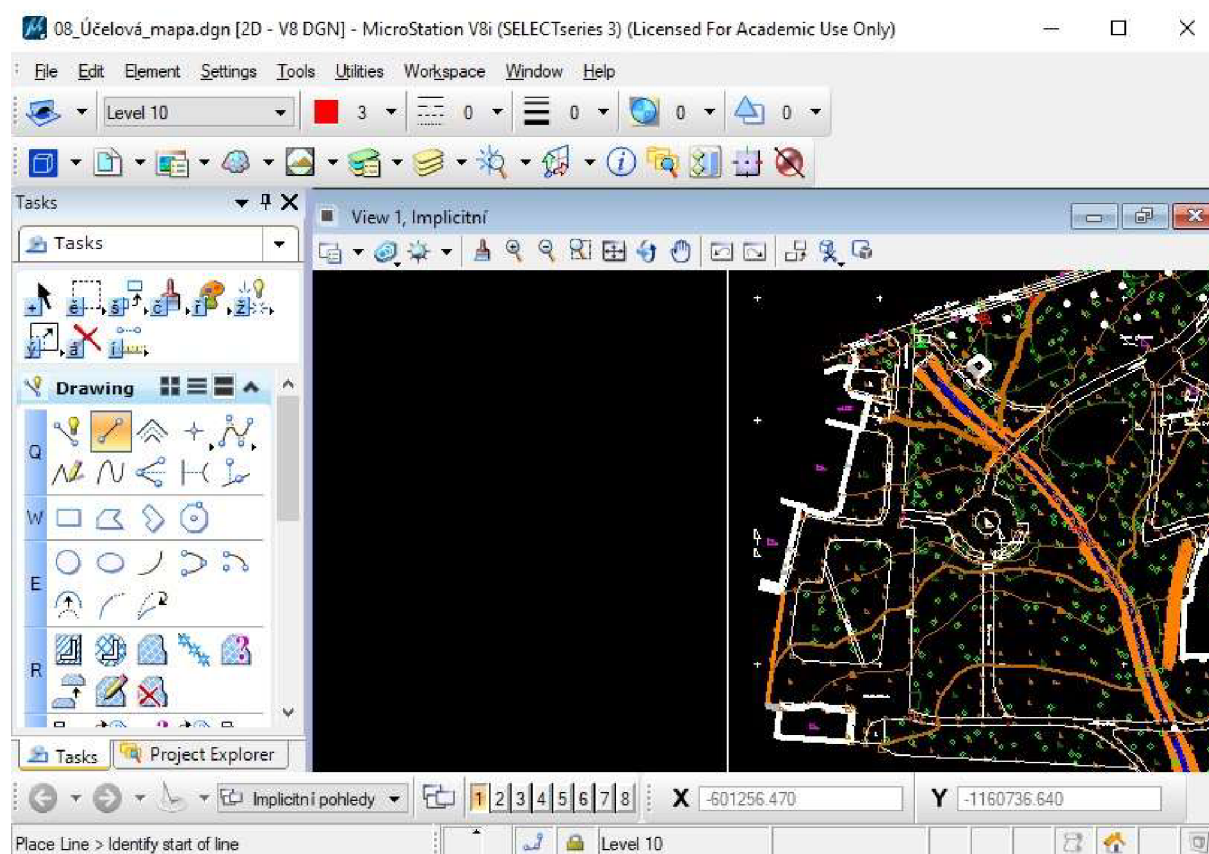
Zaměřeno bylo asi 30 identických bodů, stanovená odchylka pro identické body pro třetí třídu přesnosti podle vyhlášky č.31/1995 Sb. je $m_{x,y} = 0,14$ m. Žádný bod nepřekročil odchylku. Souřadnice identických bodů byly zprůměrovány.

Body 1906 až 1917 byly vypočteny pomocí funkce protínání z délek. Nebylo možné je pro špatnou viditelnost zaměřit polární metodou. Některé zaměřené body nebyly použity pro tvorbu mapy, byly to body, kde nebyla změněna výška odrazného hranolu a výšky tohoto bodu neodpovídaly realitě.

9.2 Microstation

Vypočtené souřadnice všech bodů byly nahrány pomocí nadstavby Groma do programu MicroStation. Kresba mapy vznikla podle Atributové tabulky z předmětu Mapování I, přiložené v příloze č 02_Atributy. Výsledná mapa je zhotovena v měřítku 1:500 v souřadnicovém systému S-JTSK v dokumentu .dgn a .pdf připravena na tisk ve velikosti A1, v příloze 08_Účelová_mapa.

Výkres byl doplněn o klad mapových listů a souřadnicové křížky pomocí nadstavby MGEO. V programu Microstation byl také zpracován přehled měřické sítě v měřítku 1:1000 v příloze 07_Přehledka_bodového_pole.



Obr. 11: Prostředí programu Microstation v8i. [Zdroj: archiv autora]

10 KONTROLNÍ ZAMĚŘENÍ

Pro kontrolní zaměření byly použity vybrané body stabilizovaného bodového pole pomocné měřické sítě a znovu zaměřeny technologií GNSS s jiným číslováním. Body zaměřeny dvakrát s dodrženým odstupem minimálně 1 hodiny mezi měřením jednotlivých bodů. Výsledné souřadnice jsou průměr ze dvou měření.

Vybráno bylo 103 podrobných bodů pro kontrolní zaměření, jedná se o body jednoznačně identifikovatelné, jako jsou rohy budov, dopravní značení, rohové body komunikace, chodníku, sloupy, kanalizační šachty a lampy. Souřadnice nově zaměřených bodů byly porovnány se souřadnicemi stávajícími a bylo provedeno testování přesnosti.

10.1 Testování přesnosti podrobných bodů

Testování dosažené přesnosti podrobných bodů podle ČSN 01 3410 (2014):

Tab. 1: Kritéria přesnosti:

Třída přesnosti	u_{XY}	u_H	u_V
3	0,14	0,12	0,50

K testování přesnosti souřadnic X, Y podrobných bodů se vypočtou pro body výběru rozdíly souřadnic:

$$\Delta X = X_m - X_k,$$

kde je:

X_m, Y_m – výsledné souřadnice podrobného bodu polohopisu,

X_k, Y_k – souřadnice téhož bodu z kontrolního určení.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové směrodatné souřadnicové odchylky S_{XY} vypočtené jako kvadratický průměr směrodatných odchylek souřadnic S_X, S_Y , které se určí ve výběru o rozsahu N bodů ze vztahů:

$$S_X = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta x_j^2} \quad S_Y = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta y_j^2}$$

Hodnota koeficientu k je rovna 2, má-li kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda měření polohopisu, nebo rovna 1, má-li kontrolní určení přesnost podstatně vyšší, tj. $\sigma_{XY} < 0,7 u_{XY}$

kde u_{XY} je dáno v tabulce 1.

Přesnost určení souřadnic se pokládá za vyhovující, když:

- a) polohové odchylky Δp vypočtené ze vztahu:

$$\Delta p = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

vyhovují kritériu

$$|\Delta p| \leq 1,7 u_{xy},$$

- b) je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová směrodatná souřadnicová odchylka S_{XY} , vypočtená ze vztahu

$$S_{XY} = \sqrt{\frac{1}{2}(S_X^2 + S_Y^2)}$$

vyhovuje kritériu

$$S_{XY} \leq \omega_{2N} * u_{XY},$$

kde je

u_{XY} kritérium z tabulky 1, hodnoty S_X , S_Y se vypočtou podle předchozích rovnic.

Koeficient ω_{2N} má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 5\%$ hodnotu $\omega_{2N} = 1,1$ pro výběr o rozsahu N od 100 do 300 bodů a hodnotu $\omega_{2N} = 1,0$ pro výběr větší než 300 bodů.

Výsledky viz příloha 06_Testování

Tab. 2: Ukázka testování přesnosti rozdílu souřadnic X , Y a porovnání s polohovou odchylkou:

číslo bodu	souřadnice Y		rozdíl Y	souřadnice X		rozdíl X	polohová odchylka	posouzení
	Y_m [m]	Y_k [m]	ΔY [m]	X_m [m]	X_k [m]	ΔX [m]	Δp [m]	$ \Delta p \leq 1,7 * u_{xy}$
5	601168,36	601168,39	-0,03	1160623,24	1160623,26	-0,02	0,04	SPLNĚNO
11	601154,44	601154,45	-0,01	1160619,99	1160619,99	0,00	0,01	SPLNĚNO
20	601157,45	601157,45	0,00	1160625,20	1160625,20	0,00	0,00	SPLNĚNO
22	601151,63	601151,61	0,02	1160622,57	1160622,56	0,01	0,02	SPLNĚNO
24	601147,66	601147,63	0,03	1160632,04	1160632,02	0,02	0,04	SPLNĚNO
25	601149,96	601149,97	-0,01	1160638,74	1160638,71	0,03	0,03	SPLNĚNO
26	601148,87	601148,87	0,00	1160638,40	1160638,39	0,01	0,01	SPLNĚNO

K testování přesnosti výšek podrobných bodů se pro body výběru vypočtou rozdíly výšek.

$$\Delta H = H_m - H_k,$$

kde je

H_m – výška podrobného bodu výškopisu,

H_k – výška téhož bodu z kontrolního určení.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové směrodatné výškové odchylky S_H , vypočtené ze vztahu

$$S_H = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2}$$

Hodnota koeficientu k v rovnici je rovna 2, má-li kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda určení výšek, nebo rovna 1, má-li kontrolní určení přesnost podstatně vyšší, tj. $m_H < 0,7u_H$, kde u_H je dána v tabulce 1.

Přesnost určení výšek se pokládá za vyhovující, když:

- a) hodnoty rozdílů výšek ΔH , vypočtených podle výše uvedené rovnice, vyhovují kritériu

$$|\Delta H| \leq 2u_H \cdot \sqrt{k}$$

- l) je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová směrodatná výšková odchylka S_H , vypočtená z rovnice uvedené výše, vyhovuje kritériu na zpevněném povrchu pro výšky

$$S_H \leq \omega_N \cdot u_H,$$

kde jsou

u_H, u_V koeficienty z tabulky 1.

Koeficient k má stejnou hodnotu jako ve výše uvedené rovnici. Koeficient ω_N má při volbě hladiny významnosti $\alpha = 5\%$ hodnotu $\omega_N = 1,1$ pro výběr rozsahu N od 80 do 500 bodů a hodnotu $\omega_N = 1,0$ pro výběr větší než 500 bodů.

Výsledky viz příloha: 06_Testování

Tab. 3: Ukázka testování přesnosti rozdílu souřadnice H a porovnání s polohovou odchylkou

číslo bodu	výška bodu		rozdíl výšek ΔH [m]	posouzení
	H [m]	H _k [m]		
				< 0,34
5	208,86	208,98	-0,12	SPLNĚNO
11	208,74	208,66	0,08	SPLNĚNO
20	208,93	208,87	0,06	SPLNĚNO
22	208,75	208,73	0,02	SPLNĚNO
24	208,51	208,47	0,04	SPLNĚNO
25	208,43	208,53	-0,10	SPLNĚNO
26	208,59	208,50	0,09	SPLNĚNO

Testování podrobných bodů nezávisle prokázalo splněním všech výše zmíněných kritérií a tím potvrdilo správnost polohového a výškového zaměření lokality v třetí třídě přesnosti.

11 ZÁVĚR

Zvolenou lokalitou byl park Anthropos v lokalitě Brno-Pisárky. Cílem práce bylo vyhotovení účelové mapy.

Ve zvolené lokalitě bylo nedostatečné polohové bodové pole, a tak byla vytvořena pomocná měřická síť technologií GNSS, metodou rajónu a volného stanoviska.

Podrobné body byly zaměřeny totální stanicí Topcon GPT 3003N. Dané měření bylo vypočítáno v programu Groma. Tvorba mapy proběhla v programu Microstation podle atributové tabulky a vrstevnice vygenerované v programu Atlas DMT. Výsledná mapa je v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

Po zpracování účelové mapy byly vybrané body ve zkoumané lokalitě kontrolně zaměřeny a byla otestována jejich přesnost podle normy ČSN 01 3410 – Mapy velkých měřítek. Kontrolní měření potvrdilo správnost měření a dodržení vyhotovení mapy pro třetí třídu přesnosti.

Protokoly o měření, výpočtech a zpracování jsou součástí přílohy bakalářské práce.

Výsledkem je polohopis a výškopis účelové mapy v měřítku 1:500. K mapě je vytvořena přehledka pomocné měřické sítě v měřítku 1:1000.

12 ZDROJE

- [1] *Průvodce Brnem - park Anthropos* [online]. [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <http://www.pruvodcebrnem.cz/park-anthropos>
- [2] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z <https://mapy.cz>
- [3] *Eko gymnázium Brno* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z <http://www.eko-g.cz/aktualne/projekt-neni-pozde-komplexni-environmentalni-vzdelavani-na-ss/mestske-parky-a-verejna-zelen/>
- [4] *Geodezie přednášky - Západočeská univerzita* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08.html#id365809>
- [5] HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3166-7.
- [6] *Český kosmický portál. GNSS - Global Navigation Satellite System* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/>
- [7] FIŠER, Zdeněk a Jiří VONDRÁK. *Mapování*. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-214-2337-4.
- [8] *Sít' permanentních stanic GNSS České republiky* [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z <http://czeapos.cuzk.cz/>
- [9] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha, 2014.
- [10] *Google maps* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z <http://www.google.com>
- [11] *Gekon* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.geodeticke-prace-plzen.cz/ucelova-mapa.htm>
- [12] ŠVEC, Mojmír a Pavel HÁNEK. *Stavební geodézie 10*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-010-2076-2.
- [13] ČAPEK, Richard, Miroslav MIKŠOVSKÝ a Ludvík MUCHA. *Geografická kartografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1992. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství). ISBN 80-042-5153-6.
- [14] *Geoding.cz* [online]. [cit.2018-05-14]. Dostupné z <http://www.geoding.cz/nabizime-pojem.html?popis-mapy>
- [15] Kalvoda P., Mapování I, přednáška 02_GE10_Vyskopis, VUT Fast Brno 2015
- [16] *Geodezie přednášky - Západočeská univerzita* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08.html>
- [17] Kalvoda P., Mapování I, přednáška 04_GE10_Podrobne_mereni, VUT Fast Brno 2015

- [18] ČÁBELKA, Miroslav. 2008. Úvod do GPS [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps>
- [19] *Katedra speciální geodézie* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/SGE/pred_8_Geodeticke_technologie.pdf
- [20] RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 1: měření a výpočty*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04788-0.
- [21] *Katastr nemovitostí: Zeměměřictví; Pozemkové úpravy a úřady: redakční uzávěrka*. Ostrava: Sagit, 1990. ÚZ. ISBN 978-80-7488-145-9.
- [22] *GP Praha* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z <http://gpprague.cz/eshop/bezhranolova-totalni-stanice-topcon-gpt-3003n-pi-1650.html?zenid=q67n3inmog7dpi1hlld4s311f3>
- [23] *Moderní přístrojová technika ŘÍHA, Jan.* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z <http://spszem.cz/storage/files/1364/Moderni-pristrojova-technika-TS-Niv-LS.pdf>
- [24] *Geomaps* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z <http://www.geomaps.co.tz/index.php/products/view/trimbler4>
- [25] *Katedra speciální geodézie* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/ING2/volne_stanovisko.pdf
- [26] Kalvoda P., Mapování I, přednáška 03_GE10_Mericky_nacrt, VUT Fast Brno 2015

13 SEZNAM ODBORNÝCH ZKRATEK

BeiDou	Čínský globální navigační satelitní systémy
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
CZEPOS	Síť permanentních stanic GNSS pro určování polohy
ČSN	Česká státní norma
GALILEO	Evropský globální navigační satelitní systémy
GLONASS	Ruský globální navigační satelitní systémy
GNSS	Globální navigační satelitní systémy
GPS	Globální polohový systém (Global Positioning System)
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
RTK	Real time kinematic
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
WGS-84	Světový geodetický systém 1984 (World geodetic system 1984)
ZhB	Zhušřovací bod

14 SEZNAM PŘÍLOH

01_GNSS

- 01.1_Protokol_měření.txt (E)¹
- 01.2_Protokol_kontrolního_měření.txt (E)

02_Atributy

- 02_Atributy_2018.xlsx (E)

03_Zápisníky

- 03.1_Měřická_síť.zap (E)
- 03.2_Zápisník_podrobného_měření.zap (E)
- 03.3_Zápisník_kontrolního_podrobného_měření.zap (E)
- 03.4_Měřický_náčrt.pdf (E+P)

04_Protokoly

- 04.1_Výpočet_sítě.pro (E)
- 04.2_Zpracování_zápisníku.pro (E)
- 04.3_Výpočet_podrobných_bodů.pro (E)
- 04.4_Protínání_z_dělek.pro (E)
- 04.5_Výpočet_podrobných_kontrolních_bodů.pro (E)
- 04.6_Kontrolní_oměrné.pro (E)

05_Seznam_souřadnic

- 05.1_Seznam_souřadnic_měřické_sítě.txt (E+P)
- 05.2_Seznam_souřadnic_podrobných_bodů.txt (E)
- 05.3_Seznam_souřadnic_bodů_převzaté_z_KN.txt (E)
- 05.4_Seznam_souřadnic_kontrolní_měřické_sítě.txt (E+P)
- 05.5_Seznam_souřadnic_kontrolních_podrobných_bodů.txt (E)

06_Testování

- 06.1_Ověření_XY_identických_bodů.xlsx (E)
- 06.2_Ověření_Z_identických_bodů.xlsx (E)

07_Přehledka_bodového_pole

- 07_Přehledný_náčrt_pomocného_bodového_pole.dgn (E)
- 07_Přehledný_náčrt_pomocného_bodového_pole.pdf (E+P)

08_Mapa

- 08_Účelová_mapa.dgn (E)
- 08_Účelová_mapa.pdf (E+P)

09_GÚ

- 09_Geodetické_údaje.pdf (E+P)

¹ E – elektronicky, P - papírově