

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

TVORBA ÚČELOVÉ MAPY V MORAVSKÉM KRASU

CREATION OF THEMATIC MAP IN MORAVIAN KARST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

IVANA STOLÁROVÁ

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

ING. PETR KALVODA, PH.D.

SUPERVISOR

BRNO 2014



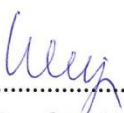
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

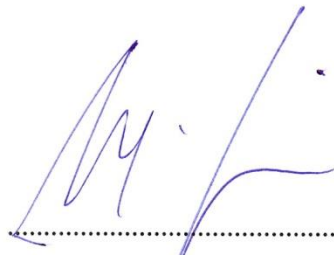
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Stolárová Ivana
Název Tvorba účelové mapy v Moravském krasu
Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
Vedoucí ústavu




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

Podklady a literatura

1. ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 108 s.
2. ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 20 s.
3. URBAN, J. Digitální model terénu. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1991. 60 s. ISBN 80-010-0553-4.
4. FIŠER, Z; et al. Mapování. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 146 s. ISBN 80-7204-472-9.
5. HUML, M.; MICHAL, J. Mapování 10. dotisk 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 320 s. ISBN 978-80-01-03166-7.
6. Manuály a uživatelské příručky sw Atlas DMT dostupné z WWW:
<http://www.atlasltd.cz/main.php?hkey=sw&a=25>.
7. Technologický postup pro technickou nivelaci, Český úřad geodetický a kartografický, Praha 1984.
8. VÚGTK. Odborný slovník. Vugtk.cz [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-1-16]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
9. ČSN ISO 690. Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 40 s. Třídící znak 01 0197.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Zaměřte tachymetricky část lokality Holštejn obsahující Novou Rasovnu (stupeň generalizace zvolte odpovídající měřítku 1:500 a 3. třídě přesnosti dle ČSN 01 3410). Dodržte kritéria přesnosti podrobných bodů daná 3. třídou přesnosti dle ČSN 01 3410. Pro účel podrobného měření vybudujte síť pomocných měřických bodů připojenou do S-JTSK a Bpv. Ke zpracování použijte vhodný software. Na základě získaných dat vypracujte účelovou mapu v měřítku 1 : 500, souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Prvky obsahu mapy budou vyjádřeny v souladu s ČSN 01 3411.

Struktura bakalářské/diplomové 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. Petr Kalvoda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalárska práca rieši problematiku tvorby účelovej mapy v krasovom reliéfe, konkrétne v oblasti prepadania potoka *Bílá voda* do priestorov jaskyne *Nová Rasovna*. Lokalita sa nachádza v severovýchodnej časti Moravského krasu. Na začiatku prác je nutné vybudovať vhodnú sieť meračských stanovísk - v tomto prípade išlo o polygónový ťah obojstranne pripojený, obojstranne orientovaný. Ďalej nasledovalo tachymetrické zameranie situácie s generalizáciou zodpovedajúcou mierke 1:500, 3. triede presnosti a následná tvorba vrstevníc. Podrobné body boli zamerané polárnou metódou a pripojené do systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Grafické spracovanie prebehlo v softwari Microstation. Práca má slúžiť k presnej orientácii v zadanej lokalite a zároveň pre potreby správy Chránenej krajinnej oblasti Moravský kras.

Klíčová slova: Účelová mapa, GNSS, tachymetria, polárna metóda, vrstevnice

Abstract

Bachelor thesis deals with creation of thematic map in karst surface, specifically in the area of sagging Bílá voda brook to the cave Nová Rasovna. Location is situated in North – East part of the Moravian Karst. At the beginning it is necessary to create suitable surveying network, which was created by polygon two-side attached and two-side oriented. It was followed by tachometry survey of situation with generalization suitable to map scale 1:500 and 3th accuracy class and finally creation of contour lines. Survey of detail points of planimetry and altimetry parts was realized by the polar method and they were attached to system S-JTSK and Bpv. Graphic processing was realized in system Microstation. Thesis should be used as an accurate orientation in location and also for needs of administration of PLA Moravský kras.

Keywords: Thematic map, GNSS, tachometry, polar method, contour line

Bibliografická citace

STOLÁROVÁ, Ivana. Tvorba účelové mapy v Moravském krasu: bakalářská práce.

Brno 2014. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, Ústav geodézie. 46s.,

9. Příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

Prehlásenie:

Prehlasujem, že túto bakalársku prácu - Tvorba účelové mapy v Moravském krasu som vypracovala a napísala samostatne, pod vedením vedúceho bakalárskej práce Ing. Petra Kalvody, Ph.D. a uviedla som v zozname všetky použité literárne a odborné zdroje.

V Brne dňa 30.5.2014

Ivana Stolárová

**PREHLÁSENIE O ZHODE LISTINNEJ A ELEKTRONICKEJ FORMY
VŠKP**

Prehlasujem, že elektronická forma odovzdanej bakalárskej práce je zhodná s odovzdanou listinnou formou.

V Brne dne 30. 5. 2014

Ivana Stolárová

Pod'akovanie:

Touto cestou by som chcela poďakovať ľuďom, ktorí mi pri tvorbe práce pomáhali, menovite pánovi Janovi Soldánovi a Marekovi Vitulovi a predovšetkým Ing. Petrovi Kalvodovi, PhD. za jeho pripomienky a odborné rady.

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Lokalita	12
2.1 Popis lokality.....	12
2.2 CHKO Moravský kras.....	12
2.3 Geológia, hydrológia, geomorfológia	14
2.3.1 Geologické pomery	14
2.3.2 Hydrologické pomery	14
2.3.3 Geomorfologické pomery	14
2.4 História.....	15
2.4.1 Hrad Holštejn.....	15
2.4.2 Nová Rasovna	16
3. Teoretický základ.....	17
3.1 Mapa.....	17
3.1.1 Účelové mapy	18
3.1.2 Vznik účelových máp	18
3.1.3 Delenie účelových máp.....	18
3.2 Metódy určenia meračských stanovísk	19
3.2.1 Technológia GNSS	19
3.2.2 Metóda rajónu	20
3.3 Mapovanie výškopisu.....	20
3.3.1 Plošná nivelácia	21
3.3.2 Tachymetria	21
3.4 Znázornenie výškopisu.....	21
3.4.1 Pomocou kót	22
3.4.2 Pomocou vrstevníc.....	22
3.4.3 Pomocou technických šráf.....	23
4. Meračské práce	24
4.1 Prípravné práce a rekognoskácia v teréne	24
4.2 Použité prístroje a pomôcky.....	25
4.3 Príprava prístrojového vybavenia a pomôcok.....	25

4.4	Budovanie meračskej siete	26
4.4.1	Spôsob stabilizácie meračských stanovísk	26
4.4.2	GNSS	27
4.4.3	Polygónový ťah.....	27
4.4.4	Zahustenie meračskej siete	28
4.5	Meranie podrobných bodov	29
4.5.1	Tachymetria	29
4.5.2	Meračský náčrt.....	30
5.	Výpočtové práce	31
5.4	Prenos a spracovanie meraných dát	31
5.5	Výpočet bodov pomocnej meračskej siete.....	31
5.6	Výpočet podrobných bodov	33
5.7	Testovanie presnosti.....	34
5.7.1	Testovanie presnosti polohopisu.....	34
5.7.2	Testovanie presnosti výškopisu	35
6.	Grafické práce.....	37
6.4	Konštrukcia kresby.....	37
6.5	Spôsoby znázorňovania výškopisu	39
6.5.1	Výškové kóty	39
6.5.2	Vrstevnice	39
6.5.3	Technické šrafy.....	40
7.	Záver	41
8.	Zoznam použitej literatúry	42
9.	Zoznam použitých skratiek	44
10.	Zoznam použitých obrázkov a tabuliek	45
10.1	Zoznam použitých obrázkov	45
10.2	Zoznam tabuliek	45
11.	Zoznam príloh.....	46

1. Úvod

Moravský kras je najväčším a najvýznamnejším krasovým územím Českej republiky (ďalej ČR). Tunajší reliéf bol tisícročia formovaný najmä prírodnými faktormi a to predovšetkým pôsobením hydrologických, klimatických a geologických faktorov. Práve činnosť vody sa najviac odrazila vo výraznej členitosti terénu. Vďaka eróznemu pôsobeniu na tu prítomné vápence vybudovala bohatú sieť jaskýň a skalných útvarov.

Bakalárska práca je zameraná na tvorbu účelovej mapy v severovýchodnej časti Moravského krasu, konkrétne v katastrálnych územiach obcí Holštejn a Lipovec. Zadaná lokalita zahŕňa jaskyňu *Nová Rasovna*, časť riečišťa potoka *Bílá voda* a zároveň jeho prepádanie v spomínanej jaskyni. V lokalite sa nachádza aj zrúcanina hradu *Holštejn*. Celé územie patrí do Prírodnej rezervácie (ďalej len PR) *Bílá voda* a zároveň do Chránenej krajiny oblasti (ďalej len CHKO) Moravský kras.

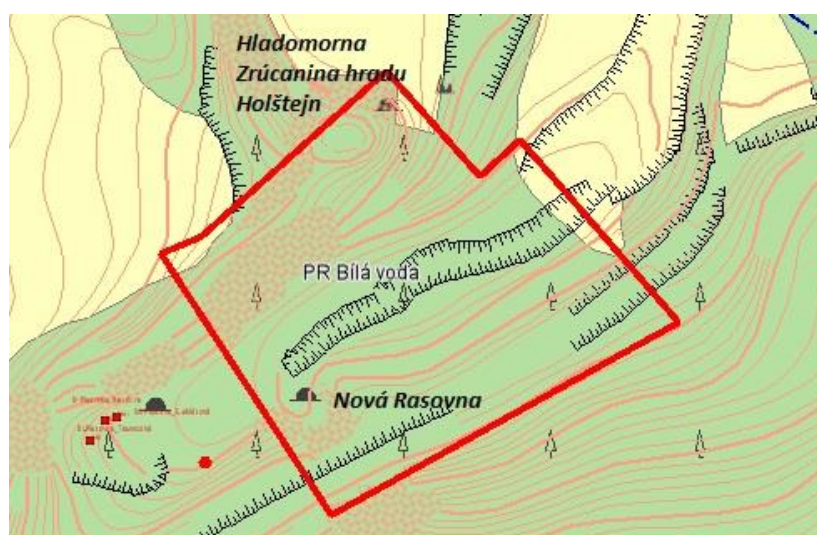
Téma vznikla na základe spolupráce Správy CHKO Moravský kras a Ústavu geodézie. Tá požiadala o zmapovanie z dôvodu potreby podrobných výškových a polohopisných informácií. Keďže lokalita nadväzuje na práce iných kolegov, spoločne budú poskytovať komplexné informácie o území.

Meračské práce začali budovaním siete stanovísk polygónovým ťahom obojstranne pripojeným, obojstranne orientovaným. Tieto stanoviská boli podľa potreby zahustené metódou rajónu. Body určené metódou GNSS zabezpečili pripojenie do súradnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Nasledovala etapa podrobného mapovania. Podrobné body boli určené polárnou metódou. Volené boli tak, aby zodpovedali mierke výslednej mapy 1:500. Celá práca je vyhotovená v súlade s ČSN 01 3410 *Mapy velkých měřítek* v grafickom programe Microstation.

2. Lokalita

2.1 Popis lokality

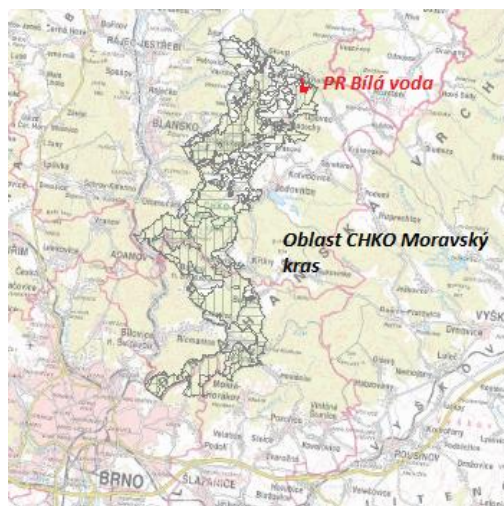
Zadaná lokalita patrí do PR *Bílá voda* a leží v severovýchodnej časti CHKO *Moravský kras*. Celá rezervácia sa nachádza v Holštejskom údolí, ktorým preteká potok *Bílá voda*. Ten sa prepadá pod zem v priestoroch jaskyne *Nová Rasovna*. Lokalita patrí do katastrálneho územia obce Holštejn a malou časťou zasahuje aj do katastrálneho územia obec Lipovec. Nachádza v bezprostrednej blízkosti obce Holštejn, severovýchodne od obce Ostrov u Macochy a severozápadne od obce Lipovec. Lokalita je zo severu ohraničená hranicou ornej pôdy a zrúcaninou hradu Holštejn, východnú hranicu tvorí hranica lesa, z juhu je ohraničená skalnými útvarmi a zo západu nadväzuje na lokalitou môjho kolegu Jána Soldána.



Obrázok 1: Zaujmová lokalita (ČUZK 2006)

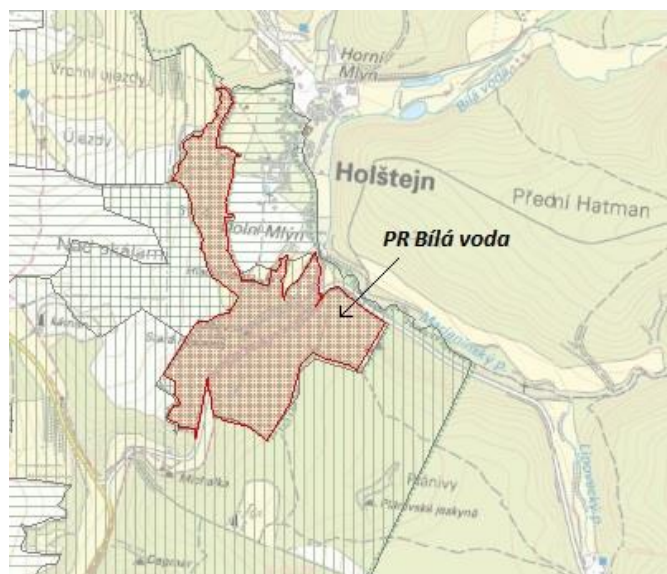
2.2 CHKO Moravský kras

Moravský kras je najrozsiahlejšou a najlepšie vyvinutou krasovou oblasťou ČR. Bol vyhlásený za chránenú krajinnú oblasť už v roku 1956, čo ho činí druhou najstaršou CHKO na území ČR. Jeho rozloha je v súčasnosti 92 km². Rozprestiera sa v severnej oblasti *Jihomoravského kraje* v geomorfologickom celku *Drahanská vrchovina*. Vyvinutý je v 3-6 km širokom a 25 km dlhom pruhu vápencov, ktorý sa tiahne od Brna až po obec *Sloup*. Najcennejšie časti sú chránené v 11 PR, 4 národných PR a 2 národných prírodných pamiatkach. Jednou z nich je aj PR *Bílá voda* ktorej časť je predmetom tejto práce. (Správa CHKO Moravský kras 2014)



Obrázok 2: Oblast' CHKO Moravský kras s vyznačením PR Bílá voda (Správa CHKO Moravský kras 2012)

PR Bílá voda sa rozprestiera v okrese Blansko, v katastrálnych územiach obcí Holštejn a Lipovec južne od obce Holštejn. Rozloha rezervácie je cca 32 ha. Dôvodom zvýšenej ochrany je ponorné poloslepé Holštejnské údolie rovnomenného potoka s výrazne členitým krasovým reliéfom (škrapy, závrty) a výskytom jaskýň (Nová a Stará Rasovna, Hladomorna, Piková dáma,..). Významná je aj prirodzeným porastom listnatých drevím a bohatou škálou bujných bylín z ktorých mnohé sa radia medzi ohrozené druhy. (Správa CHKO Moravský kras 2014)



Obrázok 3: oblasť PR Bílá voda (Správa CHKO Moravský kras 2012)

2.3 Geológia, hydrológia, geomorfológia

2.3.1 Geologické pomery

Na súčasnej morfológii Moravského krasu je viditeľný zložitý geologický vývoj, ktorý súvisí s niekoľkonásobným (tzv. polyfázovým) krasovatením. Skalné podložia tvoria granitoidy Brnenského masívu a siliciklatika (na kremeň bohaté úlomkovité sedimenty). Vlastný geologický vývoj začal v období staršieho devonu, kedy došlo k poklesu východného okraja Brnenského masívu a zaplaveniu morom (pieskovce, zlepenec). Neskôr sa vytvorili ideálne podmienky pre rast a rozvoj organizmov (napr. koraly). Vápnité schránky týchto organizmov tvoria základný stavebný kameň vápencov Moravského krasu. Najmohutnejší a najlepšie vyvinutý komplex karbonátov je reprezentovaný organogénnymi vilémovickými vápencami, ktoré z chemického hľadiska vytvárajú ideálne podmienky pre vznik krasových javov. Poslednú významnú vrstvu tvoria terciárne íly, piesky a štrky. Práve štrky v koryte potoka *Bílá voda* údajne dosahujú hrúbku až 50 m. (A. Paseka, 2009)

2.3.2 Hydrologické pomery

Potok *Bílá voda* preteká od obce Holštejn poloslepým údolím medzi vápencovou kryhou na ktorej stojí hrad Holštejn a územím, na ktorom je postavená cesta č. III/3783. Vodný stav potoka je značne premenlivý – závisí na množstve dažďových zrážok, odpare a ročnom období. Najvyšší vodný stav býva zákonite vo februári alebo pri povodniach. Za daných podmienok dochádza k prelivu vody cez nadmorskú výšku 450 m a voda odteká do priestorov jaskyne *Stará Rasovna*. V období sucha je koryto vysušené, čo umožňuje prístup do jaskynných priestorov. (A. Paseka, 2009)

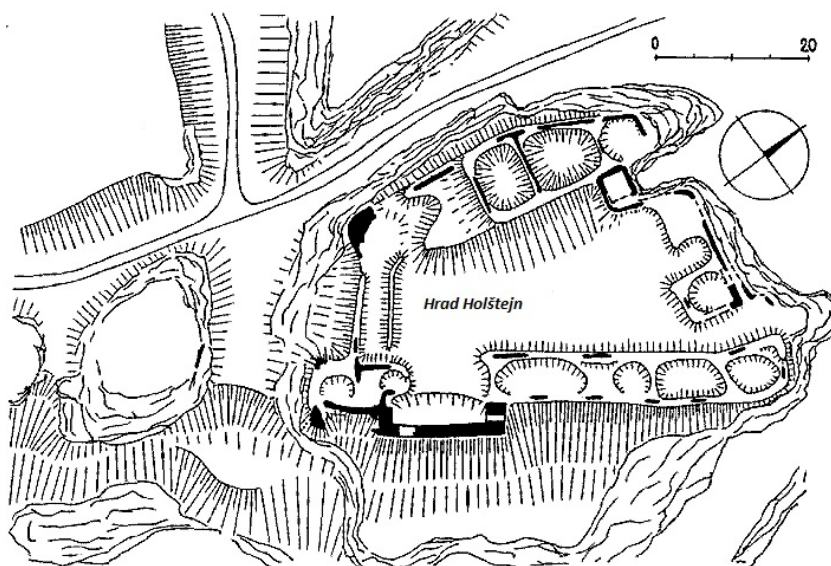
2.3.3 Geomorfologické pomery

Údolie potoka je hlboko zarezané a vyplnené hrubou vrstvou sedimentov. Bolo vyformované predovšetkým dažďovou a riečnou eróziou. Priľahlé strmé svahy nesú znaky skalných rútení – významná najmä oblasť okolo prepádania v *Nové Rasovne* – tu sa odohralo pravdepodobne najväčšie zrútenie v roku 1965, kedy sa oddelili veľké bloky skalnej steny. Dnes je stabilita steny ohrozovaná predovšetkým eróznou činnosťou mrazu, čoho dôsledkom bolo aj oddelenie ďalších menších skalných blokov. (A. Paseka, 2009)

2.4 História

2.4.1 Hrad Holštejn

Hrad bol založený v roku 1268 *Hartmanem*, synom moravského pána Crhy z *Ceblovic*. Rod však vymrel a na začiatku 14. Storočia panstvo spolu s hradom kúpil Vok z rodu *Hrutoviců*. Ten založil rod pánov z Holštejna – tí okrem sídla v Holštejne vlastnili aj hrady *Cimburk*, *Vartnov*, *Hluboký*, *Špránek* a ďalšie. Hrad obývali až do roku 1437. Od tohto roku hrad putoval od majiteľa k majiteľovi a od roku 1483 nebol vôbec udržiavaný a chátral. Od roku 1531 sa Holštejn uvádza ako pustý. (Obecní úřad Holštejn, 2009)



Obrázok 4: Zobrazenie zrúcaniny hradu Holštejn na mape (Čížek, Plaček 2002)

Hrad bol postavený na vápencovom ostrohu, na ktorom sa nachádza jaskyňa *Hladomorna* – v stredoveku zamurovaná a využívaná ako väzenie. Sama jaskyňa bola vysoká 17 m a jej rozmery boli 25x30 m. Pripojené k nej boli 4 menšie siene a existoval ukrytý prieduch na vyúsťujúci povrch, o ktorom však väčšina väzňov nevedela. Jaskyňa bola spojená s hradom umelo upraveným komínom. Podľa zachovalých zvyškov základov mal hrad tvar nepravidelného štvoruholníka a najväčšie rozmery 85x52 m. V súčasnosti sa zachovala len zrekonštruovaná časť jaskyne *Hladomorna* a zvyšky základov hradu. Juhozápadne od objektu hradu je plošina, na ktorej sa nachádzalo menšie predhradie, z ktorého viedol do hradu padací most ponad hlbokú priekopu. Pod hradom ležalo rovnomenné stredoveké mestečko, ktoré po opustení hradu zaniklo. (Obecní úřad Holštejn, 2009)



Obrázok 5: Časť zrúcaniny hradu

2.4.2 Nová Rasovna

Je súčasťou najväčšieho jaskynného systému v ČR – *Amatérské jeskyně*. O prvý prieskum sa pokúsili baníci na začiatku 19. st. V polovici 19. st. tu pôsobil Dr. Jindřich Wankel ktorý preskúmal asi 330 metrov chodieb. Koncom 19. st. sa objavuje zmienka o „okne“ na povrchu, ktorým je možné zostúpiť až do hĺbky 50 m. Tento vstup sa zachoval dodnes vedľa cesty III/3783. Na začiatku 20. st. začal v oblasti pracovať profesor Karel Absolon, ktorý objavil skoro kilometer neznámych chodieb. Celková dĺžka jaskyne presahuje dĺžkou chodieb 2 km. (Moravský speleologický klub 2004-2014)



Obrázok 6: Vstup do jaskyne Nová Rasovna

3. Teoretický základ

3.1 Mapa

Definícia: Mapa je zmenšený, generalizovaný, konvenčný obraz Zeme, kozmu, kozmických telies a ich častí, prevedený do roviny pomocou matematicky definovaných vzťahov (kartografickým zobrazením), ukazujúci v závislosti na danom účele polohu, stav a vzťahy prírodných, sociálne – ekonomických a technických objektov a javov, ktoré sú vyjadrené vizuálne znakovým systémom. (Huml 2006)

Mapy rozdeľujeme podľa rôznych hľadísk. Základnými faktormi sú spôsob zhotovenia, mierka mapy, obsah, kartografické vlastnosti.

Podľa **spôsobu zhotovenia** rozlišujeme mapy pôvodné, odvodené a čiastočne odvodené. Pôvodné mapy vznikajú spracovaním priamo zameraných dát rôznymi metódami (geodetickými, metódami GPS a fotogrametrickými metódami). Odvodené mapy vznikajú prepracovaním pôvodných máp (z väčšej mierky do menšej) prevažne fotogrametrickými metódami. Mapy čiastočne odvodené vznikajú kombináciou oboch spomínaných variant.

Podľa **mierky** sa mapy delia na technicko – inžinierske a obecno – kartografické. Technicko – inžinierske mapy sa delia na mapy veľkých mierok (do 1:5000), mapy stredných mierok (1:5000 – 1:200 000) a mapy veľkých mierok (1:200 000 a menšie). Obecno – kartografické mapy sa delia na topometrické (do 1:5000), podrobne topografické (1:5000 – 1:50 000), prehľadne topografické (1:100 000 – 1:200 000), topograficko – chronografické (1:200 000 – 1:1 000 000), chronografické (1: 1 000 000 a menšie).

Podľa **kartografických vlastností** sa mapy delia na základe toho, ktorý mapový prvok sa neskresľuje na konformné (neskresľujú uhly a teda sú najčastejšie používané v geodetickej praxi), ekvidistantné (neskresľujú dĺžky), ekvivalentné (neskresľujú plochy) a vyrovnávacie (čiastočne kompenzujú jedno skreslenie na úkor iného).

Podľa **obsahu** poznáme mapy polohopisné, polohopisné a výškopisné, výškopisné mapy. Mapy polohopisné obsahujú iba polohopisnú zložku a popis (napr. katastrálna mapa). Mapy polohopisné a výškopisné obsahujú polohopisnú aj výškopisnú zložku mapy s popisom (napr. mapy THM). Mapy výškopisné obsahujú iba výškopis,

väčšinou vo forme priesvitky s vrstevnicami priložené k mapám polohopisným. (Huml 2006)

3.1.1 Účelové mapy

Mapy s nadštandardným obsahom môžeme deliť na mapy tematické a účelové. Tematické mapy sú mapy obsahujúce špeciálne prvky, vyhotovujú sa v malých a stredných mierkach. Patria sem mapy štátneho mapového diela. Účelové mapy sú mapy obsahujúce okrem prvkov podkladovej mapy aj špeciálne prvky podľa účelu, pre ktorý vznikli. Tieto mapy sa používajú k plánovacím, projektovým, prevádzkovým, evidenčným, dokumentačným a iným účelom. (Huml 2006)

3.1.2 Vznik účelových máp

Vždy sa vyhotovujú vo veľkých mierkach (1:5000 a väčšie). Ako podklad pre vyhotovenie účelovej mapy slúži v súčasnosti najčastejšie ortofoto mapa. Účelové mapy vznikajú priamym meraním, prepracovaním (odvodením) alebo čiastočným odvodením z už existujúcich máp. Slúžia k lokalizácii javov a objektov na povrchu, pod povrchom a nad povrchom. Výsledkom tvorby účelovej mapy môže byť mapa grafická, číselná alebo digitálna. (Huml 2006)

3.1.3 Delenie účelových máp

Môžeme ich deliť na:

- **Základné** účelové mapy – sem patrí:
 - technická mapa mesta (TMM)
 - základná mapa závodu (ZMZ)
 - základná mapa diaľnice (ZMD)
 - základná mapa letiska (ZML)
 - jednotná železničná mapa staníc a tratí (JŽMST)
- Mapy **podzemných priestorov** – mapy jaskýň a podzemných chodieb s výnimkou baní, tunelov a objektov metra
- **Ostatné** účelové mapy – sem patrí: mapy pre projektové účely, mapy pre prevádzkové potreby organizácií, mapy pre pozemkové úpravy, mapy lesnícke a vodohospodárske, mapy sídlisk a iné (ČSN 01 3410 1990)

3.2 Metódy určenia meračských stanovísk

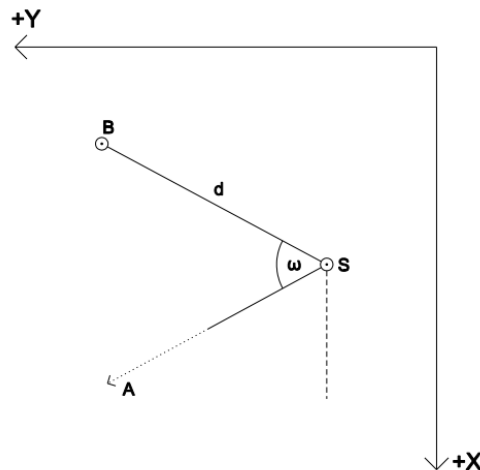
3.2.1 Technológia GNSS

Technológia GNSS je realizovaná pomocou systému GPS (globálny polohový systém) – na bode o známych súradniciach je umiestnený referenčný prijímač GPS (v ČR sieť referenčných staníc CZEPOS). Pri relatívnom určovaní polohy je na určovanom bode umiestnený prijímač GPS a je vykonané meranie. Dĺžka merania závisí na konkrétnej zvolenej metóde a požadovanej presnosti. Vždy je nutné vykonať časovo nezávislé kontrolné meranie (rôzne konfigurácie družíc). Výsledkom merania a výpočtu je relatívna poloha (vektor) určovaného bodu vzhľadom k prijímaču vyjadrená zložkami vektoru ΔX , ΔY , ΔZ . Výsledok je následne transformovaný do národného geodetického súradnicového systému. Metódy:

- **Statická** – oba prijímače sa nepohybujú, doba merania je 40 a viac minút. Využitie – presné aplikácie (geodynamika, bodové základy), dlhé vektory (až stovky km). Presnosť 3-5 mm.
- **Rýchla statická** – oba prijímače sa nepohybujú, doba merania je 15 – 20 minút, pričom vzdialenosť určovaného a referenčného bodu je menšia ako 20 km. Využitie – určenie polohy bodu do presnosti 5-10 mm
- **Pseudokinematická** („stop & go“) – prijímač by mal byť inicializovaný, pri presune medzi určovanými bodmi musí prijímač prijímať signály od družíc GPS. Meranie na určovanom bode trvá cca 10 sekúnd. Relatívna presnosť 2 – 5 cm pri vzdialenosti do 20 km od referenčnej stanice.
- **Kinematická** – prijímač by mal byť inicializovaný, predmetom merania je dráha antény prijímača GPS – meranie sa zaznamenáva vo zvolenom intervale (0,1 sekundy a dlhšom). Využitie – na mobilných zariadeniach (monitoring trajektórií). Relatívna presnosť 3 – 5 cm pri vzdialenosti do 20 km od referenčnej stanice
- **Techniky GPS v reálnom čase** (RTK) – prijímač musí byť inicializovaný (cca 1 minútu), nutnou podmienkou je prijímanie dát z referenčnej stanice v reálnom čase (prenos dát sieťou - GSM), čo umožňuje prijímaču GPS vykonávať výpočty priamo na určovanom bode. Je možné vytyčovať. (Láska 2010)

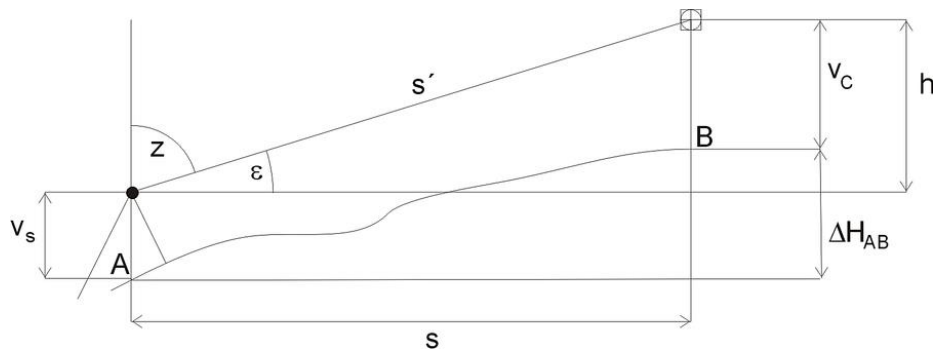
3.2.2 Metóda rajónu

Rajón je základným prvkom geodetických výpočtov. Rajón určuje meraný bod smerom a dĺžkou strany d , teda polárnymi súradnicami. Na základe meraných prvkov a súradníc daných bodov sa vypočítajú pravouhlé súradnice. (Huml 2006)



Obrázok 7: Schéma určenia polohy bodu rajónom

Výšky na stanoviskách sú určované trigonometricky. Princíp trigonometrického určovania výšok vyplýva z Obr. 7 – meraním šikmých dĺžok, zenitových uhlov, výšky stanoviska a výšky cieľa a následným výpočtom.



Obrázok 8: Princíp trigonometrického určovania výšok (Čada 2007)

3.3 Mapovanie výškopisu

Zemský povrch sa pri mapovaní výškopisu idealizuje a nahrádza sa topografickými plochami s generalizáciou miestnych nerovností, ktoré sú pre danú mierku bezvýznamné tak, aby výsledné znázornenie odpovedalo priebehu terénu. K získaniu výškopisnej zložky sa používajú metódy geodetické a fotogrametrické, prípadne sa využijú

výsledky predchádzajúcich výškopisných meraní a existujúce podklady. Voľba metódy merania podlieha požiadavkám na presnosť výškopisu, typu terénu a rozsahu mapovaného územia apod. (Huml 2006)

3.3.1 Plošná nivelácia

Používa sa pri doplňovaní výškopisu do polohopisného podkladu zobrazujúceho intravilán. Pokiaľ v polohopisnom podklade nie je zobrazený dostatočný počet bodov k vyjadreniu výškopisu, zamerajú sa polohovo ďalšie podrobné výškové body od najbližších zobrazených bodov. Dĺžky sa merajú v metroch na jedno desatinné miesto. K určeniu výšok podrobných bodov sa čítajú údaje na late v metroch na 2 desatinné miesta. (Huml 2006)

3.3.2 Tachymetria

Používa sa k súčasnému meraniu polohopisu aj výškopisu, ale aj k samostatnému domeraniu výškopisu do polohopisného podkladu. Pomocou tejto metódy určujeme polohu bodov v teréne z jedného stanoviska polárnymi súradnicami (uhol a dĺžka) vzhľadom k známemu bodu. Výšky sú určované trigonometricky. K orientácii osnovy smerov na stanoviskách sa použijú zámery na susedné stanoviská, pričom sa obojstranne zmerajú aj prvky pre výpočet prevýšení, aj keď sú výšky stanovísk dopredu určené niveláciou alebo metódou GNSS.

Podľa druhu použitého diaľkometra pomenúvame aj tachymetriu:

- **Nitkovú** – tachymetria univerzálnym teodolitom (napr. Zeiss THEO 020A)
- **Diagramovú** – použitie diagramového diaľkometru (napr. Zeiss DAHLTA 010 A)
- **Presnú tachymetriu** – meranie dvojobrazovými autoredukčnými diaľkomermi (napr. Zeiss Redta 002)
- **Elektronickú tachymetriu** – dnes najpoužívanejšie z uvedených, použitie elektronického diaľkometru (napr. TOPCON- GTS310) (Huml 2006)

3.4 Znázornenie výškopisu

Pri znázorňovaní výškopisu na mapách sa používa mnoho spôsobov – kóty, šrafy, vrstevnice, tieňovanie, farebná stupnica alebo kombinácia uvedených spôsobov. Pre mapy veľkých mierok sa v ČR používajú kóty, vrstevnice a technické šrafy. (Huml 2006)

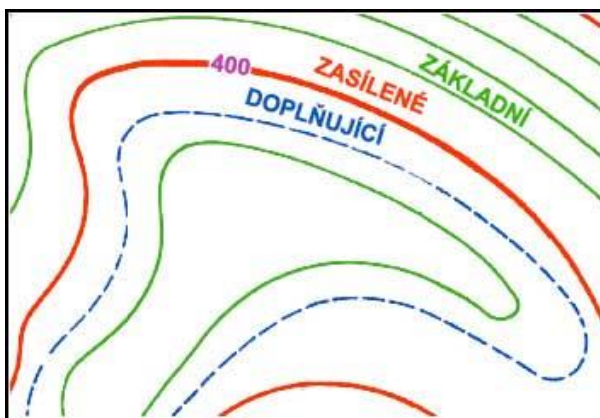
3.4.1 Pomocou kót

Informácie o výškových pomeroch sú sprostredkované uvedením absolútnej alebo relatívnej výšky (kóty) bodu. Relatívna výška je rovná rozdielu absolútnych výšok a používa sa pri kótovaní terénnych stupňov, priekop, násypov, výkopov apod. Kóty sa umiestňujú na význačných bodoch terénu (vrcholové tvary, rázcestia, vchody do budov apod.). Podávajú rýchlu a presnú informáciu o výške v teréne, avšak neposkytujú informáciu o tvare reliéfu. (Huml 2006)

3.4.2 Pomocou vrstevníc

Sú to zvislé priemety priesečnic terénneho reliéfu s vodorovnými rovinami, ktoré majú pravidelný rozstup od nulovej nadmorskej výšky. Inými slovami, sú to krivky spájajúce body s rovnakou nadmorskou výškou. Rozstup medzi vodorovnými rovinami sa nazýva interval. Interval sa volí v závislosti na mierke mapy, sklone terénu a prevýšení tak, aby minimálny rozstup vrstevníc na mape bol 0,2 – 0,3 mm a bolo možné ich vykreslenie v celkom priebehu a nedochádzalo k splynutiu.

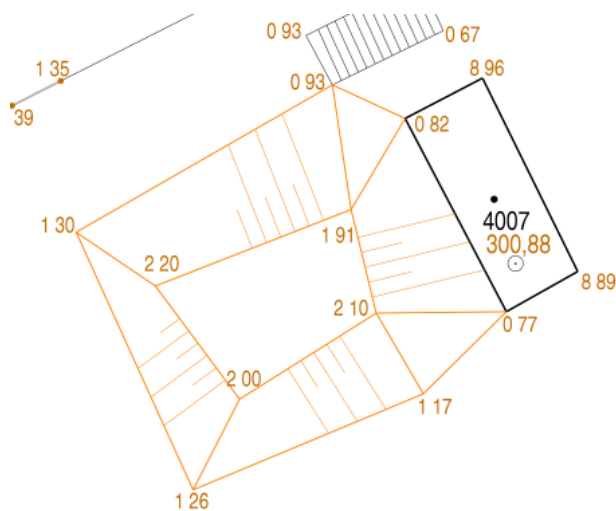
Pre každú mapu sa stanoví základný interval vrstevníc - u máp veľkých mierok je to spravidla 1 m. V plochom teréne alebo pri vrcholových tvarov býva základný interval príliš veľký – k presnejšiemu vyjadreniu terénu sa používajú vrstevnice doplnkové. K zlepšeniu čitateľnosti mapy a orientácie v nej sa používajú zdôraznené vrstevnice – vrstevnice vykreslené v celom svojom priebehu hrubou čiarou v päťnásobku základného intervalu. Tieto vrstevnice sa kótujú vždy tak, aby číslice boli orientované hlavou proti svahu. Pre lepšiu orientáciu o smere sklonu terénu sa doplňujú vrstevnice spádovkami. (Huml 2006)



Obrázok 9: Druhy vrstevníc (Airsoft military team 2013)

3.4.3 Pomocou technických šraf

Sú to striedavé dlhšie a kratšie čiarky v smere spádu. Podávajú informáciu o náhlej zmene sklonu terénu a musia byť doplnené absolútnou alebo relatívnou výškovou kótou pre zaistenie veľkosti uhlu sklonu. Technické šrafy v práci boli vytvorené pomocou MDL aplikácie MGEO. (Huml 2006)



Obrázok 10: Technické šrafy a kótovanie

4. Meračské práce

Práce v teréne prebiehali v niekoľkých etapách s prihliadnutím predovšetkým na vegetačné a klimatické podmienky. Keďže moja lokalita priamo susedí s lokalitou kolegu Jána Soldána, na mnohých častiach tvorby účelovej mapy sme pracovali spoločne.

27.06.2013 Rekognoskácia lokality

05.10.2013 Určenie známych bodov technológiou GNSS a zameranie polygónového ťahu obojstranne pripojeného, obojstranne orientovaného

22.11.2013 Meranie podrobných bodov č. 001 - 225

21.03.2014 Meranie podrobných bodov č. 226 - 525

28.03.2014 Meranie podrobných bodov č. 526 - 844

07.03.2014 Meranie podrobných bodov č. 649 - 845

14.03.2014 Meranie podrobných bodov č. 846 - 937

4.1 Prípravné práce a rekognoskácia v teréne

Na počiatku prípravných prác bolo potrebné zoznámiť sa s lokalitou a vykonať vlastnú obhliadku terénu - konkrétne s presnou polohou lokality, rozsahom územia a náročnosťou terénu. Na jej základe bolo možné vytvoriť si ucelený obraz o zamieravanom území. Malo to význam aj pre ďalšie nadväzujúce práce, najmä z hľadiska budovania pomocnej meračskej siete a plánovania podrobného merania.

Pri obhliadke boli zistené nasledujúce skutočnosti. Celou lokalitou prechádza turistický chodník (červená značka) vedúci k vstupom do jaskýň a k zrúcanine hradu. Na celej lokalite sa odrazila činnosť vody – terén nepravidelný s množstvom terénnych hrán, čomu bola prispôsobená aj voľba podrobných bodov. Obmedzením je prítomnosť skalného brala širokého približne 60 m, ktoré nebolo možné zmapovať.

Bodové pole v okolí lokality nebolo pre potreby práce dostatočné – v katastri obce Holštejn sa nachádzajú len 2 trigonometrické body č. 0934190250 a č. 0934190260 a pridružený bod 0934190261, nivelačný bod č. Kj1-13. Body PPBP sa v blízkosti zadanej lokality nenachádzajú. Vedúci práce dal k dispozícii miestopisné náčrty pomocných bodov nachádzajúcich sa priamo v zadanej lokalite, ktoré boli použité pri inej práci. Bohužiaľ, tieto body sa nepodarilo v teréne nájsť a teda nebolo možné použiť ich.

4.2 Použité prístroje a pomôcky

Prístroje a pomôcky, ktoré boli použité v rámci mapovacích prác zapožičal Ústav Geodézie, ÚAPP Brno v.v.i., poprípade sme si ich zabezpečili z vlastných zdrojov.

- totálna stanica Topcon GTS 226 (v. č. UN0100), totálna stanica Topcon GPT-3003N (v. č. 4D0513, 4D0515)
- prijímač Trimble R4-3
- statív pre totálnu stanicu
- odrazový hranol Topcon a Leica, držiak, tyč
- pásmo (30 m), zvinovací meter (2 m)
- ostatné pomôcky: kladivo, výstražné reflexné vesty, roxory, ochranná páska

Tab. 1: Parametre totálnej stanice Topcon GTS 226 (Geometra 2006)

Zväčšenie ďalekohľadu	30x
Minimálne zaostrenie	0,5 m
Dosah dĺžkomeru: - hranolový mód	až 3000 m
Presnosť merania dĺžok	$\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$
Presnosť merania uhlov	3" (1.0 mgon)

Tab. 2: Parametre prijímača Trimble R4-3
(Trimble 2012)

Kinematické meranie RTK:	
- polohová presnosť	8 mm + 1 ppm RMS
- výšková presnosť	15 mm + 1 ppm RMS



Obrázok 11: Topcon GTS 226

4.3 Príprava prístrojového vybavenia a pomôcok

Príprava vybavenia je dôležitá z hľadiska vylúčenia hrubých chýb a omylov. Ďalšou snahou bolo vylúčiť niektoré systematické chyby správnym technologickým postupom pri danej metóde merania – sieť pomocných meračských stanovísk bola meraná vždy v 2 polohách ďalekohľadu.

Okrem iného, bola vždy pred meraním s totálnou stanicou prekontrolovaná konštanta hranolu a nastavenie atmosférických podmienok (teplota, približný atmosféricky tlak), ktoré ovplyvňujú presnosť diaľkomeru. Rovnako bolo dôležité skontrolovať mierkový faktor, čím by sa zabránilo prípadnému viacnásobnému zavedeniu matematických korekcií (korekcia z kartografického zobrazenia a z nadmorskej výšky). Mierkový faktor bol počas merania nastavený na hodnotu 1,000000.

4.4 Budovanie meračskej siete

Vzhľadom na súčasný stav polohového bodového poľa a k hustote lesného porastu, v ktorom sa lokalita nachádza bola meračská sieť budovaná zo 7 bodov určených metódou GNSS a to polygónovým ťahom obojstranne pripojeným, obojstranne orientovaným. Tieto body boli doplnené o stanoviská určené metódou rajónu.

4.4.1 Spôsob stabilizácie meračských stanovísk

Pre potreby práce boli využité 2 typy stabilizácie – pomocou meračského klinca v spevnenom a roxoru v nespevnenom teréne. Použitý meračský kliniec mal dĺžku 22 mm a bol použitý k stabilizácii bodu 4001 a 4003. Ostatné body boli stabilizované roxorom dlhým 400 mm s priemerom 10 mm opatreným ochrannou páskou a označeným geodetickým sprejom kvôli lepšej viditeľnosti a aby sa zabránilo náhodnému poškodeniu stanovísk. Hlavnou nevýhodou roxorov je nemožnosť opatrenia stabilizácie príslušným číslom bodu. Bolo teda nutné viesť prehľadný náčrt meračských stanovísk. Ďalšou nevýhodou je dočasnosť tohto druhu stabilizácie – v priebehu meračských prác došlo k poškodeniu bodov 4020, 4023 a preto nebolo možné ich ďalšie využitie. Geodetické údaje boli vyhotovené len k trvale stabilizovanému bodu 4001, pretože po dokončení meračských prác bol bod 4003 zničený.



Obrázok 12: Stabilizácia meračského stanoviska

4.4.2 GNSS

Z dôvodu nedostatočnej hustoty bodového pola v blízkosti lokality bolo bodové pole doplnené o body určené metódou RTK. Meranie bolo vykonané dva krát na každom bode pri rôznej konfigurácii družíc kvôli kontrole. Týmto spôsobom bolo zabezpečené pripojenie práce do štátneho súradnicového systému JTSK a výškového systému Bpv.

Tab. 3: Meranie stanovísk metódou RTK

Číslo bodu	Y	X	Z	Presnosť		Počet satelitov
				XY	Z	
4001	583729.99	1139715.16	467.48	0.015	0.026	10
4001B	583729.97	1139715.20	467.52	0.011	0.021	13
4002	583686.87	1139493.34	467.73	0.014	0.023	12
4002B	583686.91	1139493.32	467.75	0.011	0.020	10
4009	583305.59	1139217.94	460.38	0.010	0.017	13
4009B	583305.65	1139217.87	460.41	0.010	0.020	12
4010	583307.09	1139135.92	456.23	0.023	0.041	12
4010B	583307.11	1139135.89	456.23	0.010	0.019	14
4015	583769.43	1139347.91	499.41	0.011	0.016	16
4015B	583769.42	1139347.91	499.40	0.009	0.013	15
4017	583706.41	1139279.57	496.49	0.009	0.011	17
4017B	583706.40	1139279.58	496.49	0.009	0.011	17
4019	583661.36	1139274.79	493.20	0.011	0.015	15
4019B	583661.36	1139274.79	493.17	0.013	0.019	15

4.4.3 Polygómový ťah

Polygómový ťah bol vedený zo známeho bodu 4002 s orientáciou na bod 4001 na bod 4009 s orientáciou na bod 4010. Tieto body boli zriadené metódou GNSS. Ide teda o polygómový ťah obojstranne pripojený, obojstranne orientovaný. Polohovo je ťah vedený pozdĺž cesty č. III/3783 tak, aby boli dodržané všetky geometrické parametre pre určenie bodov PPBP.

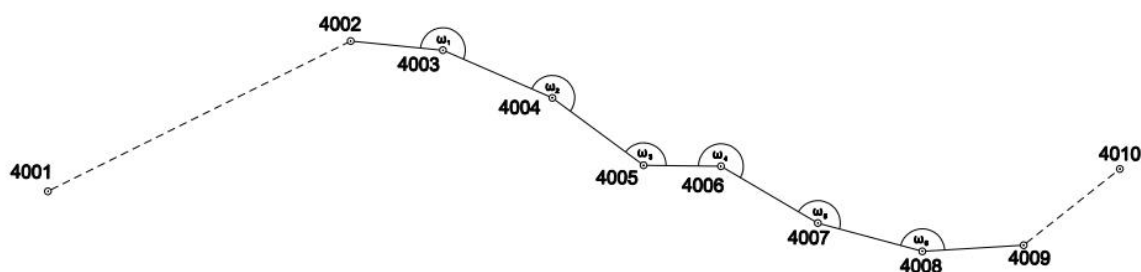
Pri meraní bola na počiatočnom a koncovom meraní osnova smerov a dĺžka na susedný bod vrcholu polygónu. Na jednotlivých vrchoch polygónu boli ďalej merané dĺžky a smery na susedný vrchol (predchádzajúci a nasledujúci). Všetky smery boli merané v jednej skupine (v dvoch polohách ďalekohľadu) aby došlo k minimalizácii prístrojových a systematických chýb. Dĺžky medzi susednými bodmi boli merané vždy dva krát obojsmerne. V konečnom dôsledku boli na každom stanovisku registrované vodorovné uhly, šikmé dĺžky, zenitové uhly, výška stanoviska a výška cieľa. Vďaka posledným

štyrom zmieňovaným prvkom bolo možné určiť aj výšky vrcholových bodov polygónu, a to trigonometricky. Týmto spôsobom boli zmerané 3 nadbytočné veličiny – jedna dĺžka a dva vrcholové uhly a teda bolo možné pristúpiť k vyrovnaniu uhlovému aj súradnicovému.

Limity pri tvorbe polygónových ťahov sú nasledujúce: musí byť zachovaný pomer strán medzi jednotlivými určenými bodmi (maximálne 1:3), celková dĺžka ťahu nesmie presiahnuť 2000 m, nesmie byť prekročené maximálne vybočenie ťahu a maximálny počet vrcholov. Všetky tieto podmienky boli splnené.

Tab. 4: Parametre polygónového ťahu

Počet nových bodov	6
Dĺžka ťahu	484,84 m
Najväčšia / najmenšia dĺžka v ťahu	79,84 m / 51,76 m
Pomer najväčšej / najmenšej dĺžky	1:1,5
Max. pomer susedných strán	1:1,5



Obrázok 13: Schéma meraného polygónového ťahu

4.4.4 Zahustenie meračskej siete

Zahustenie siete prebehlo metódou rajónu. Použitý bol maximálne 2 násobný rajón. Stanoviská boli zriaďované postupne, počas celej doby merania, podľa potreby. Dbalo sa na to, aby viditeľnosť medzi stanoviskami bola dobrá, čo zabezpečilo bezproblémové pripojenie na každom stanovisku s dostatočným počtom orientácií. Číslovanie týchto bodov nie je postupné, pretože sieť stanovísk bola meraná spoločne pre lokalitu môjho kolegu Jána Soldána a moju lokalitu. Niektoré stanoviská boli použité len ako orientácie (napr. 5002). Výšky na stanoviskách boli určené trigonometricky.

4.5 Meranie podrobných bodov

Pre potreby tejto práce bola použitá metóda tachymetrie s využitím elektronického diaľkomeru a GNSS.

Predmetom merania v rámci záujmovej lokality boli:

- Vstupy do jaskýň
- Závrtý
- Zrúcanina hradu Holštejn
- Potok *Bílá voda*
- Cestná komunikácia a turistické chodníky
- Dopravné značky
- Terénne hrany
- Hranice kultúr
- Skalné útvary
- Ďalšie podrobné body pre výpočet vrstevníc

4.5.1 Tachymetria

Pri tvorbe výškopisu je nevyhnutné poznať základné terénne tvary v prírode. Znalosť terénnych prvkov podmieňuje voľbu takých podrobných bodov, ktoré budú najlepšie charakterizovať tvar a priebeh terénnej plochy. Počet podrobných bodov sa volí v závislosti na mierke mapy – čím väčšia mierka, tým viac podrobných bodov. V mierke mapy 1:1000 volíme body obvykle vo vzdialenosti 25 – 30 m. V prípade tejto práce vyhotovenej v mierke 1:500 je vzdialenosť medzi podrobnými bodmi 12 – 15 m. V miestach, kde si priebeh terénu vyžadoval väčší počet bodov (napr. pri mapovaní potoka) táto zásada dodržaná nebola. Naopak v priestore skalného útvaru nebolo možné merať podrobné body kvôli bezpečnosti a preto je počet bodov nedostatočný.

Kontrolou správnosti merania a homogenity siete meračských stanovísk a ich prípadného poškodenia bolo nezávislé určenie vybraných podrobných bodov z dvoch pomocných meračských stanovísk. Jednalo sa o body jednoznačne identifikovateľné medzi dvoma susednými bodmi pomocnej meračskej siete. Keďže práca bola vyhotovovaná v extraviláne, drvivá väčšina týchto bodov bola stabilizovaná a zvýraznená sprejom.



Obrázok 14: Spôsob stabilizácie identických bodov

4.5.2 Meračský náčrt

Popri meraní podrobných bodov bol vedený meračský náčrt, do ktorého bola vopred zakreslená meračská sieť (body určené polygónovým ťahom a technológiou GNSS). Dbalo sa na dôslednosť a prehľadnosť pri vyhotovovaní meračského náčrtu tak, aby na jeho základe a nameraných údajov bolo možné kedykoľvek a kýmkoľvek vyhotoviť mapu. Náčrty boli vyhotovované na bielom kancelárskom papieri formátu A3 a priamo v teréne do nich bola zameriavaná situácia kreslená ručne ceruzkou.

Následne boli náčrty adjustované, očíslované. V meračskom náčrte sa červenou farbou označuje meračská sieť. Čiernou farbou sa označuje polohopisná zložka. Podrobné body sú označené hnedým krížikom a vlastným číslom bodu (číslovanie začínalo číslom 1 s postupnosťou +1), rovnako ako aj výškopisná zložka. Adjustované náčrty sú súčasťou prílohy

5. Výpočtové práce

Údaje získané v teréne boli zaznamenané na internú pamäť totálnej stanice. Tieto dáta bolo potrebné pred samotným výpočtom spracovať, prípadne opraviť a previesť do požadovaného formátu a tvaru.

V tejto etape sa najprv vypočítali pravouhlé súradnice a výšky pomocných meračských bodov podľa spôsobu ich zamerania. Následne pravouhlé súradnice a výšky podrobných bodov. Výpočtové práce boli prevedené vo výpočtovom programe Groma v. 8.0, ktorý je určený pre geodetické výpočty, jednoduchú grafiku a vedenie zoznamu súradníc.

5.4 Prenos a spracovanie meraných dát

Prenos meraných dát z vnútornej pamäte prístroja na iné pamäťové médium bol realizovaný za pomoci počítačového programu GeomanW. GeomanW je to geodetický manažér pre prenos a spracovanie dát z vnútornej pamäte všetkých typov totálnych staníc firmy Topcon. Tento prenos umožňuje aj zavedenie matematických korekcií pre merané dĺžky, teda korekciu z nadmorskej výšky a do kartografického zobrazenia a ich prevedenie zo šikmých na vodorovné, čo v tomto prípade využité nebolo. Matematické korekcie boli zavedené v programe Groma v.8.0 pri importe zápisníka meraní. Pre zavedenie týchto korekcií boli nastavené priemerné súradnice záujmového územia a jeho priemerná nadmorská výška – približné súradnice bodu 4006 (funkcia *Křovák*).

Tab. 5: Súradnice použité pre výpočet matematických korekcií

súradnice S-JTSK		nadmorská výška Bpv
Y	X	
583470	1139347	464

Výsledný mierkový faktor = **0,999831323191**

5.5 Výpočet bodov pomocnej meračskej siete

Výpočet pravouhlých súradníc pomocných meračských bodov začal priemerovaním súradníc určených metódou RTK, keďže tieto body boli určené dva krát – kvôli kontrole a zabezpečeniu využiteľných výsledkov.

Tab. 6: Súradnice bodov určené metódou RTK

Číslo Bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
4001	583729.98	1139715.18	467.50
4002	583686.89	1139493.33	467.74
4009	583305.62	1139217.91	460.40
4010	583307.10	1139135.91	456.23
4015	583769.43	1139347.91	499.41
4017	583706.41	1139279.58	496.49
4019	583661.36	1139274.79	493.19

Nasledoval výpočet polygónového ťahu. Po importe zápisníka meraní vo formáte *ZAP bolo nutné spracovať zápisník a to konkrétne vypočítať aritmetický priemer meraní v dvoch polohách ďalekohľadu u vodorovných uhlov, odstrániť indexovú chybu u zenitových uhlov a výpočet aritmetického priemeru dĺžok meraných dva krát jednosmerne. Táto úprava sa uskutočnila v programe Groma v.8.0 pomocou funkcie *Zpracování zápisníku*. Takto pripravené dáta vstúpili do výpočtu v rovnakom programe pomocou úlohy *Polygonový pořad*. V rámci výpočtu polygónového ťahu bol spočítaný aj výškový ťah.

Tab. 7: Dosiahnuté odchýlky pri výpočte polygónu

Uhlová odchýlka	-0,0225g
Polohová odchýlka	0,06 m
Výškový uzáver	-0,06 m

Tab. 8: Súradnice bodov určené výpočtom polygónového ťahu

Číslo Bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
4003	583644.67	1139448.00	465.05
4004	583574.97	1139409.07	464.13
4005	583502.18	1139387.77	466.87
4006	583470.28	1139347.02	463.74
4007	583400.85	1139318.47	465.94
4008	583343.50	1139274.33	463.26

Ďalšou možnosťou ako vypočítať polohu bodov meračskej siete bolo vyrovnanie siete bodov avšak pre nedostatok nadbytočných meraní bolo od tejto možnosti upustené.

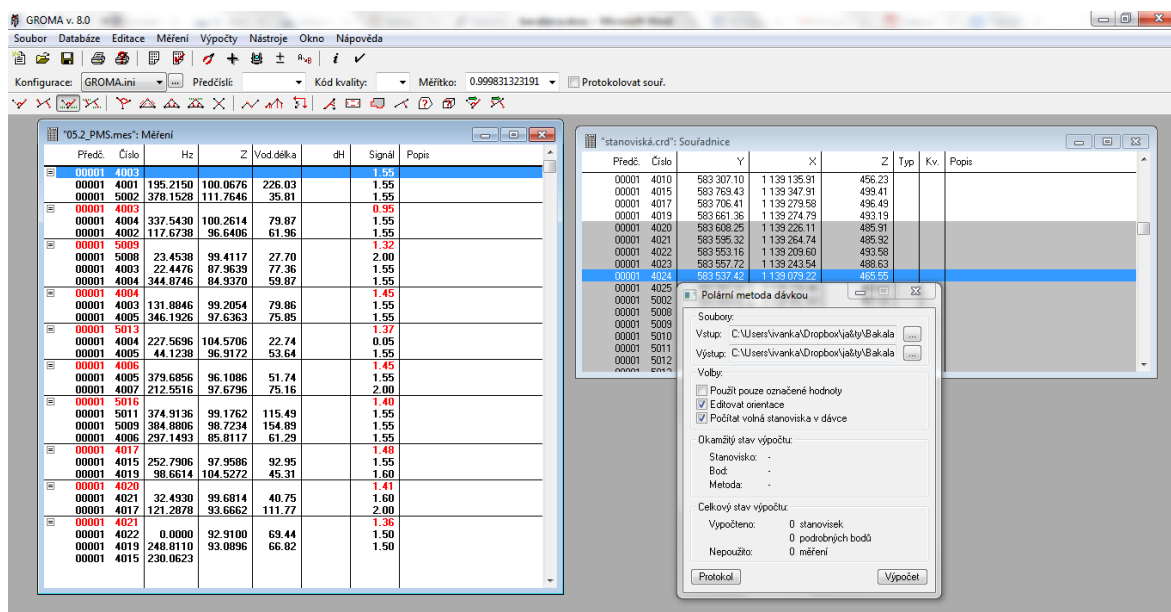
Nasledoval výpočet pomocných meračských stanovísk určených metódou rajónu. Výpočet prebehol v programe Groma v.8.0 pomocou úlohy *Polárni metoda dávkou*.

Tab. 9: Zoznam súradníc stanovísk určených ako rajóny

Číslo Bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
4020	583608.25	1139226.11	485.91
4021	583595.32	1139264.74	485.92
4022	583553.16	1139209.60	493.58
4023	583557.72	1139243.54	488.63
4024	583537.42	1139079.22	465.55
4025	583567.07	1139154.40	469.67
5002	583689.61	1139457.63	461.02
5008	583631.32	1139400.13	450.04
5009	583623.22	1139373.66	450.47
5010	583602.11	1139384.86	450.42
5011	583579.13	1139366.81	449.89
5012	583549.00	1139362.66	446.99
5013	583554.66	1139398.83	464.48
5016	583492.88	1139290.06	448.47
5017	583535.63	1139270.39	461.96
5018	583429.10	1139263.24	449.83

5.6 Výpočet podrobných bodov

Výpočet podrobných bodov slúži k vyhotoveniu grafických výstupov. Pravouhlé súradnice a výšky týchto bodov boli získané výpočtom dát získaných tachymetrickým meraním. Výpočet prebehol v programe Groma v.8.0 pomocou úlohy *Polárni metoda dávkou*. Do tejto úlohy vstupuje zápisník meraných dát a súradnice známych bodov. Za známe body môžeme považovať body pomocnej meračskej siete. Súčasne došlo k automatickému porovnaniu súradníc kontrolne určených bodov a ich priemerovaniu. Protokoly o výpočte sú súčasťou príloh.



Obrázok 15: Prostredie programu Groma v.8.0

5.7 Testovanie presnosti

Vypočítané súradnice a výšky podrobných bodov majú spĺňať určité kritériá v rámci stanovenej triedy presnosti. Výsledky tvorby mapy boli v tomto prípade podrobené kritériám, ktoré odpovedajú 3. triede presnosti podľa normy ČSN 01 3410.

5.7.1 Testovanie presnosti polohopisu

Dosiahnutie požadovanej presnosti určenia súradníc podrobných bodov polohopisu bolo overené porovnaním súradníc tých podrobných bodov, ktoré sa určili dvakrát z dvoch rôznych pomocných bodov. Tieto body boli určené opakovane rovnakou metódou. Po otestovaní súradníc boli ich výsledné súradnice určené ako aritmetický priemer. Týmto spôsobom bola overená aj homogenita merania.

K testovaniu presnosti súradníc X, Y podrobných bodov sa vypočítajú súradnicové rozdiely medzi prvým a kontrolným meraním Δx_i a Δy_i . Dosiahnutie stanovenej presnosti sa testuje pomocou výberovej strednej súradnicovej chyby $s_{x,y}$

$$s_{x,y} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (s_x^2 + s_y^2)}$$

Stredné výberové chyby súradníc sa určia zo vzťahov:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2},$$

Kde N je počet identických bodov, k=2 sa volí v prípade, že majú obe určenia bodov rovnakú presnosť.

Presnosť určenia súradníc sa považuje za vyhovujúcu ak:

- Polohové odchýlky Δp vyhovujú kritériu $|\Delta p| \leq 1,7 \cdot u_{x,y}$, pričom Δp sa vypočíta zo vzťahu $\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
- Výberová stredná súradnicová chyba $s_{x,y}$ vyhovuje kritériu $s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}$, kde $\omega_{2N} = 1,1$ (závisí na počte identických bodov). (ČSN 01 3410 1990)

Z celkového počtu 81 identických bodov u žiadneho súradnicové rozdiely neprekročili stanovené kritérium. Preto výsledky polohopisu považujeme za vyhovujúce danej triede presnosti. Tabuľka s výsledkami testovania je súčasťou prílohy.

5.7.2 Testovanie presnosti výškopisu

Presnosť merania výškopisu bola otestovaná rovnakým spôsobom ako testovanie presnosti určenia súradníc a to na základe porovnania výšok bodov určených nezávislým kontrolným meraním s výškami prvého určenia bodu.

Pre všetky testované body sa vypočítajú výškové rozdiely:

$$|\Delta H| = H - H',$$

kde H značí prvé určenie a H' znamená kontrolné určenie podrobného bodu. Z nich zistená výberová stredná výšková chyba s_H

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

kde N je počet identických bodov, k = 2 sa volí v prípade, ak majú obe určenia bodov rovnakú presnosť.

Presnosť určenia výšok sa pokladá za vyhovujúcu, ak:

- Výškové odchýlky ΔH vyhovujú kritériu $|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$
- Výberová stredná výšková chyba s_H vyhovuje kritériu $s_H \leq 3 \cdot \omega_N \cdot u_H$,
kde $u_H = 0,12$ m pre 3. triedu presnosti, $\omega_N = 1,1$ (ČSN 01 3410 1990)

Testované identické body boli stabilizované na spevnenom aj nespevnenom povrchu. Ich výšky boli testované podľa kritéria ČSN 01 3410 pre spevnený povrch (kritériá dané hodnotou $u_H = 0,12$ m), ktoré je prísnejšie. Z celkového počtu 81 identických bodov u žiadneho rozdiel výšok neprekročil toto kritérium. Preto výsledky výškopisu považujeme za vyhovujúce danej triede presnosti na spevnenom aj nespevnenom povrchu. Tabuľka s výsledkami testovania výškopisu je súčasťou prílohy.

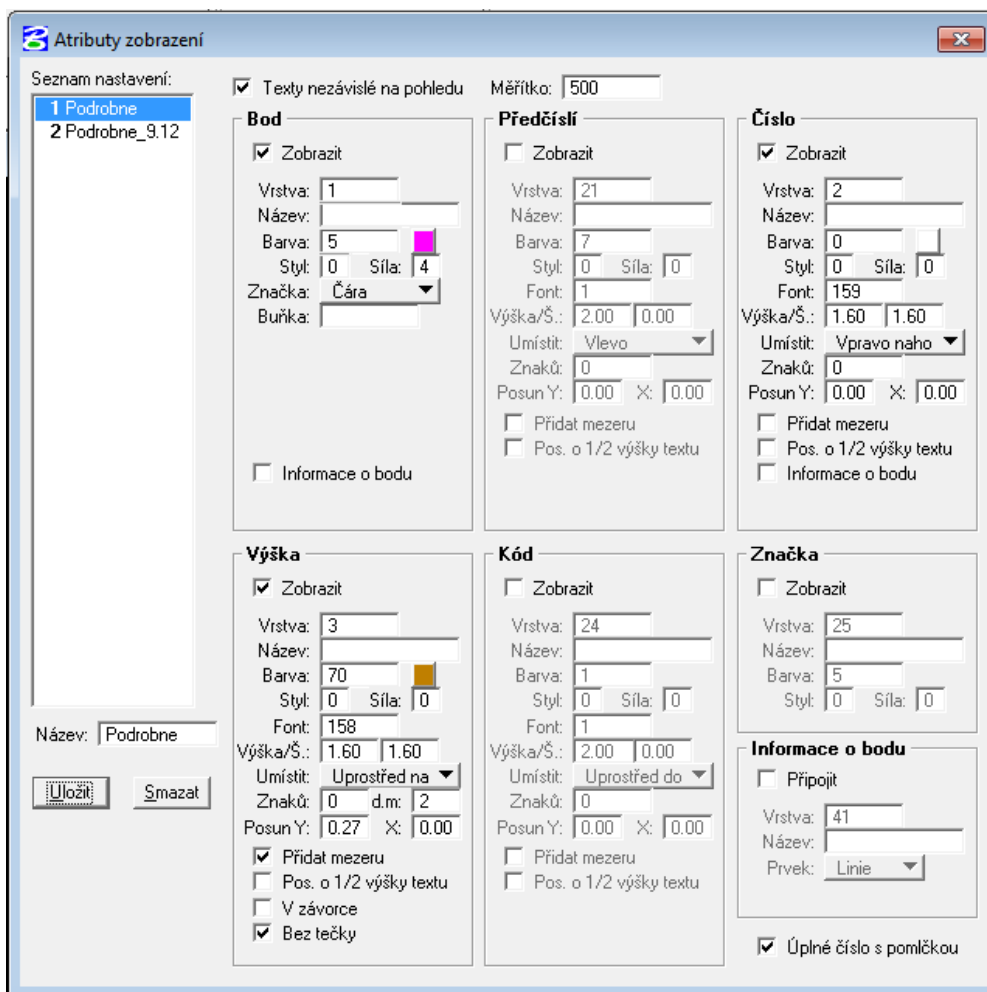
6. Grafické práce

Grafické práce predstavujú finálnu etapu pri tvorbe účelovej mapy. Keďže pri meraní nebola využitá možnosť kódovania meraných podrobných bodov, konštrukcia kresby prebiehala manuálne na základe zadanej tabuľky atribútov.

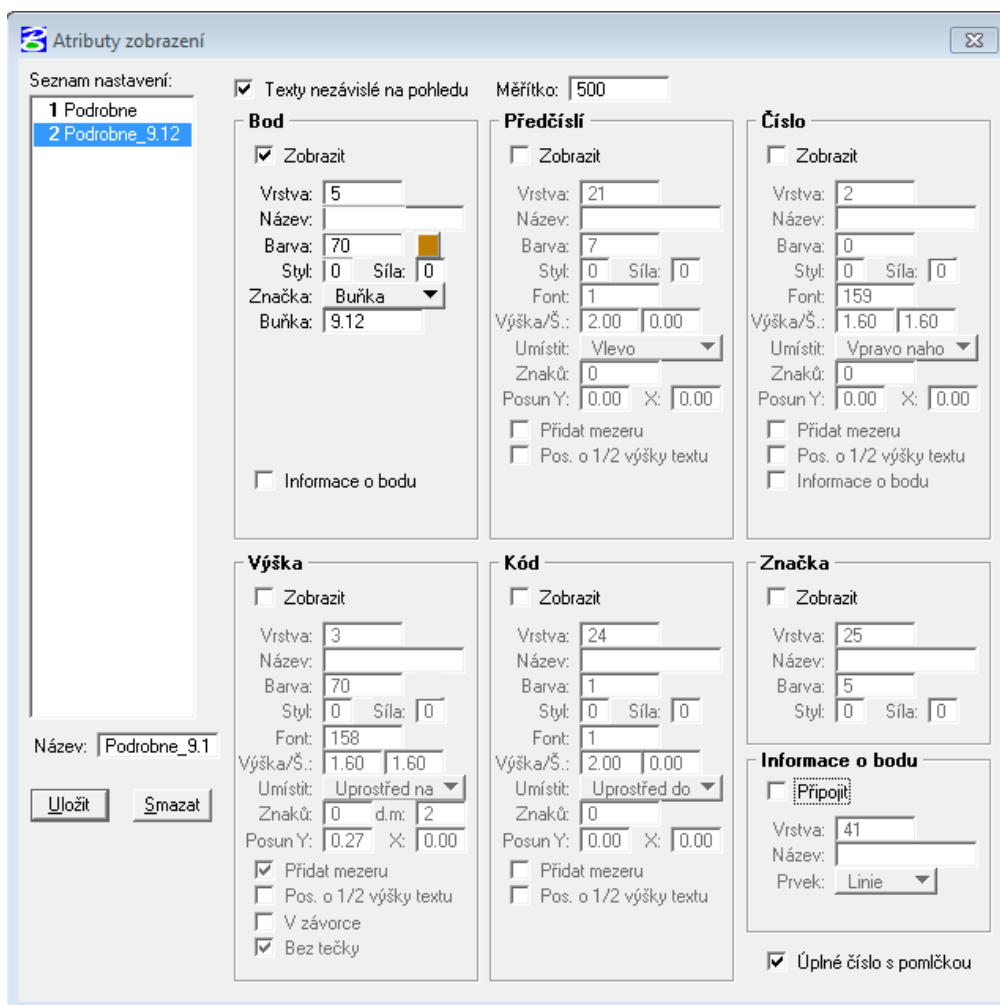
6.4 Konštrukcia kresby

Kresba bola vytvorená v grafickom programe Microstation v.8 a jeho nadstavbách. Na začiatku bol založený výkres, ktorému ako podklad („seed file“) slúžil výkres v systéme JTSK. Výstupom tohto programu je súbor vo formáte *.dgn.

Pred samotnou kresbou boli pomocou aplikácie Groma nainportované pravouhlé súradnice a redukované výšky podrobných bodov a pomocnej meračskej siete podľa zadaných atribútov.



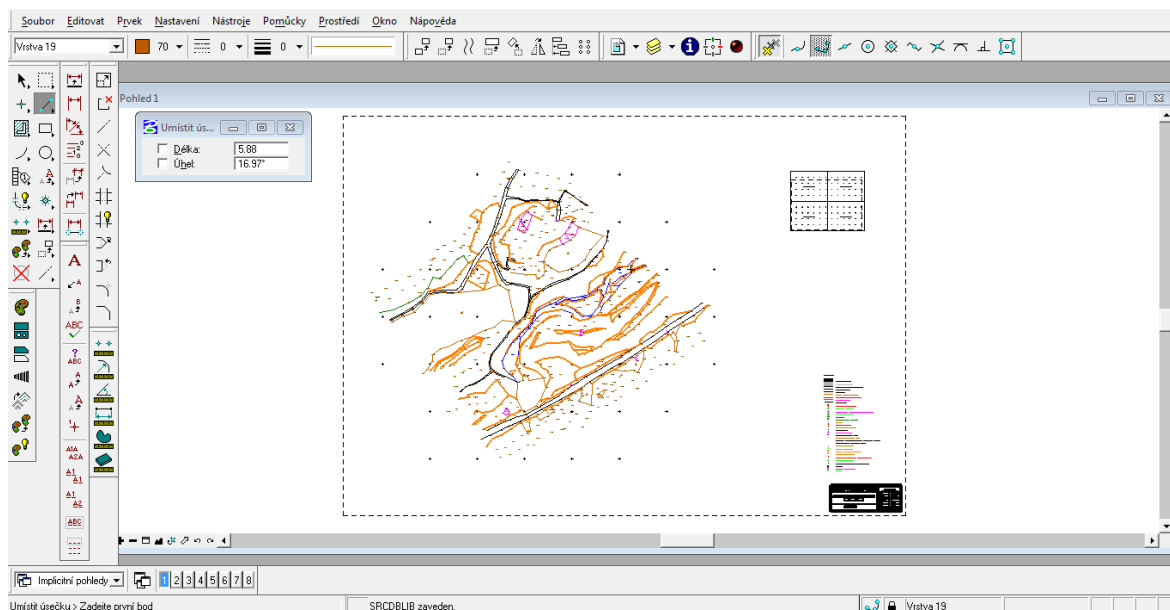
Obrázok 16: Import podrobných bodov - atribúty bodov



Obrázok 17: Import podrobných bodov - atribúty výškových kót

Následne bol skonštruovaný formát papiera A1 v mierke 1:500 na ktorý mala byť kresba umiestnená. Zohľadnil sa pri tom fakt, že výsledná mapa má okrem zadanej lokality s polohopisom, výškopisom a popisom obsahovať aj legendu, prípadné detaily a popisové pole (údaje o lokalite, zhotoviteľovi) a mapový list, na ktorom sa lokalita nachádza.

Kresba sa konštruovala pomocou meračských náčrtov z terénu. Jednotlivé prvky polohopisu boli zaradené do vrstiev podľa požiadaviek zadávateľa. Postupne bola pospájaná polohopisná kresba do ktorej sa doplnili mapové značky a popis povrchov, názvy, jaskýň, potoka, hradu a komunikácie.



Obrázok 18: Prostredie programu Microstation

6.5 Spôsoby znázorňovania výškopisu

6.5.1 Výškové kóty

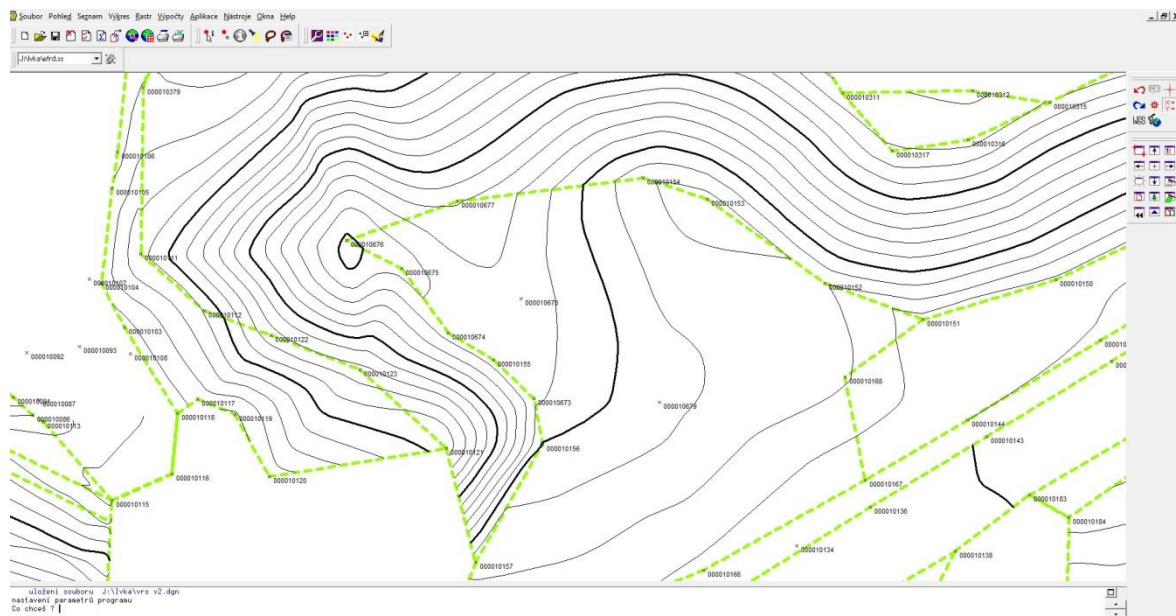
V práci sú výškové kóty uvedené s presnosťou na 2 desatinné miesta a redukované rádovo na desiatky metrov kvôli lepšej prehľadnosti a čitateľnosti mapy. Vo vybraných miestach mapy je uvedené celé číslo výšky. Niektoré kóty, ktoré sa prekrývali s kresbou boli manuálne opticky posunuté.

6.5.2 Vrstevnice

K výpočtu vrstevnic bol zvolený v grafický program Kokeš a jeho nadstavba ATLAS, kde boli načítané podrobné body spolu s výškami. Následne bol vytvorený digitálny model, čo zahŕňalo definovanie terénnej kostry pomocou meračských náčrtov. Použité boli tieto typy hrán:

- **lomová** - charakterizuje terénne zlomy - priebeh terénu je vyhladený v smere hrany
- **priama** - charakterizuje umelé terénne zlomy - priebeh terénu tvorí nad hranou priestorovú priamku
- **ostrovná** - okrajová hrana ostrova - ohraničuje oblasti, kde nedôjde k interpolácii vrstevnic (napr. budovy, vodní plochy)

Cieľom bolo vystihnúť terén tak, aby program správne interpoloval výšky. Výstupom boli vrstevnice, ktoré boli následne vyhladené v programe Microstation v.8 a boli im priradené správne atribúty.



Obrázok 19: Pracovné prostredie Kokeš

6.5.3 Technické šrafy

Vykreslenie technických šraf prebehlo v grafickom programe Microstation pomocou aplikácie MGEO definovaním terénnych hrán, medzi ktorými mali byť šrafy vykreslené v príslušných atribútoch a vhodne pre danú mierku mapy. Šrafy neboli vykreslené na celej dĺžke terénnych hrán kvôli lepšej čitateľnosti výslednej mapy.

7. Záver

Táto bakalárska práca sa zaoberá vyhotovením účelovej mapy, ktorá má vyjadriť polohopisnú a výškopisnú situáciu v krasovom reliéfe. Popisuje jednotlivé etapy tvorby, ktoré sú zoradené podľa časovej postupnosti.

Práce začali vyhľadáním využiteľných podkladov (body bodových polí, poloha lokality). Následne bola vykonaná samotná rekognoskácia lokality v teréne (zistený rozsah, predmety merania) v rátane vyhľadania bodov poskytnutých vedúcim práce, ktoré sa však nepodarilo nájsť.

Na základe výsledkov rekognoskácie a s ohľadom na charakter záujmovej lokality bolo určených 7 bodov metódou RTK. Medzi nimi bol vybudovaný polygónový ťah. Polygónový ťah bol obojstranne pripojený a obojstranne orientovaný a splňal všetky geometrické parametre aj kritériá presnosti pre body PPBP. Podľa potreby bola sieť zahusťovaná metódou rajónu. Celkovo bolo určených 29 pomocných meračských stanovísk. Výšky nových pomocných bodov boli určené trigonometricky.

Po vybudovaní siete nasledovala etapa podrobného mapovania. Tachymetricky bolo určených celkovo 937 bodov, z toho 81 identických. Na meračské práce sa použila totálna stanica Topcon GTS 226. Výpočtové práce boli vykonané v programe Groma v.8.0.

Polohopisná kresba účelovej mapy s vyjadrením terénneho reliéfu pomocou výškových kót a technických šráf bola spracovaná v programe Microstation v.8. Vrstevnice boli vyhotovené v programe Kokeš pomocou nadstavby ATLAS.

Výsledná účelová mapa je vyhotovená v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Prvky polohopisu a výškopisu sú zamerané v podrobnosti mierky 1:500 v 3. triede presnosti.

Predpokladá sa využitie výsledkov tejto práce správou CHKO Moravský kras podľa jej vlastného uváženia a potreby.

8. Zoznam použitej literatúry

ZABAGED. CUZK. *Web CUZK* [online]. 2006 [cit. 2013-12-01]. Dostupné

z:<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>

SPRÁVA CHKO MORAVSKÝ KRAS. *Web CHKO Moravský kras* [online]. © 2014 [cit.

2014-02-28]. Dostupné z: <http://moravskykras.ochranaprirody.cz/>

SPRÁVA CHKO MORAVSKÝ KRAS. *Mapový server: Ochrana přírody*. © 2012.

Dostupné z: <http://mapy.nature.cz/>

PASEKA, Antonín, Vlastimil HANZL a Milena ŠAMALÍKOVÁ. *Stabilita území v okolí ponoru Bílé vody v Moravském krasu*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2009. ISBN 978-80-7204-668- 3.

Hrad Holštejn. OBECNÍ ÚŘAD HOLŠTEJN. *Obec Holštejn* [online]. © 2009 [cit. 2013-

12-02]. Dostupné z: <http://www.holstejn.eu/hrad-holstejn>

ČÍŽEK, Jiří. Hrad Holštejn. PLAČEK, Miroslav. *Hrady a zámky České republiky* [online].

15.7.2002 [cit. 2014-02-28]. Dostupné z:

http://www.hrady.cz/wnd_show_pic.php?picnum=38490

Nová Rasovna. MORAVSKÝ SPELEOLOGICKÝ KLUB. *Moravský speleologický klub*

[online]. ©2004-2014 [cit. 2013-12-02]. Dostupné z:

<http://speleoklub.webpark.cz/rasovna.htm>

HUML, Milan a Michal JAROSLAV. *Mapování 10*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006.

ISBN 9788001031667.

ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy*. Praha: Vydavatelství

norem, 1990.

LÁSKA, Z., M. TEŠNAR, J. SLABÝ a J. SUKUP. *Globální navigační satelitní systémy a jejich využití v praxi: Učební texty k semináři* [online]. 9.9.2010 [cit. 2014-02-28].

Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_08_1009.pdf

Totální stanice. *Geometra* [online]. 2006 [cit. 2014-02-28]. Dostupné

z: http://www.geometra-opava.com/obchod/html/totalky_gts220.htm

Parametre přijímača. In: *Western data system* [online]. 2012 [cit. 2014-02-28]. Dostupné z:<http://www.wds-us.com/PDF/R4.pdf>

Přednáškové texty z geodézie. ČADA, Václav. *Web Západočeské univerzity* [online]. 2007 [cit. 2014-02-28]. Dostupné z: <http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>

Orientace v terénu. In: *Airsoft military team* [online]. [2013] [cit. 2014-02-28]. Dostupné z: http://www.diverzanti.cz/cl_36c

9. Zoznam použitých skratiek

<i>CHKO</i>	<i>Chránená krajinná oblasť</i>
<i>PR</i>	<i>Prírodná rezervácia</i>
<i>S-JTSK</i>	<i>Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej</i>
<i>BPV</i>	<i>Balt po vyrovnaní</i>
<i>ČSN</i>	<i>Česká štátna norma</i>
<i>GPS</i>	<i>Globálny polohový systém</i>
<i>THM</i>	<i>Technicko – hospodárska mapa</i>
<i>GNSS</i>	<i>Globálny navigačný satelitný systém</i>
<i>RTK</i>	<i>Real time kinematic</i>
<i>GSM</i>	<i>Globálny systém mobilný</i>
<i>PPBP</i>	<i>Podrobné polohové bodové pole</i>
<i>ÚAPP</i>	<i>Ústav archeologickej pamiatkovej ochrany</i>
<i>PPM</i>	<i>Part per milion</i>
<i>RMS</i>	<i>Root mean square</i>

10. Zoznam použitých obrázkov a tabuliek

10.1 Zoznam použitých obrázkov

<i>Obrázok 1: Zaujmová lokalita (ČUZK 2006)</i>	12
<i>Obrázok 2: Oblasť CHKO Moravský kras s vyznačením PR Bílá voda (Správa CHKO Moravský kras 2012)</i>	13
<i>Obrázok 3: oblasť PR Bílá voda (Správa CHKO Moravský kras 2012)</i>	13
<i>Obrázok 4: Zobrazenie zrúcaniny hradu Holštejn na mape (Čížek, Plaček 2002)</i>	15
<i>Obrázok 5: Časť zrúcaniny hradu</i>	16
<i>Obrázok 6: Vstup do jaskyne Nová Rasovna</i>	16
<i>Obrázok 7: Schéma určenia polohy bodu rajónom</i>	20
<i>Obrázok 8: Princíp trigonometrického určovania výšok (Čada 2007)</i>	20
<i>Obrázok 9: Druhy vrstevníc (Airsoft military team 2013)</i>	22
<i>Obrázok 10: Technické šrafy a kótovanie</i>	23
<i>Obrázok 11: Topcon GTS 226</i>	25
<i>Obrázok 12: Stabilizácia meračského stanoviska</i>	26
<i>Obrázok 13: Schéma meraného polygónového ťahu</i>	28
<i>Obrázok 14: Spôsob stabilizácie identických bodov</i>	30
<i>Obrázok 15: Prostredie programu Groma v.8.0</i>	34
<i>Obrázok 16: Import podrobných bodov - atribúty bodov</i>	37
<i>Obrázok 17: Import podrobných bodov - atribúty výškových kót</i>	38
<i>Obrázok 18: Prostredie programu Microstation</i>	39
<i>Obrázok 19: Pracovné prostredie Kokeš</i>	40

10.2 Zoznam tabuliek

<i>Tab. 1: Parametre totálnej stanice Topcon GTS 226 (Geometra 2006)</i>	25
<i>Tab. 2: Parametre prijímača Trimble R4-3</i>	25
<i>Tab. 3: Meranie stanovísk metódou RTK</i>	27
<i>Tab. 4: Parametre polygónového ťahu</i>	28
<i>Tab. 5: Súradnice použité pre výpočet matematických korekcií</i>	31
<i>Tab. 6: Súradnice bodov určené metódou RTK</i>	32
<i>Tab. 7: Dosiahnuté odchýlky pri výpočte polygónu</i>	32
<i>Tab. 8: Súradnice bodov určené výpočtom polygónového ťahu</i>	32
<i>Tab. 9: Zoznam súradníc stanovísk určených ako rajóny</i>	33

11. Zoznam príloh

- 01_GNSS - 01.1_Protokol_GNSS (digitálne)
 - 01.2_Zápisník (digitálne)
 - 01.3_Porovnanie_GNSS (digitálne)
- 02_Náčrty (digitálne)
- 03_Prehľad_PMS (digitálne, analógovo)
- 04_Geodetické údaje (digitálne)
- 05_Zápisníky - 05.1_PT (digitálne)
 - 05.2_PMS (digitálne)
 - 05.3_PB (digitálne)
- 06_Protokoly - 06.1_PT (digitálne)
 - 06.2_PMS (digitálne)
 - 06.3_PB (digitálne)
- 07_Zoznamy súradníc - 07.1_Sez_YXH_GNSS (digitálne)
 - 07.2_Sez_YXH_PT (digitálne)
 - 07.3_Sez_YXH_PMS (digitálne)
 - 07.4_Sez_YXH_PB (digitálne)
- 08_Testovanie presnosti - 08.1_Testovanie_XY (digitálne, analógovo)
 - 08.2_Testovanie_H (digitálne, analógovo)
- 09_Mapy (digitálne, analógovo)