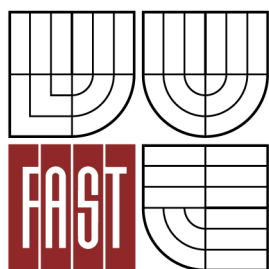




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

ZAMĚŘENÍ PŘÍRODNÍ LOKALITY "ORINOKO I" " BRNO, OBŘANY

SURVEY IN THE NATURE LOCALITY OF "ORINOKO I" BRNO, OBŘANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA PETROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK FIŠER

BRNO 2015



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 a kartografie
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Kateřina Petrová
Název	Zaměření přírodní lokality "Orinoko I " Brno, Obřany
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Zdeněk Fišer
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015
V Brně dne 30. 11. 2014	

.....
doc. RNDr. Miloslav Švec, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Fišer, Z. - Vondrák, J. Mapování, CERM Brno, 2003. ISBN 80-214-2337-4

Fišer, Z. - Vondrák, J. Mapování II, CERM Brno, 2003. ISBN 8-2669-1

ÚZ č. 608 Katastr nemovitostí Zeměměřictví, Sagit Ostrava, 2007

Huml, M. Michal, J., Mapování 10, Vydavatelství ČVUT, Praha 2000

Potužák, P.- Váňa, M., Topografické mapování, SNTL Praha, 1965

Sulo, J., Topografické mapovanie, SVŠT, Bratislava, 1980

ÚZ č. 803 Katastr nemovitostí Zeměměřictví Pozemkové úpravy a úřady, Sagit, Ostrava-Habrůvka, 2010

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

ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky

Zásady pro vypracování

Tachymetrickou metodou zaměřte severní část lokality Orinoko v katastrálním území Obřany. Vyhotovte účelovou mapu zadané lokality. Interval vrstevnic doporučuji 1 m. Doporučené měřítko pro zpracování 1 : 500. Pozornost věnujte terénním tvarům. Práci doplňte fotodokumentací.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

Ing. Zdeněk Fišer
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Obsahem této bakalářské práce je tachymetrické zaměření a vyhotovení účelové mapy lokality Orinoko v měřítku 1:500. V této lokalitě je velmi členitý terén, proto je část práce věnována terénním tvarům a jejich zobrazení v účelové mapě pomocí vrstevnic.

Klíčová slova

Tachymetrie, vrstevnice, mapování, výškopis, terénní tvary, účelová mapa

Abstract

The bachelor thesis deals with the tacheometric survey of the location of Orinoko. The aim of the thesis is to create a thematical map of the area in the scale 1:500. As the terrain of the area is very varied, a part of the thesis focuses on terrain shapes and their projection in a thematical map using contour lines.

Keywords

Tacheometry, contour line, mapping, altimetry, terrain shapes, thematical map

Bibliografická citace VŠKP

Kateřina Petrová *Zaměření přírodní lokality "Orinoko I " Brno, Obřany*. Brno, 2015. 44 s., 12 příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Fišer

Prohlášení:

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

V Brně dne 15. 5. 2015

.....
podpis autora
Kateřina Petrová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňku Fišerovi za cenné rady a pomoc v průběhu zpracování bakalářské práce a Haně Slezákové za spolupráci při měření v terénu.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	OBŘANY	11
2.1	Popis lokality	12
3	TERÉN A JEHO ZNÁZORNĚNÍ	13
3.1	Znázornění výškopisu	13
3.1.1	Pohledové metody	13
3.1.2	Šrafy	14
3.1.3	Kóty	15
3.1.4	Vrstevnice	15
3.1.5	Ostatní metody	16
3.2	Terénní tvary a jejich znázornění v mapě	17
3.2.1	Tvary na vrcholové části vyvýšeniny	17
3.2.2	Tvary na úbočí vyvýšeniny	19
3.2.3	Tvary na úpatí vyvýšeniny	21
3.2.4	Tvary údolního dna	22
3.2.5	Uměle vytvořené terénní tvary	23
4	METODY PODROBNÉHO MĚŘENÍ VÝŠKOPISU	24
5	ZÁKLADY GNSS	25
6	MĚŘICKÉ PRÁCE	27
6.1	Popis lokality	27
6.2	Rekognoskace	28
6.3	Volba přístrojů a pomůcek	28
6.4	Měřická síť	30
6.5	Podrobné měření	30
6.6	Měřický náčrt	30

6.7	Technická nivelace	31
7	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	33
7.1	Výpočetní práce	33
7.2	Grafické zpracování	34
7.2.1	Tvorba vrstevnic	35
7.3	Zhodnocení přesnosti	36
7.3.1	Polohová přesnost	36
7.3.2	Výšková přesnost	38
8	ZÁVĚR	39
9	SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	40
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	42
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	43
12	SEZNAM TABULEK	43
13	SEZNAM PŘÍLOH	44

1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá problematikou zobrazení členitého terénu v účelové mapě ze získaných hodnot tachymetrickým měřením terénu. Lokalita “ORINOKO“ v Brně Obřanech leží v severní části katastrálního území Obřany a má velmi členitý a různorodý terén.

Cílem mé bakalářské práce je vytvořit účelovou mapu v měřítku 1:500 v dané lokalitě. V první části se věnuji metodám zobrazení reliéfu terénu od historie až po současnost, metodám měření výškopisu a samotnému způsobu interpretace výškopisu v účelových mapách vrstevnicemi. Dále je v práci rozebírán postup, kterým jsem dosáhla výsledné mapy. Můžeme jej rozdělit do dvou částí dle prostředí na terénní práce a zpracovatelské práce. Do terénních prací řadíme rekognoskaci terénu, přípravu a vybudování bodového pole s připojením do polohového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (dále jen S-JTSK) a výškového systému Baltu po vyrovnání (dále jen Bpv) a samotné polohopisné zaměření území. Zpracovatelské práce zahrnují výpočetní práce v programu GROMA v. 8, samotné vypracování mapy v programu MicroStation 95 a ruční vykreslení vrstevnic.

Celá práce je vyhotovena v souladu s ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy a ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky.

2 OBŘANY

Zmínky o osídlení terasy levého břehu řeky Svitavy jsou datované už v období Velké Moravy. Ve středověku byly Obřany považovány za samostatný statek, který patřil Přibyslavu z Křižanova. Původní opevněné sídlo pánů z Obřan bývalo nejpravděpodobněji u kostela na kopci nad vsí, ale pokud se zde vůbec někdy nacházelo, tak jen do 60. let 13. století. Roku 1278 vybudoval Gerhard ml. z Obřan nový hrad Obřany, jehož polohu noví badatelé určují na kopci Šumbera. Roku 1315 byl měšřany zničen, neboť jeho pán byl loupeživý muž. Od 14. století došlo k drobení pozemkové držby. V polovině 14. století byl vybudován nový hrad Ronov pro výkon rozsáhlé samosprávy, který v 15. století zanikl a jeho funkci převzal Nový hrad.



Obr. 1: Znak městské části [24]

Ves Obřany byla prvně výslovně zmíněna roku 1367 a společně s dalšími vesnicemi patřila Čenkovu Krušinovi z Lichtenburka. Vinice v této oblasti vlastnil Jan Jindřich, který je v roce 1375 věnoval klášteru v Obřanech. Po zrušení kláštera roku 1782 Obřany stále patřily do svazku Králova Pole. Obec řídili rychtář, purkmistr a konšelé. Vinice zde byly velmi rozsáhlé a proto i na obecní pečeti z roku 1750 byly vyobrazeny dva hrozny a kosíř.

V letech 1843-1849 byl vybudován kamenný viadukt přes řeku Svatku jako součást železniční trati do České Třebové a tunel, který je s tunelem u Adamova ojedinělou dochovanou památkou z počátků rozvoje železnic na Moravě.

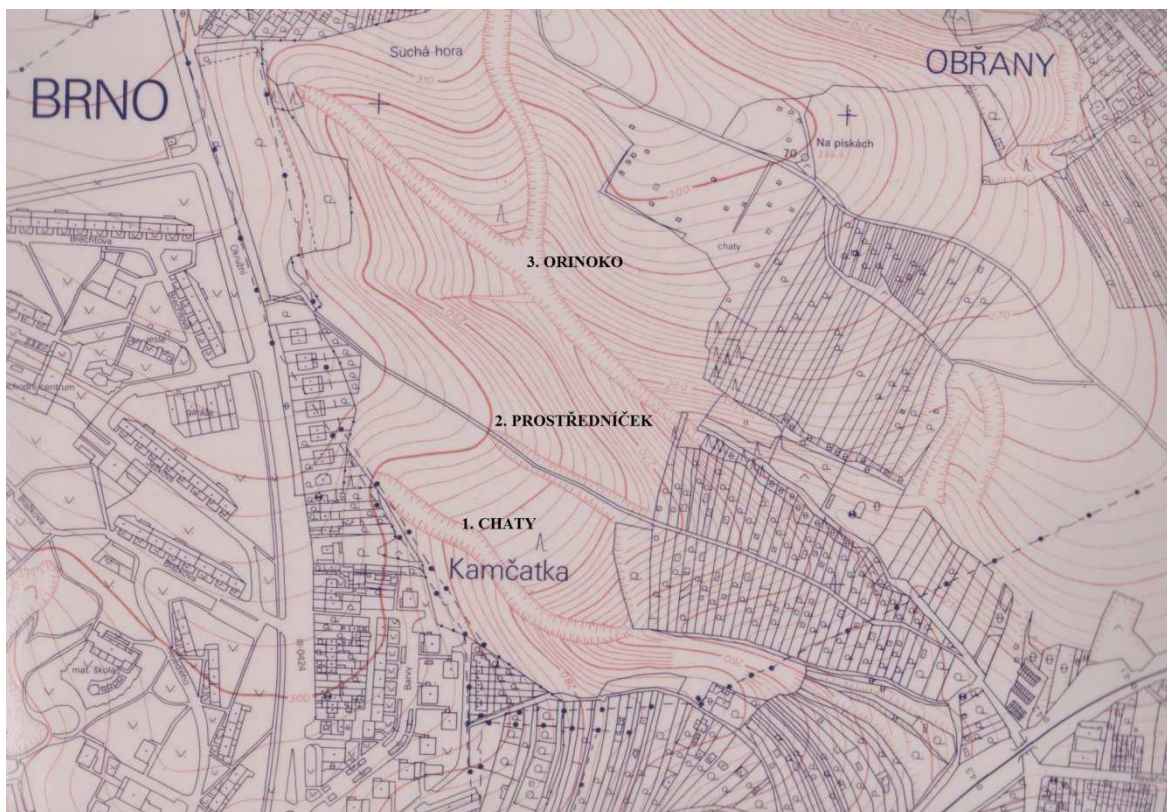
Obřany bývaly samostatnou obcí, později městskou částí, rozkládající se na katastrálním území o rozloze 527,61 ha. Součástí Brna se staly Obřany roku 1919. Ode dne 24. listopadu 1990 tvoří severní polovinu nově vzniklé brněnské městské části Brno – Maloměřice a Obřany. Přírodní či pomyslnou hranici mezi oběma městskými částmi tvoří koryto řeky Svitavy a Mlýnský náhon. Celková rozloha městské části je 929 ha. [5, 16]



Obr. 2: Městská část Maloměřice a Obřany [15]

2.1 Popis lokality

Území, v němž se nachází měřená lokalita, se nazývá Kamčatka a dělí se na tři rokle – Chaty, Prostředníček a Orinoko. Území vlastní několik majitelů a není udržováno. Orinoko je oblast nacházející se na rozmezí katastrálních území Lesná a Obrany a je vzdálena od viaduktu cca 695m. Nejnižší bod celého území je cca 252 m. n. m. a z této hodnoty za vzdálenost 590 m vystoupá na nadmořskou výšku 312 m. n. m.



Obr. 3: Území Kamčatka [12]

3 TERÉN A JEHO ZNÁZORNĚNÍ

Vývoj reliéfu terénu je výsledkem dlouhodobého procesu ovlivňovaného přírodními silami (gravitační a odstředivé síly, působení větru a vody, teplotní změny, apod.) a zásahem člověka do krajiny. Skutečný obraz krajiny bychom nikdy nedokázali v mapě vykreslit zcela přesně, proto dochází k zjednodušení zemského povrchu na topografickou plochu. Charakter topografické plochy nazýváme orografické schéma, které tvoří body neboli místa dotyku vodorovné plochy s topografickou plochou, hřbetnice, údolnice, hrany, tvarové čáry a úpatnice. Abychom dosáhli co nejlepšího vystižení terénu a kvalitního zobrazení v mapě, je nutné generalizovat terén. Generalizace závisí hlavně na měřítku mapování a dále na zkušenostech a citu mapéra. Je důležité správné rozvržení podrobných bodů a jejich přiměřená hustota, která nám vylučuje tvrzení – čím více bodů, tím kvalitnější mapování. Přebytný počet bodů nám neumožňuje kvalitní zobrazení, nýbrž zbytečný chaos a nepřehlednost.[3]

3.1 Znázornění výškopisu

Od historie až po současnost byla pro znázornění reliéfu vyvinuta řada metod. Mezi nejvíce rozšířené metody patří pohledové metody, šrafy, kóty, vrstevnice a ostatní metody. V současnosti jsou pro mapy velkých měřítek používány pouze kóty, vrstevnice a technické šrafy.

3.1.1 Pohledové metody

Mezi pohledové metody patří kopečková metoda, fyziologický způsob a reliéfní mapy. **Kopečková metoda** je tvořena bez jakéhokoli měření v terénu, naznačuje polohu hor jen přibližně, a proto nelze využít této metody v současnosti. Poprvé se o tuto metodu pokusil Ptolemaios již v 1. století našeho letopočtu.

Tato metoda byla využita v historických mapách, např. u Fabriciovy mapy Moravy z roku 1569. [2]



Obr. 4: Fabriciova mapa Moravy - Vsetín [17]

Reliéfními mapami rozumíme trojrozměrné mapy s fyzickým vyjádřením výškové členitosti území.

Fyziografický způsob je založen na zobrazení krajinných typů pohledovým způsobem.

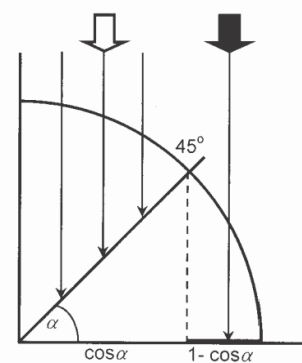
3.1.2 Šrafy

Šrafy lze definovat jako krátké spádnice, které jsou kresleny hustě vedle sebe. Dříve byla jejich hodnota na mapách spíše umělecká, ale v dnešní době už mají matematický základ. Dnes se používají nejvíce pro krátké terénní svahy, kde se nemění spád a bylo by složité vystihnout tento tvar vrstevnicemi. U šraf můžeme měnit jejich hustotu, délku a tloušťku.

Nejstarší šrafy se nazývají **kreslířské** a nemají žádný geometrický význam. Znázorňují pouze schematicky svahové poměry v krajině. Mohou být zakřivené nebo přímé, dlouhé či krátké, na mírném svahu bývají delší a řidší. Na prudkém svahu se kreslí hustší, kratší a zkřížené. Můžeme je vidět na mapách I. vojenského mapování.

Šrafy **krajinné** jsou jejich nástupci. Krajinnými šrafy se vyznačují úpatnice vyvýšených tvarů nebo horizontály oblastí vodní eroze, jsou jako tvarové čáry. Používají se pro zakreslení všeobecného průběhu velmi zjednodušených terénních tvarů. Byly použity např. u Müllerovy mapy Čech.

Šrafy **sklonové** neboli Lehmannovy šrafy podle saského kartografa Lehmana, který jim dal matematický základ, vychází z předpokladu, že sluneční paprsky dopadají svisle na zobrazovaný terén. Čím je terén strmější, tím jsou šrafy tmavší a hustější. Rovinná plocha zůstane bílá, naopak strmý svah bude tmavý. Jelikož se v terénu nachází svahy s malým úhlem sklonu, vymyslel Lehmann modifikovanou II. stupnici, kvůli které dochází k černému zákresu již při 45° . [2]



Obr. 5: Lehmannovy šrafy [2]

Stínové šrafy jsou krátké úsečky proměnné tloušťky kreslené ve směru spádnic, které se umísťují do zastíněných míst pro navození prostorového vjemu při SZ osvit. Touto metodou se lépe vyjadřují hřbetnice a údolnice oproti šrafám sklonovým.

Nevýhodou této metody je, že v prostorech údolnic vznikají bílá místa, která vypadají jako cesty. [18]

Technické šrafy patří k nejpoužívanější metodě zobrazení terénních stupňů, hrází, násypů apod. Používají se na mapách středních a velkých měřítek pro vyjádření terénních stupňů ať už přirozeně či uměle vytvořenými. V mapě se vykreslují střídáním krátkých a dlouhých čar vedoucích po směru spádu.

Topografické šrafy mají podobný charakter jako technické šrafy, mají tvar klínků uspořádaných v řadě, orientovaných ve směru spádu (od hrany svahu dolů).

Fyziografické (skalní) šrafy se používají při zobrazování skal, ledovců a skalních sutí. Pro jejich strmost se nedají zobrazit vrstevnicemi, proto se vyjadřují vertikálními i horizontálními čarami ve směru hran. Efekt plastičnosti se dá zvýšit stínováním. [2]

3.1.3 Kóty

Kóta je číselné vyjádření výšek nebo hloubek v bodech vůči zvolené hladinové ploše (srovnávací rovině). Získáváme je pomocí přímého měření, fotogrammetricky nebo interpolací. V mapě kóty používáme pro vyznačení výšky kup nebo sedel, doplňují nám vykreslení terénu vrstevnicemi či technickými šrafy. Vyjádření terénu pomocí kót je velmi přesné, ale nenavodí nám prostorový vjem. Kóty dělíme na absolutní a relativní.

Absolutní kóta je nadmořská výška, která je vztažena k nulové hladinové ploše (např. Bpv). Označujeme jimi významné vrcholy, body terénní kostry, hloubnice, vodní plochy apod.

Relativní kóty vyjadřují převýšení objektů vůči jejich okolí, označují např. výkopy, násypy, terénní stupně, skalní převisy aj. [2]

3.1.4 Vrstevnice

Znázornění terénu pomocí vrstevnic patří mezi nejpoužívanější metody vyobrazení výškopisu. Vrstevnice je uzavřená linie, která spojuje množinu bodů na topografické ploše o stejné nadmořské výšce. Vrstevnice konstruujeme z vypočtených nadmořských výšek měřených podrobných bodů. Dělí se na základní, hlavní, doplňkové a pomocné.

Základní vrstevnice jsou většinou s metrovým intervalem. Jsou kresleny plnou, nejčastěji hnědou barvou.

Hlavní vrstevnice (zesílené) jsou vykreslovány silnou hnědou čarou. Tyto vrstevnice jsou doplněny výškovou kótou, která je čitelná směrem do kopce.

V plochem terénu, kde by došlo k vykreslování vrstevnic s rozestupem větším, než je 12mm, použijeme vrstevnice doplňkové nebo pomocné. Pokud jsou od sebe základní vrstevnice vzdáleny o více jak 5cm na mapě, použijeme **doplňkové** vrstevnice. Vykreslují se hnědou slabou čárkovanou čarou a jejich průběh odpovídá polovině nebo čtvrtině výškového intervalu základních vrstevnic. **Pomocné** vrstevnice se kreslí hnědou barvou čárkovaně. Používáme je pro přibližné vykreslení tvaru terénu v nestabilních místech.

Kvalita zobrazení výškopisu záleží na zvolení **intervalu** vrstevnic, což je vertikální vzdálenost mezi vrstevnicemi. Interval základních vrstevnic volíme v závislosti na měřítku mapy podle vztahu $i=M/5000$ pro měřítko 1:10 000 a menší, pro měřítko 1:500 je stanoven základní interval $i=1$ m. Každá pátá vrstevnice je hlavní. **Rozestup** vrstevnic je vzdálenost vrstevnic měřena ve vodorovné poloze. [2, 3]

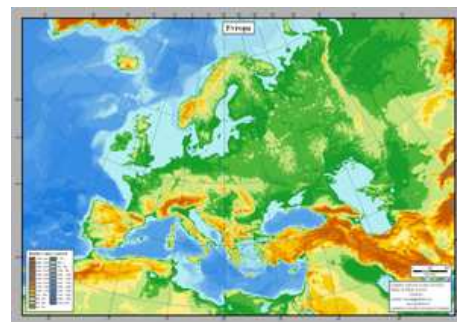
3.1.5 Ostatní metody

Mezi ostatní metody patří metoda stínování (ruční, fotomechanické, fotografické, digitální), stínované vrstevnice, barevná hypsometrie, těrkování a lavírování.

Stínování je metoda, která nám navazuje dostatečný prostorový vjem, kterého nedosáhneme kótami ani vrstevnicemi. K zobrazení volíme úhel dopadu paprsků 45° ze severozápadní strany. Terén, který je na osvětlené straně, zůstává světlý, naopak terén otočený od dopadajících paprsků se zobrazí tmavý. **Těrkování** je druh stínování založený na roztírání tuhého nebo křídového prášku. **Lavírováním** nazýváme stínování pomocí ředěné tuše nebo vodových barev.

Stínované vrstevnice jsou v dnešní době používány jen zřídka kvůli jejich grafické pracnosti. Když si představíme osvit reliéfu ze severozápadní strany, vrstevnice, které leží v oblasti vrženého stínu, kreslíme zesíleně. Při jejich tvorbě používáme speciální pero.

Barevná hypsometrie využívá metody zvolení proměnné stupnice. Tato metoda se využívá v mapách pro veřejnost, školní atlasy apod. Počet



Obr. 6: Barevná hypsometrie [13]

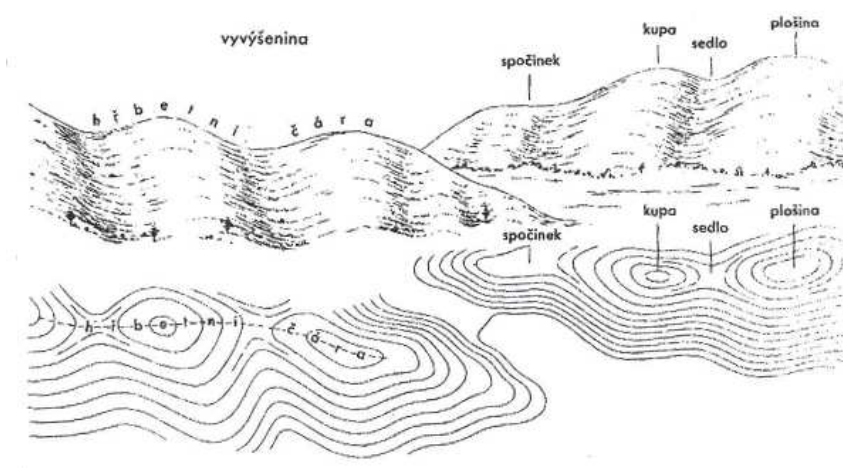
vrstev a barvy se řídí účelem mapy a výškovou členitostí terénu. Nejznámější barevnou stupnici zavedl Sydow a tj. modrozelená – zelená – žlutozelená – žlutá – žlutohnědá – oranžovohnědá – hnědá – hnědočervená. Využívá se v nejrůznějších mapách pro školní atlasy, nástěnné mapy apod. [2]

3.2 Terénní tvary a jejich znázornění v mapě

Každý terénní tvar vzniká kombinací dílčích ploch, které na sebe plynule navazují. Průběh terénu posuzujeme ve směru spádu (kolmo na vrstevnice) a ve směru vrstevnic. Pokud uvažujeme terén ve směru spádnic, rozdělujeme plochy na plochy se sklonem rovnoměrným, přibývajícím a ubývajícím. Tento průběh nám určuje velikost rozestupů vrstevnic. Plochy posuzované ve směru vrstevnic dělíme na plochy vhloubené, vypuklé a stejnoměrné. Průběh se projeví ve tvaru vrstevnic.

Terénní tvary dělíme podle jejich umístění a to na terénní tvary na vrcholové části vyvýšeniny, na úbočí vyvýšeniny, na úpatí a na tvary údolního dna.[3]

3.2.1 Tvary na vrcholové části vyvýšeniny



Obr. 7: Tvary na vrcholové části vyvýšeniny[1]

Kupa je vypuklý zaoblený tvar, který je vrcholem vyvýšeniny. Od vrcholu kupy se terén svažuje na všechny strany. Tvarovou čarou je křivka, která je uzavřená a ohraničuje vrchol kupy, který je nutné změřit a v mapě uvést výškovou kótu v tomto bodě. Vrchol kupy může být bod, nebo mírně skloněná či vodorovná ploška.

Tvarová čára je buď eliptického, kruhového či nepravidelného tvaru. Přechod z vrcholu na úbočí bývá většinou s přibývajícím spádem. Nejsme schopni tento spád přesně vyjádřit pomocí vrstevnic, neboť by docházelo ke zkreslení obrazu. Proto je nutné použít tzv. *morfologickou interpolaci*¹ na spádnících. [3]

Kužel má ostrý vrchol a jeho spád je rovnoměrný nebo ubývající. V krajině ho můžeme vidět jen zřídka.

Roh je zvláštní terénní tvar, který má na jedné straně svah se spádem přibývajícím a na druhé straně ubývajícím.

Plošinu lze definovat jako vyvýšeninu, jejíž temeno tvoří rovná nebo mírně skloněná plocha. Plocha má zaoblený nebo ostrý kraj, na kterém přechází do náhlého svahu na úbočí. Tvarová čára je obecná křivka, která ohraničuje temeno vyvýšeniny a naznačuje nám tvar ploch na přilehlých úbočích. Pokud není temeno plošiny zcela rovné (vyskytují se tam terénní nerovnosti), kresbu doplníme kótami a doplňkovými vrstevnicemi.

Vodorovným hřbetem rozumíme protáhlý vypuklý terénní tvar, který má vrcholovou část zaoblenou. Tvarová čára je podél hřbetnice a tvoří ji uzavřená křivka, která určuje průběh vrstevnic na svazích. Výškové poměry na hřbetnici jsou určeny pomocí výškových kót a doplňkových vrstevnic. Pokud má skalnatý hřbet ostré hrany, nazýváme jej **hřbenem**.

Spočinek je plocha, která přerušuje svahy kup, plošin či vrcholových hřbetů. Plocha spočinku je mírně skloněná popřípadě vodorovná. Hřbetnice přechází z většího spádu kupy apod. do menšího sklonu. Pokud se jedná o spočinek plošně rozsáhlý, terén v ploše vystihnou výškové kóty. V případě spočinku o malé ploše doplníme kresbu o vrstevnici doplňkovou. [3]

Nejnižší plochu mezi dvěma vypuklými tvary ve vrcholové části nazýváme **sedlo**. Hřbetnice kup se stýkají ve vrcholu sedla s dvěma údolnicemi. Vrchol sedla je nejnižší bod sedla. Pokud máme jednu kupu s větším sklonem, vrchol sedla se posouvá k ploše více svažité. Tvarová čára je v tomto případě čtyřúhelník s obloukovitými stranami směrem k vrcholu sedla. Pro správné vykreslení vrstevnic musíme u tohoto terénního tvaru zvolit

¹ přímá spojnice interpolovaných výškových bodů se mění v křivku s plynulým průběhem křivosti [17]

interpolaci morfologickou, neboť by při lineární interpolaci docházelo ke zkreslení terénu. Pokud máme sedlo protažené ve směru hřbetnice, jedná se o sedlo podélné. V případě protažení přibližně kolmo na hřbetnici je sedlo označováno jako příčné. Výraz nepravidelné sedlo použijeme tehdy, stýkají-li se ve vrcholu více jak dvě hřbetnice a údolnice. Sedlo nepravidelné má také čtyřúhelníkovou tvarovou čáru, pouze průběh stran čtyřúhelníku je nepravidelný. Vrchol sedla se kótuje a okolí vrcholu se vykreslí pomocí doplňkových vrstevnic nebo pomocí spádovek. Široké a mělké sedlo bez prudkých svahů se nazývá **proluka**, naopak sedlo s prudkými svahy je **soutěska**. [3]

S terénními tvary jako jsou kupy, spočinky a sedla se můžeme setkat i na úbočí.

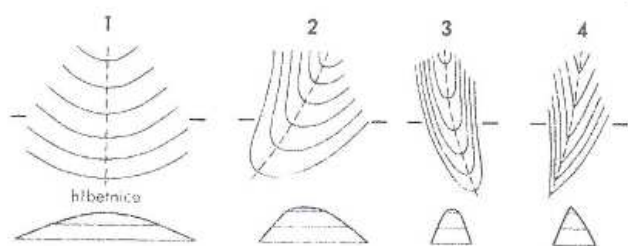
3.2.2 Tvary na úbočí vyvýšeniny

Úbočí jsou plochy, které se nacházejí na obou stranách hřbetnice. Terénní tvary na úbočí můžeme rozdělit do dvou skupin – na tvary vypuklé a vhloubené.

Vypuklé tvary na úbočí vyvýšeniny

Svah rozdělujeme podle sklonu terénu na **laz** (svah s mírným sklonem) a na **stráň** (výrazný sklon). Pokud nám sklon svahu překročí 90° , jedná se o **převis**, svah téměř svislý – **stěna**. Ve **vodorovný sráz** se nám sráz změní, když pruh srázu probíhá rovnoběžně s vrstevnicemi, **šikmý sráz** (průběh šikmo k vrstevnicím).

Svahový hřbet je protáhlá vyvýšená část na úbočí probíhající mezi dvěma údolími. Po jeho vrcholu probíhá mírně skloněná hřbetnice, která dělí hřbet na dvě části a od které se spádnice rozbíhají na obě strany. Svahový hřbet může

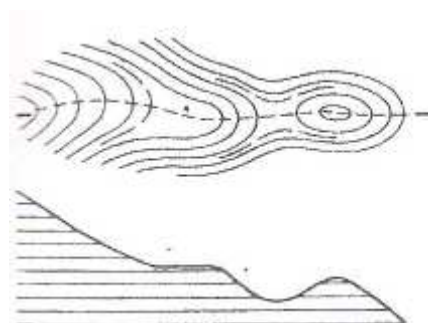


Obr. 8: Svahový hřbet [1]

mít několik podob: široký (hřbetnice není znatelná, vrstevnice jsou ploché křivky), normální (hřbetnice je v terénu znatelná a je měřitelný její průběh), úzký (zaoblená hrana na úbočí, vytváří velmi vyvýšený terénní tvar), ostrý (vrstevnice se stýkají na ostré hraně). Svahový hřbet může mít ještě podobu tzv. **ostrohu**, pro který je typická vybíhavost do údolí příčně a mění tím jeho průběh.

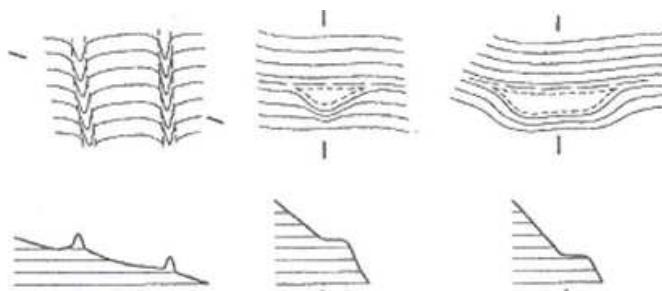
Svahový hřbet bývá dost často přerušen **spočínkem** a **svahovou kupou**. Spočinek a svahová kupa bývají odděleny sedlem. Nejsou rozsáhlé, proto nedochází k přerušení svahového hřbetu, jehož průběh je stále klesající.

Žebro je obvykle skalnatý, nepříliš vysoký úzký výstupek s příkrými svahy a výraznou hranou na styku s úbočím. Vrstevnice mnohdy na vyjádření tohoto tvaru nestačí, proto se dá jeho průběh vystihnout pomocí šraf.



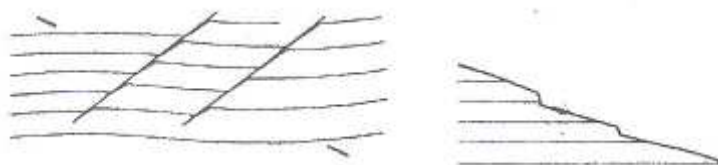
Obr. 9: Spočinek se svahovou kupou [1]

Výčnělkem rozumíme vodorovnou nebo mírně skloněnou plošinku, která přerušuje úbočí. Tvarová čára je ve tvaru půlměsíce. V zákresu pomocí vrstevnic se v jeho místě náhle změní jejich rozestup a vrstevnice se zakřivují. V terénu se objevují výčnělky protažené podél vrstevnic, kterým se říká **terasy**. Výčnělky a terasy se zaměřují jak výškově tak polohově a při jejich zobrazení se použije doplňkových vrstevnic.



Obr. 10: Žebro, výčnělek, terasa [1]

Terénní stupně jsou příkré, ohraničené srázy na úbočích s mírným sklonem. Tvarové čáry jsou hrany, které jsou shodné s čarami polohopisnými. Na hranách se vrstevnice lomí.



Obr. 11: Terénní stupně [1]

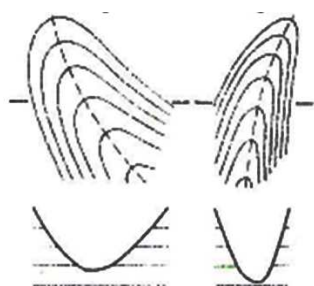
Vhloubené tvary na úbočí vyvýšeniny

Úžlabí je prohlubeň mušlovitého tvaru mezi dvěma svahovými hřbety. Nachází se vysoko ve svahu a často postupně přechází v zářez, z kterého pak ústí do údolí. Tvarová čára je dána údolnicí. Úžlabí rozdělujeme na mělké (údolnice téměř neznatelná), normální

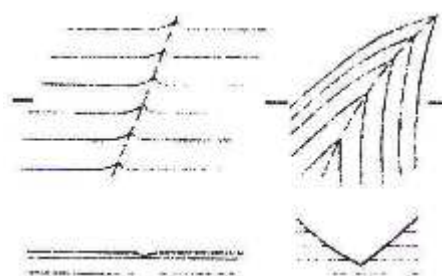
nebo úzké, kdy mají úbočí značný sklon. Je možný i výskyt mírně skloněné plochy (tzv. akumulční tvary), které představují opak spočinku a vznikají usazením naplavenin zeminy.

Terénní tvar, který se nachází na strmějších svazích a jehož úbočí se stýkají na hraně, se nazývá **zářez**. Tvarová čára je údolnice, může mít tvar rovný nebo zakřivený. Vrstevnice se na údolnici lomí. Zářez je hlubší než rýha.

Rýha se nachází na mírně skloněných úbočích. Rýha je malé hloubky, ale obvykle má výrazné horní hrany. Dno má ve tvaru ostré hrany, kde prochází údolnice a vrstevnice se na ní lomí. Tvarové čáry jsou již zmíněné horní hrany a údolnice.



Obr. 12: Úžlabí [1]

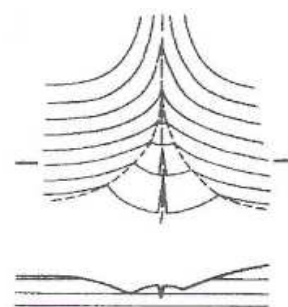


Obr. 13: Rýha, zářez [1]

3.2.3 Tvary na úpatí vyvýšeniny

Vyvýšeniny končí na průběhu tvarové čáry **úpatnice**, kde jejich svahy přecházejí do přilehlé roviny. Přejechod může být pozvolný (úpatnice neznatelná) nebo náhlý (úpatnice dobře znatelná) zakončený nízkým terénním stupněm popř. srázem. Vrstevnice se na úpatnici prudce lomí.

Nánosový suťový kužel vzniká usazováním zeminy, písku a kamenů snesené vodní erozí z vyvýšenin. Naplavená suť je tvarem podobná plášti kužele. Dvě údolnice vycházející z vrcholu kužele nám ohraničují útvar. Vrstevnice se na údolnici lámou nebo mírně ohýbají, uprostřed kužele jsou vypuklé křivky ve směru spádu.

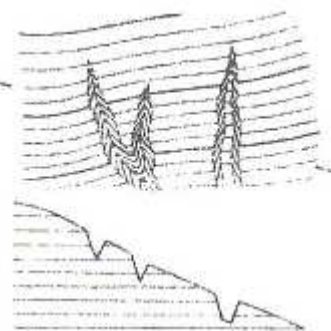


Obr. 14: Nánosový suťový kužel [1]

Výmoly se vyskytují na strmých úbočích v podobě příkopů vymletých vodou ve směru spádu terénu.

Strž vzniká erozí na strmých svazích ohraničených ostrými, klikatými terénními hranami. Strž je oproti rýze hlubší a mívá širší dno. Zobrazit ji můžeme pomocí šraf ale i vrstevnic. Vše záleží na měřítku mapy.

Rokle je synonymum pro strž, pokud je hluboká a široce rozvětvená. Probíhá jak po směru spádu, tak i po vrstevnicích. Tvarové čáry jsou údolnice a hrany strmých svahů.



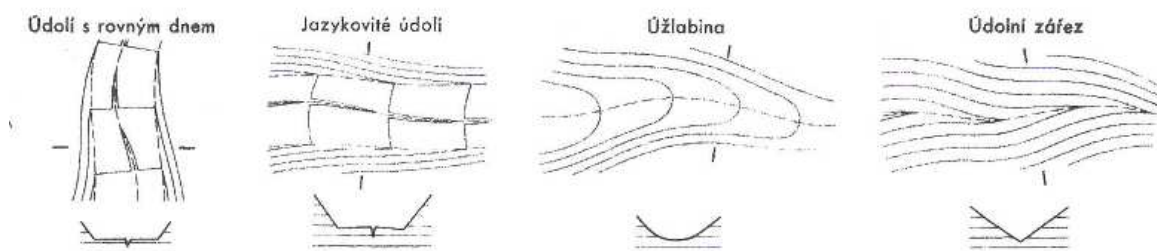
Obr. 15: Rokle [1]

Propadlinou označujeme uzavřený vhloubený terénní tvar, který vzniká působením přírodních sil, nebo lidskou činností. Další prohloubeninou je **jáma**, jejíž tvarovou čarou je horní hrana (břehová) a pokud má jáma široké dno, na dně se nachází úpatnice. Vrstevnice se vykrešlují jako u kupy, popíší se a dno se okótuje. Pokud má jáma svislé stěny, hovoříme o **propasti**.

Závrtý můžeme hledat ve vápencových oblastech. Jedná se o uzavřené nálevkovité prohloubeniny, které mají hloubku až 10m.

3.2.4 Tvary údolního dna

Údolí je terénní tvar vytvořený okolními svahy. Rozlišujeme hlavní údolí (mívá vyšší svahy) a vedlejší údolí (připojeno je k hlavnímu údolí pod úhlem menším než 90°). Údolí jsou malého svahu a jsou velmi dlouhá. Údolí dělíme podle tvaru dna na údolí s rovným dnem (vrstevnice jsou na dně přímé, lámou se na úpatnicích), údolí s vypuklým dnem (tzv. jazykové dno, vrstevnice jsou vypuklé ve směru spádu, na úpatnici se lámou) a na údolí s vhloubeným dnem (úžlabina; žlabovitý tvar dna, vrstevnice jsou vhloubené ve směru růstu spádu dna, přecházejí pozvolna do okolních svahů).



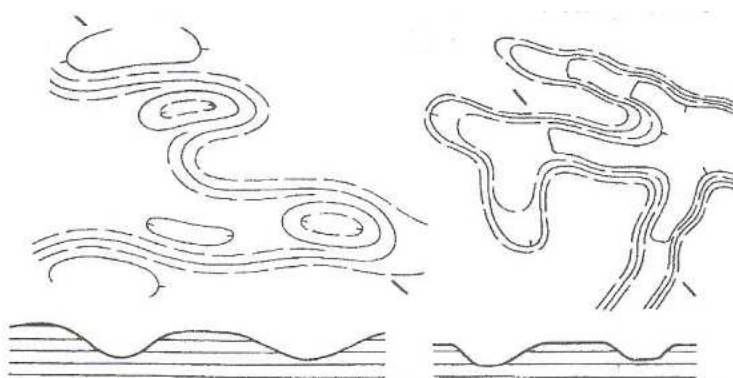
Obr. 16: Údolí, úžlabina, údolní zářez [1]

Úžlabinou nazýváme podlouhlý terénní tvar, jehož dno mírně klesá a má všude přibližně stejnou šířku.

Údolní zářez je tvar s úzkým dnem, který vytváří úbočí stýkající se na hraně. Vrstevnice se na údolnici lámou.

Soutěska představuje úzké a hluboké údolí s prudkými stěnami. Na dně soutěsky obvykle bývá koryto vodního toku zvané **kaňon**.

Raveny jsou široká koryta bývalých vodních toků, které ohraničují strmé svahy se zřetelnými břehovými hranami. Tvarové čáry probíhají po těchto hranách. Je možné zobrazit raveny pomocí šraf, pokud nelze zobrazit terén vrstevnicemi.



Obr. 17: Terénní vlny, raveny (ve velkém měřítku) [1]

Terénní vlny jsou nízké, klikaté a dlouhé pahrbky, které mají příkřejší úbočí se zaoblenými hranami.

3.2.5 Uměle vytvořené terénní tvary

K jejich vzniku dochází lidskou činností v terénu. Tyto tvary dělíme na plochy převážně stejnosměrného spádu a plochy s velmi nepravidelným průběhem spádu.

Do první skupiny řadíme hráze, umělé násypy a valy, které vznikají při výstavbě např. komunikací, vodních děl, sídlišť apod. Tyto umělé tvary znázorňujeme v mapách velkých měřítek technickými šrafami.

Do druhé skupiny řadíme tvary velmi rozsáhlé vzniklé většinou povrchovou těžbou např. povrchové doly, haldy, kamenolomy či pískovny. V případě, že těžba není dokončená, označí se neustálený obvod pomocnými vrstevnicemi. Na staveništích či skládkách, které jsou též nedokončené, výškopis neměříme. V mapách velkého měřítka na těchto místech umístíme nápis „Terén v úpravě“. [3]

4 METODY PODROBNÉHO MĚŘENÍ VÝŠKOPISU

Pro podrobné měření terénu používáme metody geodetické, fotogrammetrické, GPS metody a fyzikální. Metody měření se volí dle rozsahu měřené lokality, požadované přesnosti výškopisu, členitosti a přehlednosti měřeného území a dle dostupnosti bodů geodetického základu.

Mezi používané geodetické metody patří:

- plošná nivelace
- měření profilů
- tachymetrie

Pro náš účel byla použita metoda tachymetrie.

Tachymetrie je metoda měření, kterou současně určujeme polohu a výšku bodu. Měříme polární souřadnice tj. vodorovný úhel, výškový úhel a vzdálenost od stanoviště k určeným podrobným bodům. Z měřených hodnot počítáme převýšení mezi stanovištěm a bodem (využití zenitového úhlu a šikmé délky) a poloha bodu je určena pomocí metody rajón z vodorovného úhlu a měřené vzdálenosti.

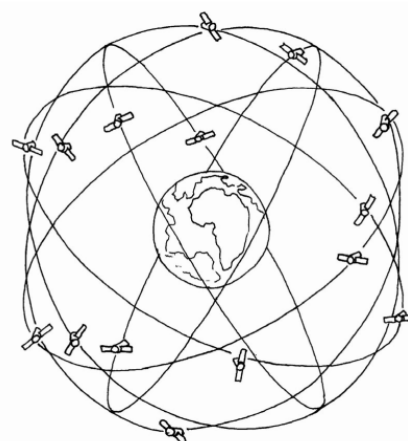
V dnešní době jsou používány elektronické dálkoměry (totální stanice), kdy je odečítání úhlů realizováno elektronickým čtením, a délky jsou měřeny světelným dálkoměrem. Dříve byly velmi rozšířené nitkové dálkoměry, v jejichž záměrném obrazci jsou dálkoměrné rysky, pomocí kterých odečítáme veškeré potřebné hodnoty pro tuto metodu. [1]

5 ZÁKLADY GNSS

Počátky těchto systémů, které nám umožňují zjistit polohu v trojrozměrném prostoru spolu s přesným časem, sahají do sedmdesátých let 20. století. Umožňují nám určit polohu kdekoliv na Zemi v jednotném souřadnicovém systému společném pro celou zeměkouli. Systém pracuje na principu měření vzdálenosti mezi družicí a přijímačem.

Systém se člení na 3 základní segmenty: na kosmický, řídicí a uživatelský.

Kosmický segment je tvořen soustavou umělých družic, které jsou systematicky rozmístěny na šesti oběžných drahách. Plná konstelace systému se skládá z 24 družic (21 navigačních a 3 záložní družice - záložních družic v současnosti více – max. 8). Sklon oběžné dráhy je cca 55° k rovníku a vůči sobě jsou posunuty o 60° . Výška letu družic je cca 20 000 km nad zemským povrchem. Družice je vybavena atomovými hodinami, přijímacími a vysílacími anténami a dalšími pomocnými přístroji.



Obr. 18: Kosmický segment [14]

Řídicí segment je sestaven z pěti pozemních monitorovacích stanic, které zodpovídají za řízení celého globálního polohového systému. V Colorado Springs se nachází hlavní řídicí stanice, která dálkově řídí ostatní pozemní stanice, které jsou bezobslužné. Jsou to velice přesné GPS přijímače, doplněné o vlastní atomové hodiny.

Uživatelský segment se skládá z GPS přijímačů, které na základě signálů z družic provedou výpočty polohy, rychlosti a času. Abychom zjistili neznámé souřadnice x , y , výšku z a korekce času t , je zapotřebí přijmout signály alespoň ze čtyř družic.

Systém GPS využívá pro určení polohy a času tři základní principy měření: kódové měření, fázové měření a dopplerovská měření.

Kódové měření je realizováno na základě určení vzdálenosti mezi přijímačem a družicemi. Pro tuto metodu měření jsou používány tzv. dálkoměrné kódy (přesné časové značky), které umožňují přijímači určit čas, kdy byl odvysílán úsek signálu vyslaný

družicí. Pomocí rozdílu času Δt_i vypočteného ze zjištěného času odeslání a přijetí jedné sekvence kódu určí vzdálenost d_i mezi přijímačem a družicí podle vztahu $d_i = \Delta t_i \cdot c$, kde c je rychlost šíření radiových vln. Hodiny přijímače a hodiny družice nejsou zcela synchronizované, a proto určujeme jen tzv. pseudovzdálenost (zdánlivou vzdálenost). Frekvence dálkoměrných kódů C/A se běžně pohybuje na úrovni jednotek megahertzů, u P kódů jsou to desítky megahertzů. Kód P však není pro civilní uživatele dostupný. Vlnová délka těchto frekvencí je cca 300m respektive 30m. Pokud uvažujeme přesnost měření 1-2% vlnové délky, dosáhneme přesnosti 3 až 6m respektive 0,3 až 0,6m bez uvážení systematických vlivů např. prostředí, nepřesností hodin apod.

Fázové měření je založeno na zpracování nosné vlny. Při zpracování se určuje počet vlnových délek nosné vlny, které jsou mezi přijímačem a družicí. Tento počet se skládá z celého počtu nosných vln (nelze přímo měřit) a z desetinné části, kterou přijímač určuje relativně přesně. Měření vykazují určitou nejednoznačnost (angl. ambiguity), odpovídající počtu celých vlnových délek nosné vlny nacházející se mezi přijímačem a družicí na počátku měření. Pokud dojde k přerušení sledování nosné vlny, dojde k tzv. fázovému skoku, při kterém není přijímač schopen počítat vlnové délky, a proto musí přijímač začít nový cyklus měření. Pokud uvažujeme přesnost jako u kódového měření tedy 1-2% vlnové délky, pak určujeme vzdálenost s přesností až na milimetry.

Dopplerovská měření se využívají spíše k určování rychlosti, jakou se přijímač pohybuje a to na základě měření frekvenčního posunu přijatého signálu. Výpočtem je získána radiální rychlost mezi družicí a přijímačem, zpracováním měření z více družic lze určit vektor rychlosti přijímače.[14]

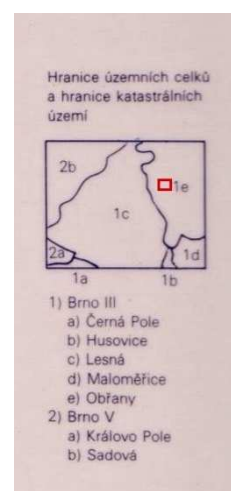
6 MĚŘICKÉ PRÁCE

Tato kapitola je zaměřena na postup veškerých prací provedených v zadané lokalitě. Jedná se o vyhledání potřebných podkladů, rekognoskaci terénu, výběr potřebných přístrojů a pomůcek. Na podkladě dostupného polohového a výškového základu je popsán způsob a metody doplnění bodového pole a dále vlastní zaměření zadané lokality.

6.1 Popis lokality

Měřenou lokalitu můžeme popsat jako ostrou roklinu, která je porostlá převážně listnatými stromy (trnovník akát, buk lesní, dub letní, habr obecný apod.), dále keři (bez černý apod.), a ojediněle jehličnany (modřín opadavý, smrk ztepilý, borovice lesní apod.). Na celé lokalitě najdeme ostružiníky, maliníky a bodláky. Měřená lokalita má rozlohu 1,4ha.

Protéká zde potok, který je patrný jen na jaře a na podzim. Na potoku jsou kamenné stupně, které slouží k zmírnění podélného sklonu dna z důvodu zajištění stabilního sklonu toku. Kamenné stupně a ploty jsou jediné polohopisné objekty, které jsou v lokalitě pevně dané.



Obr. 19: Umístění lokality [12]



Obr. 20: Měřené území [19]

6.2 Rekognoskace

Před samostatným začátkem měření bylo nutné provést podrobnou rekognoskaci celé lokality, která spočívala v určení hranic, prohlédnutí obtížnosti terénu a rekognoskaci bodového pole. Poté bylo možné přistoupit k samotnému měření, které probíhalo v několika etapách:

4. 11. 2013 rekognoskace

11. 11. 2013 – 12. 11. 2013 stabilizace a zaměření měřické sítě

14. 11. 2013 – 18. 11. 2013 zaměření podrobných bodů

5. 12. 2013 technická nivelace

15. 10. 2014 měření metodou GNSS

4. 12. 2014 měření metodou GNSS

Rekognoskace bodového pole byla provedena na podkladě údajů z databáze bodových polí, v které bylo nalezeno mnoho bodů v okolí, ale v terénu se je nepodařilo nalézt nebo byly nepoužitelné. Proto bylo po konzultaci s vedoucím přistoupeno k připojení měřické sítě pomocí metody GNSS.

Body PPBP	
505	roh budovy, půdorys budovy odlišný od zákresu v místopisu
506	roh budovy, budova zateplena
509	roh budovy, budova zateplena
580	znak z plastu, nenalezen
585	znak z plastu, nenalezen

Tab. 1: Nepřístupné body PPBP

6.3 Volba přístrojů a pomůcek

Vzhledem k zadání bylo nutné vybrat pomůcky a přístroje, které nám umožnily připojit území do souřadnicového systému JTSK, dále připojit měřickou síť do výškového systému Bpv metodou technické nivelace a zaměřit lokalitu tachymetrickou metodou.

GNSS měření bylo provedeno přístrojem Trimble R4 (výrobní číslo 5328440051). Měření muselo být zopakováno, neboť první měření nebylo dostatečně přesné. Trimble R4 nám umožňuje GNSS měření v reálném čase (RTK/VRS) a post procesing. Přístroj se skládá z dvoumetrové výtyčky, antény a ovladače neboli tabletu. [20]



Obr. 21 : Trimble R4 [21]

Pro zaměření měřické sítě a samotných podrobných bodů byl použit přístroj TOPCON GPT-3003N (výrobní číslo 4D0512) u něhož výrobci udávají tyto parametry:

- Přesnost měřených směrů $10''$
- Dosah dálkoměru při bezhranlovém módu 250m
- Dosah dálkoměru při hranolovém módu až 3000m
- Přesnost měření při normálním módu (bez hranolu)
 - v rozmezí 1,5-25m $\pm 10\text{mm}$
 - při délce větší než 25m $\pm 5\text{mm} + 2\text{ppm}$
- Přesnost měření při hranolovém módu
 - $\pm 3\text{mm} + 2\text{ppm}$ [23]



Obr. 22: TOPCON GPT-3003N

Stroj byl při měření postaven na duralovém stativu od firmy Leica a byl použit odrazný hranol značky TOPCON.



Obr. 23: TOPCON AT-G4 [21]

Připojení do výškového systému bylo provedeno pomocí přístroje TOPCON AT-G4. Jedná se o přístroj s kompenzátorem, který má obraz vzprámený a zvětšený 26x. Kilometrová chyba dvojité nivelace je $\pm 2\text{mm}$. [22]

Dále byl použit nivelační stativ Zeiss, teleskopická laminátová lať a nivelační podložka.

6.4 Měřická síť

Body měřické sítě byly voleny na vyvýšených místech lokality a stabilizace byla provedena dřevěnými kolíky se značkou na hlavě kolíku. Kolíky byly stabilizovány do co nejnižší výšky, aby nedošlo k poškození bodu lesní zvěří a ostatními vnějšími vlivy.

Metodou GNSS bylo zaměřeno celkem sedm bodů z celkových osmi. Jedná se o body č. 4002, 4003, 4004, 4005, 4006, 4007 a 4008. Bod 4001 musel být z důvodu špatné viditelnosti určen jako volné stanoviště z bodů č. 4002 a 4003. Přehled měřické sítě je obsahem přílohy č. 3.

Výškové připojení bylo vykonáno z bodu JM-071-548, který se nachází na stavbě č. p. 503. Pro ověření bylo žádoucí změřit i mezilehlý bod č. JM-071-1619, ale bod se nachází v prostoru viaduktu a z důvodu zakřivení nebylo možné postavit svisle lať na nivelační značku. Výškové připojení bylo provedeno na bod č. 4008.

6.5 Podrobné měření

Podrobné body byly měřeny z vybudované pomocné měřické sítě. Měřené body byly umísťovány na hrany terénních svahů, na základní čáry terénní kostry (hřbetnice a údolnice), na kamenné stupně a na hranice lokality, které byly označeny ploty zahrádek. Území bylo velmi členité, proto vzdálenost mezi podrobnými body dosahovala maximálně 19m. Jak už bylo zmíněno, byla použita tachymetrická metoda v jedné poloze dalekohledu, délky byly měřeny jednostranně. I když není lokalita rozsáhlá, z důvodu členitosti terénu a hustotě porostu měření nebylo rychlé. Celkem bylo naměřeno 229 podrobných bodů.

6.6 Měřický náčrt

Podkladem pro měřický náčrt výškopisu bývá používána kopie měřického náčrtu polohopisu či leteckého snímku. V zadané lokalitě nemohl být použit žádný takový podklad, neboť se jedná o lokalitu pokrytou lesním porostem a náletovými dřevinami. Výškopisný měřický náčrt by měl být kreslen vždy ve větším měřítku, než je měřítko výsledné účelové mapy a to z toho důvodu, aby bylo možné zapsat a zakreslit všechny potřebné informace.

Do čistého listu byly nejdříve zakresleny stanoviště a směry na orientované body. V dalším kroku byly doplněny čáry terénní kostry (hřbetnice, údolnice a další), čáry polohopisu (koryto potoku s kamennými stupni, ploty zahrádek) a prudké svahy s viditelnými hranami, kde byly vykresleny technické šrafy. Při samotném měření byly postupně zakreslovány měřené podrobné body ležatým křížkem, doplněné o číslo bodu, které muselo být shodné s číslem v zápisníku (kontrolováno s číslováním v totální stanici). Jako poslední se do měřického náčrtu doplnily mimorámové údaje.

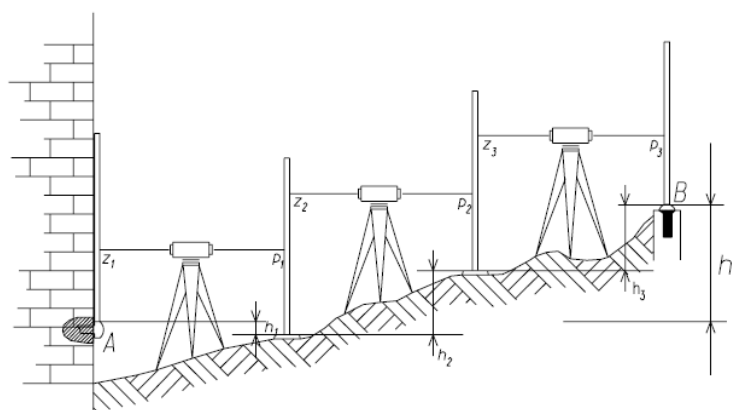
Výškopisný měřický náčrt obsahuje barvy: hnědou, červenou a černou. Hnědou barvou jsou zakreslovány podrobné body určené tachymetricky, průběh čar terénní kostry, průběh horizontál, terénní svahy a technické šrafy. Polygonové pořady se vykreslují červenou střídavou čarou a rajóny červenou čárkovanou čarou. Černou se zaznamenávají prvky polohopisu, popisy, mapové značky a mimorámové údaje. [1]

6.7 Technická nivelace

Jedna z nejčastějších metod pro určení převýšení mezi body a poté i samotné výšky bodu je geometrická nivelace ze středu. Známe-li nadmořskou výšku alespoň jednoho z bodů, je možné vypočítat výšky u ostatních zaměřených podrobných bodů. Při měření určujeme laťový úsek vymezený horizontální přímkou danou nivelačním přístrojem. Z rozdílu čtení na lať vpřed a vzad určíme výsledné převýšení $h_{AB}=z-p$.

Jedno postavení přístroje se označuje termínem sestava. Více nivelačních sestav za sebou tvoří nivelační pořad. Přístroj stavíme do středu měřeného úseku a to do vzdálenosti přibližně 20m, kdy máme obraz latě optimálně zvětšený v zorném poli dalekohledu a naše čtení je přesné.

Podle toho, jaké přesnosti potřebujeme dosáhnout, rozlišujeme nivelaci na technickou nivelaci, přesnou nivelaci, velmi přesnou nivelaci a zvláště přesnou nivelaci. [4]



Obr. 24: Nivelační pořad [4]

7 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Po dokončení měření byla všechna data přenesena do počítače a následovalo jejich zpracování.

Došlo k výpočtu souřadnic bodů měřické sítě a vypočtení nivelačních a tachymetrických zápisníků. Získané souřadnice byly naimportované do grafického softwaru, kde byla vytvořena kresba a doplněna o vrstevnice.

Poslední krok zpracování bylo zhodnotit přesnost zaměření lokality.

7.1 Výpočetní práce

Veškeré zápisníky z měření byly z přístroje přetaženy pomocí softwaru Geoman ve formátu zápisníku *.ZAP.

Nejdříve byly vypočteny nivelační zápisníky a poté přibližné souřadnice bodů měřické sítě zjištěné metodou GNSS.

Č. B.	Y	X
4001	595668,05	1156838,16
4002	595631,42	1156853,56
4003	595632,64	1156824,03
4004	595600,70	1156842,86
4005	595585,55	1156863,04
4006	595572,08	1156872,58
4007	595541,98	1156887,23
4008	595518,15	1156922,17

Tab. 2: Přibližné souřadnice použité pro vyrovnání MNC

Polohové i výškové vyrovnání bylo provedeno ve výpočetním softwaru G-net/Mini, který je součástí softwaru VKM5 od firmy Ing. Svatopluk Sedláček. K vyrovnání byl použit zápisník obsahující proměření celé sítě a přibližné souřadnice bodů měřické sítě. Zápisník je součástí přílohy č. 6 a přibližné souřadnice jsou obsahem tab. č. 2. V prostředí softwaru G-net/Mini je použito pro určení bodů geodetických sítí vyrovnání metodou nejmenších čtverců. Software nám poskytuje protokoly s vyrovnanými souřadnicemi a výškami.

Podrobné body (jejich souřadnice a výšky) byly vypočítané pomocí softwaru GROMA v. 8, použitím funkce „POLÁRNÍ METODA DÁVKOU“. Veškeré zápisníky z měření a protokoly o výpočtech jsou součástí elektronické verze na CD.

Souřadnice bodů byly určovány v souřadnicovém polohovém systému S-JTSK, který využívá Křovákova dvojitého konformního kuželového zobrazení v obecné poloze na Besselově elipsoidu. Výšky byly vypočítány v závazném výškovém systému Bpv, kde za nulovou hladinovou plochu je považována střední hladina Baltského moře v Kronštadu.

Měřené délky byly opraveny o matematické a fyzikální korekce. Fyzikální korekce se zavádí z důvodu vlivu prostředí na vlnovou délku a byly zaváděny v průběhu měření zadáním hodnot aktuální teploty a tlaku. Měřené délky bylo nutné redukovat do tzv. nulového horizontu a dále zavést redukce ze zobrazení. Tyto redukce byly zavedeny v programu GROMA v. 8 při načtení zápisníku do softwaru.

7.2 Grafické zpracování

Grafické zpracování bylo realizované v softwaru MicroStation 95. Import bodů byl proveden pomocí příkazového řádku a příkazu “mdl l groma“.

Nejdříve byly nastaveny atributy textů a zobrazení bodů a poté byl proveden import souřadnic. Výšky bodů umístěné na nepevném povrchu byly zaokrouhleny na decimetry, výšky bodů měřické sítě a ostatních podrobných bodů na centimetry.

Po úpravě všech prvků byla kresba doplněna o hrany svahů, technické šrafy, mapové značky, prvky polohopisu a další náležitosti výkresu, mezi které řadíme legendu, hektometrickou síť, klad mapového listu v měřítku 1:500, severku, rám kladu listu a razítko.

Kresba byla vypracována v měřítku 1:500 a formát výkresu byl zvolen A2 z důvodu lepší přehlednosti veškerých prvků. Kresba je rozložena do 30 vrstev dle přiložené tabulky atributů v příloze č. 11. Kresba je vytvořena dle ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411.

Pro dokončení kresby byla v posledním kroku doplněna o vrstevnice, jejichž tvorba je popsána v další kapitole.

Pro každý bod měřické sítě byl vytvořen místopis a tabulka geodetických údajů v platném formuláři v prostředí softwaru MicroStation 95. Formuláře jsou součástí přílohy č. 5.

7.2.1 Tvorba vrstevnic

Do vyhotovené kresby byly pro zobrazení průběhu terénu zakresleny vrstevnice. Metody interpolace a konstrukce vrstevnic dělíme na ruční, poloautomatické a automatické (např. v softwaru ATLAS). V pokynech pro zpracování bakalářské práce je zadána metoda ruční a pomocí té byly vrstevnice zkonstruovány.

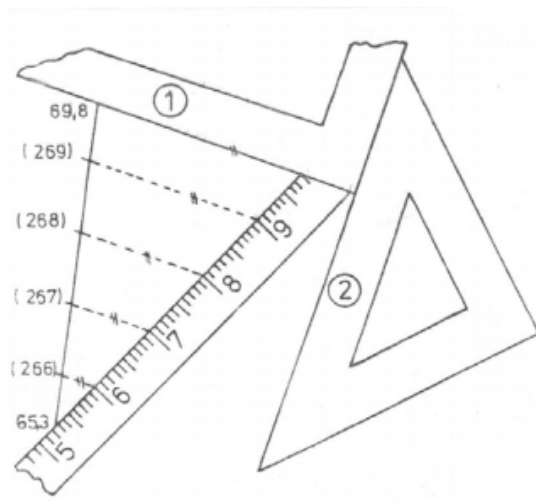
Ruční interpolaci je možné realizovat dvěma způsoby – početně a graficky, přičemž vždy interpolace spočívá v rozdělení spojnic bodů na stejné díly.

U map velkých měřítek volíme interpolaci lineární. Spád terénu mezi dvěma body je konstantní a rozestup vrstevnic též. Vrstevnice tvoří prostý průmět terénu do roviny.

Metodu morfologické interpolace používáme pro mapy menších měřítek. Mezi body nastává jiný než stejnoměrný sklon terénu. Vrstevnice proto přizpůsobujeme terénu.[25]

Protože je zvolené měřítko vyhotovované účelové mapy 1:500, byla pro vykreslení vrstevnic zvolena lineární grafická interpolace.

Interval základních vrstevnic je 1m, každá pátá vrstevnice je zvýrazněna tloušťkou čáry a to trojnásobkem tloušťky vrstevnice základní a obsahuje kótu o nadmořské výšce.



Obr. 25: Grafická interpolace[25]

7.3 Zhodnocení přesnosti

Polohová přesnost odpovídá kódu kvality 3, kde nesmíme překročit maximální hodnotu střední souřadnicové chyby $m_{xy}=0,14\text{m}$. Tato přesnost je stanovena dle ČSN 01 3410 [7].

Výšky podrobných bodů musí být určeny tak, aby maximum střední výškové chyby určení výšky bodů na zpevněném terénu nepřekročila kritérium $m_H=0,12\text{m}$. Ve většině případů byly body umístěny na nezpevněném terénu, kde platí střední výšková chyba $m_H=3 \times U_H=0,36\text{m}$.

Abychom dodrželi veškerá kritéria přesnosti, byl použit Návod pro obnovu katastrálního operátu[11], konkrétně část zaměřenou na obnovu katastrálního operátu novým mapováním, kde je požadován kód kvality podrobných bodů 3.

Pro dosažení dostačující přesnosti je nutné použít přístroj, který nám umožní měřit délky a úhly s přesností:

- střední chyba měřeného směru do 0,0010gon
- střední chyba měřené délky do 0,01m

Střední chyby byly porovnány s hodnotami, které udává výrobce přístroje (viz. kapitola 6.3), přístroj je dostačující pro zaměření.

7.3.1 Polohová přesnost

Body měřické sítě:

Body měřické sítě byly určeny metodou GNSS a poté bylo provedeno vyrovnaní vázané sítě metodou nejmenších čtverců s použitím naměřených dat z proměření sítě. Střední chyby všech vyrovnaných souřadnic bodů měřické sítě jsou uvedeny v protokolech přílohy č. 9.

Podrobné body:

Pro výpočet souřadnic podrobných bodů byla použita metoda polární a výpočetní vztah je tento:

$$Y = Y_A + s \cdot \sin \alpha \quad \alpha = \alpha_0 + \omega$$

$$X = X_A + s \cdot \cos \alpha$$

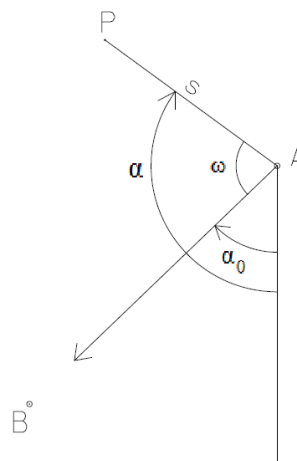
Y_A, X_Asouřadnice výchozího bodu

s vodorovná vzdálenost

ω vodorovný úhel

α směrnik na určovaný bod

α_0 směrnik k orientaci



Obr. 26: Polární metoda

$$m_{X,Y}^2 = \left(1 - \frac{s}{s_{AB}} \cdot \cos \omega + \frac{s^2}{s_{AB}^2} \right) \cdot m_{X,Y(A)}^2 + 0,5 \cdot (m_s^2 + s^2 m_\omega^2) + m_c^2$$

Rozeznáváme přesnost **relativní** (bez uvážení přesnosti výchozích bodů) a **souhrnnou** (s uvážení přesnosti výchozích bodů). Z důvodu zjištění maximální hodnoty střední souřadnicové chyby byla uvažována přesnost bodů měřické sítě

$m_{Y,X(A)} = 0,06\text{m}$, která byla vypočtena ze vzorce $m_{Y,X_A} = \sqrt{\frac{m_y^2 + m_x^2}{2}}$. Dále byl zvolen vodorovný úhel $\omega = 100\text{gon}$, délka na orientaci $62,31\text{m}$ a délka na určovaný bod $61,64\text{m}$.

Uvažované střední chyby dle údajů od výrobce:

$m_s = \pm 3\text{mm} + 2\text{ppm} = 0,0032\text{m}$ střední chyba měřené délky

$m_\omega = m_r \cdot \sqrt{2} = 0,0014\text{gon}$ $m_r = 10^{\text{cc}}$ střední chyba měřeného směru

$m_c = 0,002\text{m}$ střední chyba centrace optickým centrovačem

Výsledná hodnota střední souřadnicové chyby určení polohy podrobného bodu je $m_{X,Y} = 0,09\text{m}$. Hodnota střední souřadnicové chyby určení polohy bodů je menší než maximální hodnota při kódu kvality 3 $m_{X,Y} = 0,14\text{m}$. Zvolenou metodu můžeme považovat za vyhovující.

7.3.2 Výšková přesnost

Výšky podrobných bodů byly určovány trigonometricky a to dle vztahu:

$$H_P = H_A + s \cdot \cos z + v_p - v_c + \frac{s^2(1 - k)}{2R}$$

H_A nadmořská výška výchozího bodu

s měřená šikmá vzdálenost

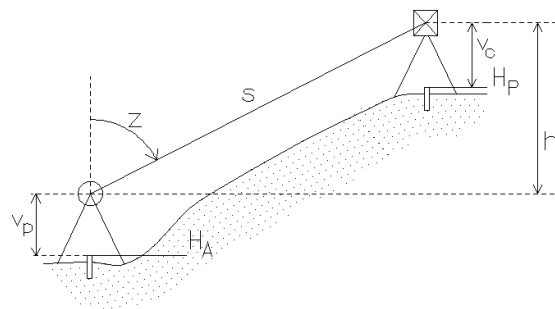
z zenitový úhel

v_pvýška přístroje

v_c výška cíle

k refrakční koeficient

R poloměr Země



Obr. 27: Trigonometrické určení výšky

Při vzdálenostech do 100m můžeme při podrobném měření poslední člen zanedbat.

Podle zákona hromadění středních chyb se střední chyba výšky podrobného bodu vypočítá dle vzorce:

$$m_H^2 = m_{H_A}^2 + \cos^2 z \cdot m_s^2 + s^2 \cdot \sin^2 z \cdot m_z^2 + m_{v_p}^2 + m_{v_c}^2$$

Pro výpočet použijeme nejmenší naměřený zenitový úhel $z=73,6028\text{gon}$ a dále použijeme délku 61,64 m.

$$m_s=0,0032\text{m}$$

$$m_z=0,0010\text{gon}$$

$$m_{v_p}=m_{v_c}=0,002\text{m (měřeno svinovacím metrem)}$$

$$m_{H_A}=0,03 \text{ (maximální střední výšková chyba zjištěna vyrovnáním)}$$

Po dosazení těchto hodnot získáváme střední chybu určení výšky podrobného bodu **$m_H=0,03\text{m}$** . Metoda pro určení výšky podrobných bodů je dostačující.

8 ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je účelová mapa severní části lokality Orinoko v katastrálním území Obřany v měřítku 1:500. Území je charakteristické svou členitostí, na kterou musel být brán zřetel při podrobném měření i konstrukci vrstevnic.

Pro vyhotovení účelové mapy bylo potřebné provést nejdříve rekognoskaci terénu, při které proběhlo vyhledání bodů z databáze bodových polí dostupných na stránkách ČÚZK. V okolí měřeného území nebylo možné použít žádný bod PPBP, proto byla zvolena metoda GNSS pro připojení měřické sítě do polohového systému. Pro výškové připojení byla zvolena metoda technické nivelace. Poté proběhlo podrobné polohové a výškové zaměření jednotlivých bodů terénu. Body byly umísťovány na základní čáry terénní kostry – hřbetnice a údolnice, čímž došlo ke generalizaci a tím bylo docíleno pečlivého zachycení průběhu terénní plochy. Měřená data byla přenesena do počítače a zpracována nejdříve v softwaru G-net/Mini, softwaru GROMA v. 8 a následně byla převedena do grafického softwaru MicroStation 95. Dle měřického náčrtu byla vytvořena kresba, do které byly v posledním kroku ručně zkonstruovány vrstevnice.

Vyhotovená účelová mapa odpovídá požadavkům pro kód kvality 3, který je stanoven dle ČSN 01 3410. Charakteristickými hodnotami pro tento kód je střední souřadnicová chyba určení polohy podrobných bodů 0,14m a střední výšková chyba 0,12m (0,36m pro nepevněný terén).

Výsledný elaborát obsahuje účelovou mapu zadané lokality v polohovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv a kompletní dokumentaci o vytvoření mapy. Součástí bakalářské práce je několik příloh, které jsou obsaženy na CD-ROM nosiči.

9 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] FIŠER, Zdeněk, VONDRÁK, Jiří, a kolektiv. *Mapování*. Vyd. 2., V Akademickém nakl. CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-7204-472-9.
- [2] VEVERKA, Bohuslav a Růžena ZIMOVÁ. *Topografická a tematická kartografie*. Praha: ČVUT, 2008, 198 s.
- [3] HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Praha: ČVUT, 2006, 320 s.
- [4] VONDRÁK, Jiří. *Geodézie II: Geodetická cvičení II*. Brno, 2004.
- [5] KUČA, Karel. *Brno: vývoj města, předměstí a připojených vesnic*. Vyd. 1. Praha: Baset, 2000, 644 s. ISBN 8086223116.
- [6] FIŠER, Zdeněk. *Mapování*. Brno: CERM, 2003, 146 s. ISBN 80-214-2337-4.
- [7] ČSN 01 3410 *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. Praha: Vydavatelství norem. 1990. 19s.
- [8] ČSN 01 3411 *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*. Praha: Vydavatelství norem. 1990. 43s.
- [9] ŠVÁBENSKÝ, Otakar; VITULA, Alexej; BUREŠ, Jiří. *Inženýrská geodézie I. GE16 Modul 01. Základy inženýrské geodézie*. Brno, 2006. 102s.
- [10] ŠVÁBENSKÝ, Otakar; VITULA, Alexej; BUREŠ, Jiří. *Inženýrská geodézie I. GE16 Modul 03. Návod ke cvičením*. Brno, 2006. 161s.
- [11] *Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod*. Praha: ČÚZK. 2009. 59s.
- [12] ČESKÝ ÚŘAD GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ. *Státní mapa 1:5000 – odvozená*. Český úřad geodetický a kartografický, 1988.
- [13] Globinfo. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://www.globinfo.cz/Mapy_reliefu.html
- [14] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*, VŠB-TU, Ostrava, 2002. 200 s. ISBN 80-248-0124-8, Dostupné z: <http://gis.vsb.cz>
- [15] Wikipedia. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Brno-Malom%C4%9B%C5%99ice_a_Ob%C5%99any#mediaviewer/File:Brno_M%C4%8C_Brno-Malom%C4%9B%C5%99ice_a_Ob%C5%99any.png

- [16] Wikipedia. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Brno-Malom%C4%9B%C5%99ice_a_Ob%C5%99any
- [17] Město Vsetín. In: [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://www.mestovsetin.cz/VismoOnline_ActionScripts/Image.ashx?id_org=18676&id_obrazky=2027&datum=4%2E2%2E2007+11%3A48%3A18
- [18] VÚGTK [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- [19] Kontaminovaná místa. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: <http://kontaminace.cenia.cz/>
- [20] Geodetické GNSS systémy Trimble. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-650820/022543-366E-CZE_GNSS_Portfolio_BRO_0114_LR.pdf
- [21] EFT GNSS. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: <http://www.eft-gnss.ru/catalog/controllers/trimble/trimble-slate>
- [22] Geoserver.cz. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://www.geoserver.cz/nivelacni-pristroje-akcni-sety-prislusenstvi-stativy-late/opticke-nivelacni-pristroje/nivelacni_pristroj_topcon_at_g4_bonus-119
- [23] Geoserver.cz. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://www.geoserver.cz/zbozi_files/919/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf
- [24] Wikipedie [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Brno-Malom%C4%9B%C5%99ice_a_Ob%C5%99any#/media/File:Brno-Malom%C4%9B%C5%99ice_znak.svg
- [25] LENČEŠ, Mário. [online]. [cit. 2015]. Dostupné z: http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20%28semester%201%20-%2010%29%20-%20-/3-semester/BE01%20-%20Geodezie/vyukove_texty/1838.pdf

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

S-JTSK	souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	výškový systém Balt po vyrovnání
ČSN	česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
GNSS	Global Navigated Satellite System
GPS	Global Positioning System
RTK	Real Time Kinematic
VRS	virtuální referenční stanice
MNČ	metoda nejmenších čtverců
PPBP	podrobné polohové bodové pole

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Znak městské části
Obr. 2	Městská část Maloměřice a Obřany
Obr. 3	Území Kamčatka
Obr. 4	Fabriciova mapa Moravy – Vsetín
Obr. 5	Lehmannovy šrafy
Obr. 6	Barevná hypsometrie
Obr. 7	Tvary na vrcholové části vyvýšeniny
Obr. 8	Svahový hřbet
Obr. 9	Spočinek se svahovou kupou
Obr. 10	Žebro, výčnělek, terasa
Obr. 11	Terénní stupně
Obr. 12	Úžlabí
Obr. 13	Rýha, zářez
Obr. 14	Nánosový suťový kužel
Obr. 15	Rokle
Obr. 16	Údolí, úžlabina, údolní zářez
Obr. 17	Terénní vlny, raveny (ve velkém měřítku)
Obr. 18	Kosmický segment
Obr. 19	Umístění lokality
Obr. 20	Měřené území
Obr. 21	Trimble R4
Obr. 22	TOPCON GPT-3003N
Obr. 23	TOPCON AT-G4
Obr. 24	Nivelační pořad
Obr. 25	Grafická interpolace
Obr. 26	Polární metoda
Obr. 27	Trigonometrické určení výšky

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Nepřístupné body PPBP
Tab. 2	Přibližné souřadnice použité pro vyrovnání MNČ

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Měřické náčrty (elektronické)
Příloha č. 2	Klad měřického náčrtu (elektronické)
Příloha č. 3	Přehled měřické sítě (elektronické)
Příloha č. 4	Účelová mapa (elektronické / tištěné 4xA4)
Příloha č. 5	Geodetické údaje (elektronické)
Příloha č. 6	Zápisníky měření (elektronické)
Příloha č. 7	Zápisníky technické nivelace (elektronické)
Příloha č. 8	Protokoly z GNSS (elektronické)
Příloha č. 9	Vypočtené protokoly (elektronické)
Příloha č. 10	Seznamy souřadnic (elektronické)
Příloha č. 11	Tabulka vrstev a atributů (elektronické)
Příloha č. 12	Fotografie lokality (elektronické)

Poznámka: Tištěné přílohy jsou volně vloženy.