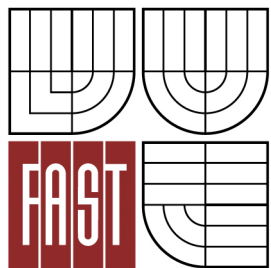




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

TACHYMETRICKÉ ZAMĚŘENÍ OKOLÍ HŘEBENÁČE

THE MAPPING SURVEY OF THE LOCALITY IN THE MORAVIAN KARST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VIKTOR SETNICKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL KURUC, Ph.D.

BRNO 2014

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá tvorbou účelovej mapy v katastrálnom území obce Sloup, nachádzajúcej sa na okraji CHKO Moravský kras. V danej lokalite sa nachádza niekoľko vstupov do rozsiahlych jaskynných systémov, časté sú tiež krasové javy - závrty. Predmetom podrobného merania je polohové a výškové určenie terénneho reliéfu v okolí krasového útvaru Hřebenáč, ktoré je každoročne zaplavované povrchovou aj podzemnou vodou. V práci je popísané vybudovanie meračskej siete pomocou statickej metódy GNSS. Samotné zameranie podrobných bodov je prevedené tachymetrickou metódou z jednotlivých stanovísk za pomoci totálnej stanice TOPCON GPT-3003N. Práca by mala slúžiť k aktualizácii mapových podkladov pre danú oblasť CHKO Moravský kras.

Kľúčová slova: Účelová mapa, GNSS, tachymetrická metóda, vrstevnice, CHKO Moravský kras

Abstract

This bachelor thesis is about creating thematical map, especially near village Sloup, situated on the edge of CHKO Moravian karst. There is some entrances into huge cave system and Sink holes, that are characteristic for karst, they could be found very often. The thesis is focused on creation suitable surveying network by GNSS static measuring and levelling. Surveying of individual points was realized by tachymetric method with total station Topcon GPT-3003N. The main object of measurement is surveying the relief near a Hrebenac that is yearly flooded, and some cave entrances that had to be measured too. Work should be used for maps actualization in CHKO Moravian karst.

Keywords: Thematical map, GNSS, tachymetric method, contour lines, CHKO Moravian karst

Bibliografická citace VŠKP

Viktor Setnický *Tachymetrické zaměření okolí Hřebenáče*. Brno, 2014. 46 s., 59 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Michal Kuruc, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.5.2014

.....
podpis autora
Viktor Setnický

Pod'akovanie:

Chcel by som vyjadriť veľkú vďaku za pomoc ľuďom, ktorí mi pri tvorbe tejto práci najviac pomáhali, zvlášťne pánovi Ing. Michalovi Kurucovi, Ph.D. za ochotu a odborné rad, taktiež mojím priateľom, ktorí asistovali pri meraní, menovite Mariánovi Gelieňovi, Kornéľovi Czírja, Jakubovi Schwarzovi, Tomášovi Kminiakovi a Dávidovi Lami. V neposlednom rade aj mojím rodičom ktorí mi umožnili toto štúdium.

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	ZÁUJMOVÁ OBLASŤ.....	12
	2.1 Mestečko Sloup.....	13
	2.2 Hřebenáč a CHKO Moravský Kras.....	14
3	TEORETICKÉ ZÁKLADY PROBLEMATIKY.....	15
	3.1 Mapa a jej definícia.....	15
	3.1.1 Účelové mapy.....	15
	3.2 Proces mapovania	16
	3.2.1 Tachymetria s využitím totálnej stanice.....	16
	3.2.2 Základy GNSS.....	19
	3.2.3 Geometrická nivelácia.....	20
	3.2.4 Vedenie náčrtu.....	21
	3.3 Metódy zobrazenia výškopisu	22
	3.3.1 Terénne čiary.....	23
	3.3.2 Čiastkové plochy a terénne tvary v danej lokalite.....	23
	3.3.2.1 Závrtý.....	24
4	MERAČSKÉ PRÁCE.....	26
	4.1 Použité prístroje a pomôcky.....	26
	4.1.1 Testovanie použitých prístrojov.....	28
	4.2 Práce na bodovom poli.....	29
	4.3 Zameranie podrobných bodov.....	30
5	VÝPOČTOVÉ PRÁCE.....	31
	5.1 Polohové a výškové určenie stanovísk.....	31
	5.2 Výpočet súradníc podrobných bodov.....	35
	5.3 Testovanie presnosti.....	36
	5.3.1 Testovanie súradníc X, Y.....	36
	5.3.2 Testovanie výšok H.....	37
6	TVORBA ÚČELOVEJ MAPY.....	38
	6.1 Tvorba polohopisnej zložky.....	38
	6.2 Tvorba výškopisnej zložky.....	39
7	ZÁVER.....	40

8	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	41
9	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK.....	43
10	ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK.....	44
11	ZOZNAM ZDROJOV OBRÁZKOV.....	45
12	ZOZNAM PRÍLOH.....	46

1 ÚVOD

Práca je vyhotovená z dôvodu presného zdokumentovania oblastí v okolí krasových javov, špeciálne okolia skaly „Hřebenáč“. Podložie lokality je tvorené vápencami, ktoré sú po tisícročia vplyvom vody a CO_2 chemicky narúšané a pretvárané do dnešnej podoby. V oblasti sa nachádza niekoľko závrto a vstupov do jaskýň, ktoré sú pre Moravský kras charakteristické.

Priebeh prác prebiehal s dôrazom na čo možno najlepšie zachytenie danej lokality. K pripojeniu meračskej siete bola použitá metóda GNSS v kombinácii s niveláciou. Táto sieť bola v priebehu podrobného merania zhust'ovaná metódou rajónu. Podrobné body boli zamerané tachymetricky. Po následnom spracovaní nameraných dát bola vyhotovená účelová mapa v merítke 1:500, v bližšom okolí skaly Hřebenáč v merítke 1:100, pre presnejšie zdokumentovanie terénneho reliéfu.

Práca by mala nadväzovať na ostatné účelové mapy, ktoré budú tvoriť sieť mapových podkladov pokrývajúcich väčšinu lokalít v okolí krasových objektov na území CHKO Moravský kras.

2 ZÁUJMOVÁ OBLASŤ

Dané územie sa nachádza na južnom konci mestečka Sloup. Lokalita je zo severu ohraničená parkovacou plochou pre návštevníkov jaskýň, so severozápadnej a juhozápadnej strany cestnou komunikáciou a chodníkom pre peších. Z juhu tvorí hranicu závrť so vstupom č.4 do Sloupsko-šošůvských jeskyní. Z východu je hranica tvorená skalným masívom a približnou hranicou katastrálneho územia Sloup/Šošůvka. Územie má rozlohu približne 3 ha, celé patrí do Chránenej krajinné oblasti (CHKO) Moravský Kras a časť tiež do Přírodní rezervace (PR) Sloupsko-šošůvské jeskyně.



Obr. č. 1 Približný zakres danej lokality, žltou hranica mapovaného územia, zelenou hranica PR Sloupsko-šošůvské jeskyně, ružovou hranica KÚ

2.1 Mestečko Sloup

Mestečko Sloup je severnou vstupnou bránou do CHKO Moravský kras. Priemerná nadmorská výška mesta je 470 m n. m., okolité kopce dosahujú výšku do 650 m n. m.. Prvé písomné doklady o existencii obce sú v Zemských deskách moravských z roku 1373, osídlenie však možno očakávať už od čias neandertálskeho človeka, čo potvrdzujú nájdené pozostatky v jaskyni Kůlna staré 120 000 rokov.

Prírodnou dominantou mestečka a najväčšou turistickou atrakciou sú miestne Sloupsko-šošůvské jaskyne so svetoznáμου Eliškinou jaskyňou, kvapľom Svícen a jaskyňou Kůlna. Zo Sloupu sú po turistických trasách ľahko dostupné všetky ostatné verejnosti prístupné jaskyne Moravského krasu, vrátane priepasti Macocha. [1]



Obr. č. 2 Poloha lokality vzhľadom ku CHKO Moravský kras a mestu Brno [4]

2.2 Hřebenáč a CHKO Moravský Kras

Vstupnému areálu jaskýň tróni osamelé skalisko "Hřebenáč", podľa jeho stĺpovitého (česky „sloupcovitému“) tvaru je odvodený názov mestečka. Skala je vysoká 19 m, teší sa veľkému zaujmu amatérskych horolezcov. Z geomorfologického hľadiska sa jedná o zvyšok rozpadnutej vápencové steny. Tento rozpad stále prebieha, o čom bolo možné presvedčiť sa v priebehu merania. V blízkosti sa do podzemia prepadá Sloupský potok, ktorý za vyšších vodných stavov vytvára v okolí skaly dočasné jazero. Roku 1756 bola na vrchole postavená socha sv. Šimona, dnes z nej stojí len časť podstavca a vedľa liatinový kríž. [1]

CHKO Moravský kras je najznámejšia a najvýznamnejšia krasová oblasť s bohatým spektrom krasových javov v Českej Republike. Územie sa tiahne v približne 6 km širokom páse od mestskej časti Brno-Líšeň až po mestečko Sloup (Obr. č. 2). Podložie je tvorené vápencami ktoré sú odvekou činnosťou vody, mrazu a rastlínstva modelované až do dnešnej podoby, vďaka čomu sa v podzemí nachádza približne 1000 jaskýňných systémov z ktorých je verejne prístupných 5. Do týchto systémov sa vlieva niekoľko potokov, jedným z nich je aj mnou dotknutý Sloupský Potok. [2]



Obr. č. 3 Súčasná fotografia Hřebenáča a časti záujmovej lokality [5]

3 TEORETICKÉ ZÁKLADY PROBLEMATIKY

V tejto kapitole bude pojednávané o teoretických základoch súvisiacich s realizáciou celej práce. Ide hlavne o vysvetlenie pojmov a technických základov meracích metód.

3.1 Mapa a jej definícia

Pojem „mapa (mappa)“ je pravdepodobne punského pôvodu, alebo bol prevzatý z jazyka starých Féninčanov a znamenal pôvodne plátennú rúšku, šatku, obrúsok, resp. pokreslenú tkaninu. Prostredníctvom latinčiny sa časom dostal do iných európskych jazykov. V zmysle kartografického znázornenia sveta alebo jeho častí bol prvýkrát použitý asi v 9. storočí. [3]

Existuje niekoľko definícií mapy, norma ČSN 73 0402 uvádza: „*Mapa je zmenšený generalizovaný konvenčný obraz Zeme, nebeských telies, kosmu, či jejich častí, prevedený do roviny pomocí matematicky definovaných vzťahů (kartografickým zobrazením), ukazující podle zvolených hledisek polohu, stav a vztahy přírodních, socioekonomických a technických objektů a jevů.*“ [4]

Základným kritériom delenia máp je ich obsah a následne spôsob vyjadrenia skutočnosti. Obidve tieto základné charakteristiky sú určované predovšetkým účelom ktorému má mapa slúžiť. Mapy môžu byť podľa špecifických parametrov delené do mnohých kategórií, ako základné kritéria pre delenie môžeme uvažovať obsah, spôsob vyhotovenia, mierku, kartografické vlastnosti, výslednú formu, počet mapových listov. [3]

3.1.1 Účelové mapy

Účelové mapy sú vždy veľkých mierok, okrem základných prvkov obsahujú tiež ďalší obsah podľa účelu pre aký vznikli. Používajú sa pre plánovacie, projektové, prevádzkové, evidenčné, dokumentačné a ďalšie účely. V širšom slova zmysle sa dá účelovým mapovaním nazvať akýkoľvek zber dát geodetickými metódami, ktorý je realizovaný ako podklad konkrétneho technického zámeru či diela. Účelové mapy vznikajú priamym meraním, prepracovaním alebo domeraním požadovaného obsahu do súčasných máp. Polohopisným podkladom býva často katastrálna mapa. [5]

Výslednú účelovú mapu tvoria:

- priesečníky siete pravouhlých súradníc, orientácia k severu, mapový rám, a pod.
- geodetické body
- polohopis
- výškopis
- popis
- legenda
- vysvetlivky

Náležitosti, forma, kartografické vyjadrovacie prostriedky, požiadavky na presnosť, predmet merania, podrobnosť, prílohy a mnohé iné faktory sú vždy špecifikované predpisom uvedeným v zmluve o zákazke. Obvykle môže geodet postupovať podľa platných noriem a predpisov (napr. ČSN 01 4310) prípadne podľa špecifických smerníc objednávateľa. Výsledkom tvorby je dnes väčšinou digitálna mapa pripravená na tlač do zvoleného formátu a merítka. Jej presnosť spolu s voľbou mierky sa volí podľa toho pre aký účel sa mapa vyhotovuje. Mapy sa môžu vyhotovovať v ľubovoľných rozmeroch mapového rámu a tiež vo všeobecnom klade mapových listov. Musia však obsahovať prehľad kladu listov vyhotovených máp. [6]

3.2 Proces mapovania

Vzhľadom k podmienkam zadania sa pred meraním zvolí patrične presná meracia metóda. V zásade môžeme definovať tri najpoužívanejšie metódy merania a to: *geodetické*, *fotogrametrické* a *GNSS*. Z geodetických metód je dnes často používaná na zameriavanie podrobných bodov metóda tachymetrie s využitím totálnej stanice.

3.2.1 Tachymetria s využitím totálnej stanice

Tachymetria je meracia metóda určená pre priestorové zameriavanie zemského povrchu, ktorý nazývame *terénny reliéf*. V doslovnom preklade sa dá tachymetria preložiť ako „rýchlomeranie“. Metóda je založená na súčasnom meraní polohopisnej a zároveň výškopisnej zložky. Z výsledkov tachymetrického merania sa zostrojujú polohopisné a výškopisné plány. [13]

Veda a technika napreduje dynamickým tempom, a tak sú súčasné totálne stanice schopné v priebehu merania automaticky počítať súradnice podrobných bodov, podľa zvolených parametrov automaticky zakresľovať prvky polohopisu do konceptu mapy, prípadne vyhotovovať fotografie časti územia s popisom. Pri meraní je tiež možnosť viesť elektronický zápisník, ktorý je po meraní dostupný v digitálnej podobe. Odpadá teda nutnosť zapisovať ručne všetky údaje do zápisníkov, tým sa eliminujú chyby zo zapisovania, ktorých pravdepodobnosť výskytu mohla byť pri ručnom zapisovaní uvažovaná. V porovnaní s číselným meraním v minulosti sa jedná o značný pokrok, v prípade robotickej totálnej stanice je už teoreticky jedna osoba schopná realizovať meranie.

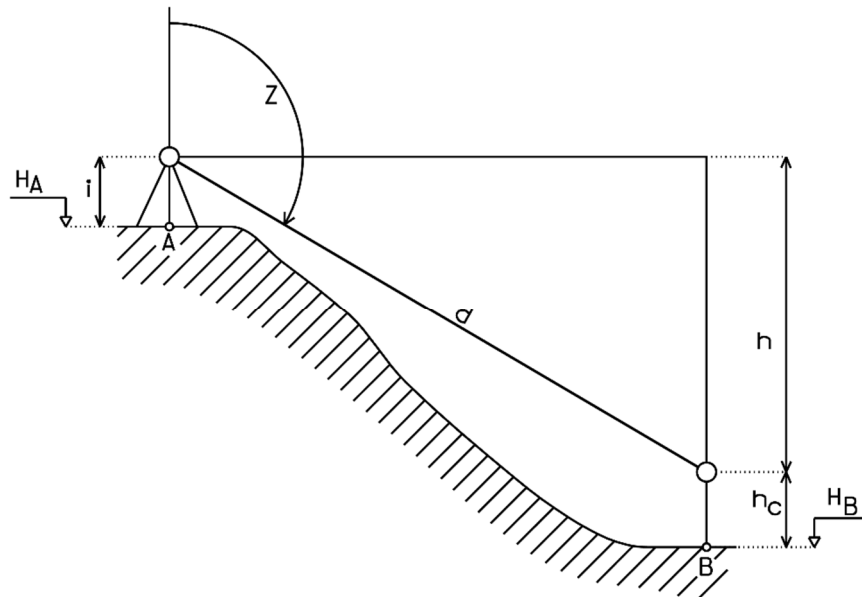
Pri mapovaní tachymetrickou metódou sú dôležité prípravné práce, ich zanedbanie môže viesť ku komplikáciám ktoré sa následne odzrkadlia pri meraní. Na začiatku je treba zistiť stav geodetického bodového poľa, ktoré bude slúžiť na pripojenie do referenčného súradnicového systému. Následne je treba vykonať rekognoskáciu terénu pre predstavu o rozmiestnení stanovísk. Vybrané body sa stabilizujú a v prípade potreby sa k nim vyhotoví miestopis. Počet stanovísk je závislý najmä na členitosti terénu danej lokality. Polohové pripojenie týchto stanovísk je obvykle realizované metódou GNSS (3.2.2), prípadne polygónovým ťahom, rajónom, pretínaním a pod. Pri výškovom pripojení je nutné uvažovať výslednú presnosť výšky a tomu prispôbiť spôsob určenia, ktorý môže byť realizovaný niveláciou, trigonometricky prípadne metódou GNSS. Polohopisné a výškopisné meranie musí spĺňať príslušné kritéria presnosti špecifikované v zadaní. Ako geometrický základ pre pripojenie bodov do referenčného systému slúži Databáza bodových polí (DBP), ktorá je spravovaná Odborom geodetických základov Zeměměřického úřadu. V tejto databáze sa nachádzajú geodetické údaje o *polohových bodových poliach*, *výškových bodových poliach* a *tiahových bodových poliach*. [7]

Polohu a výšku podrobných bodov pri tachymetrii určujeme tak, že zo stanoviska prístroja zameriavame pre každý bod (Obr. č. 4):

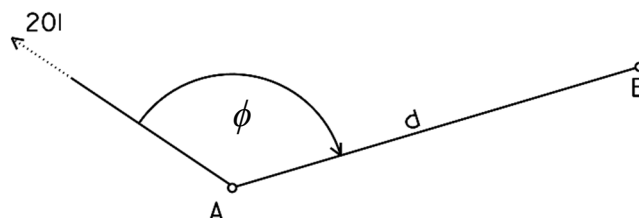
- vodorovný smer ϕ , ktorý určuje polohu zámerného lúča vzhľadom od určitého zvoleného bodu
- šikmú vzdialenosť bodu d
- zenitový uhol z

Hodnoty ϕ , d a z sú potrebné na určenie polohy a výšky každého bodu. Táto metóda sa nazýva trigonometrické určenie výšok respektíve polárna metóda.

$$H_B = H_A + i + h - h_c$$



Obr. č. 4 Princíp trigonometrického určovania výšky



Obr. č. 5 Princíp polárneho určenia polohy

3.2.2 Základy GNSS

V 70. rokoch minulého storočia bol uvedený do prevádzky GNSS (Global Navigation Satellite System), v preklade globálny navigačný satelitný systém, pre potrebu určenia polohy objektov na povrchu a v blízkosti Zeme. Systém pracuje na princípe merania vzdialenosti medzi družicami a objektom prostredníctvom času potrebného na prekonanie tejto vzdialenosti. Aby bol výpočet polohy bodu realizovateľný je potreba poznať vzdialenosti aspoň k štyrom družiciam. GNSS systém sa zvykne členiť na: *kozmickej*, *riadiacej* a *používateľskej segment*. [8]

Kozmický segment je tvorený sústavou družíc rovnomerne rozmiestnených na eliptických dráhach podobných kružniciam, v závislosti od systému, vo výškach 19 000 až 36 000 km nad Zemou. Družica je vybavená atómovými hodinami, prijímacími a vysielačmi anténami a ostatnými pomocnými prístrojmi.

Riadiaci segment tvoria pozemné monitorovacie stanice, ktoré sú navzájom prepojené a spojené s centrálou. Tá následne spracováva telemetrické údaje a výsledky o pohybe družíc, ich *efemeridy*¹ a parametre družicových hodín. Tieto údaje následne vysiela družiciam ktoré ich šíria v navigačnej správe.

Používateľský segment je tvorený prijímačmi, ktoré na základe prijatých signálov z družíc realizujú predbežné výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých neznámych súradníc x , y , z a korekcie času t je potrebné prijímať signály aspoň zo štyroch družíc.

Určovanie vzdialenosti medzi družicou a prijímačom je realizované na základe *kódových meraní*, *fázových meraní* a *dopplerovských meraní*. V praxi sa používajú hlavne prvé dve merania, tretie sa používa predovšetkým pri určovaní rýchlosti pohybu prijímača. Pri realizácii tejto práce bola použitá metóda fázového merania.

Kódové meranie je realizované diaľkomernými kódmi vysielačmi družicami. Tieto kódy sú presné časové značky umožňujúce prijímaču určiť čas kedy bola odvysielaná ktorákoľvek časť signálu. Prijímané kódy nie sú synchrónne s kódom generovaným v prijímači, pretože hodiny v družici a prijímači nie sú dokonale synchronizované, a tiež preto

¹ **Efemeridy** - údaje o polohe pohyblivých astronomických objektov v určitom čase

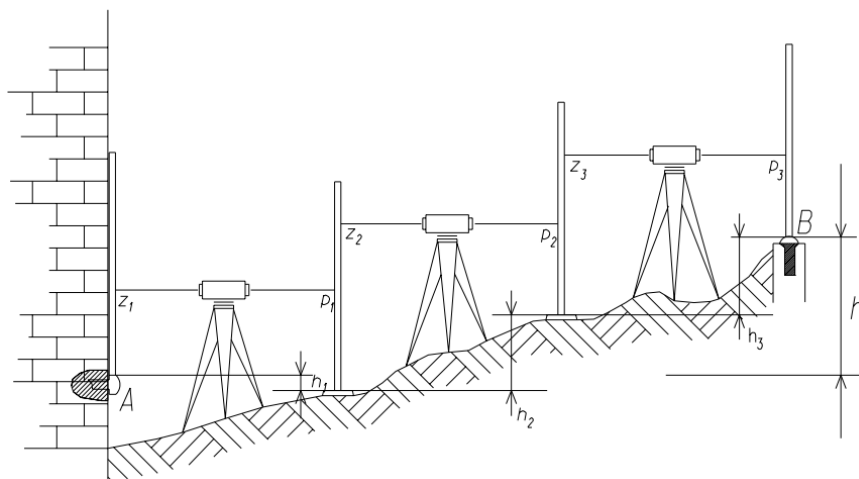
že prijímaný signál je posunutý o časový interval potrebný k prekonaniu vzdialenosti. Vzhľadom k spomínanému problému synchronizácie hodín, je výpočet zaťažený určitou chybou. Pri výpočte sa teda neurčí skutočná ale tzv. *pseudovzdialenosť*. Prijímač pracuje tak, že zistí časový interval Δt medzi odoslaním a prijatím signálu, následne pomocou vzťahu $d = \Delta t \cdot c$ (kde d je počítaná vzdialenosť a c rýchlosť šírenia rádiových vln) vypočíta vzdialenosť. Frekvencie diaľkomerných kódov C/A sa bežne pohybujú na úrovni jednotiek megahertzov, prípadne desiatok megahertzov pre kód P. Kód P však nie je civilnému sektoru dostupný. Vlnová dĺžka týchto frekvencií je približne 300m respektíve 30m. Pri presnosti spracovania signálu na úrovni 1 – 2 % vlnovej dĺžky je dosiahnuteľná presnosť na úrovni 3 m až 6 m resp. 0,3m až 0,6m bez uvažovania vplyvu atmosferických korekcií. [8]

Fázové meranie je založené na meraní fázového domerku a určovaní počtu celých vlnových dĺžok nosnej vlny. Tento počet sa skladá z desatinnej časti - domerku a celočíselného násobku nosných vln, ktoré sa obtiažne určujú. Meranie preto vykazuje určitú nejednoznačnosť (anglicky *ambiguity*), rovnajúcu sa počtu celých vlnových dĺžok nosnej vlny nachádzajúcej sa medzi prijímačom a družicou. O tejto problematike je viac pojednávané v mnohých odborných literatúrach.

Vlnové dĺžky nosných vln sú krátke, rádovo prvé desiatky centimetrov. Pri presnosti spracovania signálu na úrovni 1 – 2 % vlnovej dĺžky vychádza dosiahnuteľná presnosť určenia vzdialenosti v milimetroch. [8]

3.2.3 Geometrická nivelácia

Geometrická nivelácia je jedna z najpresnejších metód určovania prevýšenia medzi dvomi bodmi. Metóda je založená na určení vodorovnej priamky ktorá je realizovaná nivelačným prístrojom. Následne je pomocou nivelačných lát so stupnicou realizované meranie zvislých vzdialeností k bodom. Z rozdielu čítania na late vpred a vzad určíme výsledné prevýšenie $h_{AB} = z - p$. Viac nivelačných zostáv za sebou tvorí nivelačný ťah.



Obr. č. 6 Princíp geometrickej nivelácie [1]

Pri geometrickej nivelácii prístroj stavíme do stredu meraného úseku. Vhodné je stavať prístroj do vzdialenosti približne 20m, kedy je obraz laty optimálne zväčšený v zornom poli ďalekohľadu, a tak je možné realizovať presné čítanie. Parametre nivelačnej súpravy, limity zámer a ostatné technologické predpisy sú špecifické pre prácu v danom výškovom poli. Podľa dosahovanej presnosti výsledkov rozoznávame *technickú niveláciu*, *presnú niveláciu*, *veľmi presnú niveláciu*, *zvlášť presnú niveláciu*.

3.2.4 Vedenie náčrtu

Najdôležitejšou činnosťou v teréne okrem vlastného merania je správna voľba tachymetrických bodov a kreslenie tachymetrického náčrtu prípadne vedenie ostatných poznámok.

Náčrt sa vyhotovuje v približnej mierke. Je vhodné ak máme k dispozícii staršiu mapu (napr. katastrálnu) prípadne plán územia, ktorý zväčšíme minimálne do mierky tachymetricky vyhotovovanej mapy, prípadne väčšej. Do takéhoto náčrtku sa následne zakresľuje: [5]

- bodové pole vrátane stanovísk

- polohopis s vyznačením jednotlivých bodov krížikmi a poradovým číslom, ich vzájomné pospájanie je realizované podľa skutočnosti
- priebeh terénu zobrazený formou tvarových čiar, technických šráf, priebehu vrstevníc prípadne šípkami v smere spádnic
- údaje priamo meraných dĺžok (omerné miery, šírka vodného toku, komunikácie, atď.)

Norma ČSN 01 4310 stanovuje podmienku aby výsledný elaborát obsahoval aj meračské náčrty, nestanovuje však ich formálne náležitosti. Výsledná podoba náčrtov môže mať formálne náležitosti podľa Návodu pro obnovu katastrálního operátu a převod vydaného Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK).

Po skončení meracích prác sa náčrty adjustujú. Adjustáciou rozumieme zvýraznenie prvkov obsahu príslušnou farbou a doplnenie potrebných údajov, ktoré neboli zaznamenané pri meraní (popis, mapové značky, čísla náčrtov, mierka, atď.). Podrobné výškové body v náčrte označujeme ležatým krížikom. Hnedou farbou sú vyznačované podrobné body výškopisu určené tachymetricky, profily určené tachymetricky (dvojitou čiarou), priebeh čiar terénnej kostry a priebeh horizontál. Strany polygónových ťahov sa zobrazia červenou striedavou čiarou, rajóny a meračské priamky červeno čiarkovane. Ostatné mimorámové popisné údaje doplníme čiernou farbou. [10]

3.3 Metódy zobrazenia výškopisu

Terén (fyzický povrch Zeme) je plocha veľmi zložitá, ktorú v mapách nemožno vyjadriť do všetkých podrobností. Treba preto pristúpiť ku generalizácii, čiže vynechaniu nepodstatných podrobností, ktoré v danej mierke nemá zmysel zachytávať a utvoriť zjednodušený obraz zemského povrchu, čiže topografickú plochu.

K správne vyhotoveniu výškopisnej zložky mapy je potreba poznať základné terénne tvary nachádzajúce sa v prírode. Znalosť týchto tvarov nám umožňuje lepšiu voľbu podrobných bodov ktoré charakterizujú daný tvar. Nadbytočný počet podrobných bodov

môže byť negatívny a viesť až k chybnéj interpolácii terénu. Na znázornenie terénu, čiže tretieho rozmeru, na mape veľkých merítok používame: *šrafovanie*, *výškové kóty* a *vrstevnice*. [6]

3.3.1 Terénne čiary

Vrstevnica je čiara spájajúca body terénu s rovnakými nadmorskými výškami. Okrem vrstevnice prechádza daným bodom aj *spádnica*, čo je čiara, ktorá má v uvažovanom bode maximálny spád a je kolmá na vrstevnicu. Každým bodom plochy prechádza len jedna vrstevnica a jedna spádnica. [6]

Pri samotnom mapovaní do náčrtu zakresľujeme významné čiary na topografickej ploche, čiže terénnu kostru. *Chrbátnica* je čiara spájajúca najvyššie položené miesta vyvýšeného terénneho útvaru. *Údolnica* je naopak čiara spájajúca najnižšie položené miesta vhlbeného terénneho útvaru. *Hrana* je čiara na styku dvoch plôch s rozdielnym sklonom, delí sa na prirodzenú alebo umelú. *Spádnica* je čiara udávajúca smer najväčšieho spádu terénneho reliéfu, prebieha kolmo k vrstevniciam. *Tvarová čiara* je čiara ohraničujúca vodorovnú prípadne sklonenú časť niektorého terénneho tvaru, je priesečnicou jednotlivých čiastkových plôch. *Úpätnica* je čiara na styku dvoch rôzne sklonených čiastkových plôch (úbočie a údolie) ktoré zvierajú tupý uhol. *Horizontála* je pomocná čiara s vodorovným priebehom, neudáva však výšku. Zobrazuje sa v náčrte krátkou krivkou kolmou na spádnice. [6] Správna identifikácia a následné zameranie terénnych čiar je kľúčovým predpokladom pre kvalitnú interpretáciu výškopisu.

3.3.2 Čiastkové plochy a terénne tvary v danej lokalite

Každý terénny tvar je kombináciou určitých čiastkových plôch. Priebeh plochy posudzujeme v smere spádnic (kolmo na vrstevnice) a tiež v smere vodorovnom teda v smere vrstevníc (kolmo na spádnice). Priebeh v smere spádnic udáva veľkosť rozostupu vrstevníc, priebeh v smere vodorovnom sa prejaví v tvare vrstevníc. Samotné čiastkové plochy delíme v smere vrstevníc na: *vypuklé*, *vhlbené*, *rovné* a z hľadiska priebehu v smere spádnic na plochy so sklonom *rovnomerným*, *pribúdajúcim* a *ubúdajúcim*. Zložením terénnych plôch

dostávame terénne tvary, ktoré delíme na: *tvary na vrcholovej časti vyvýšeniny*, *tvary na úbočí*, *tvary na úpätí*, *tvary údolné*. [6]

Popisovanie všetkých terénnych tvarov nie je účelom zadania a bolo by príliš zdĺhavé. Preto bolo pristúpené k redukcii na tie terénne tvary, ktoré sa v danej lokalite nachádzali.

Tvary na vrcholovej časti vyvýšeniny

Kopa – má vypuklý výrazne zaoblený tvar, terén z vrcholu klesá na ostatné strany, vrchol kopy sa kótuje. Tvarovú čiaru tvorí uzavretá krivka v približnom tvare elipsy prípadne kružnice.

Svahový chrbát – je vyvýšený, medzi dvoma vhlbenými plochami pretiahnutý útvar na úbočí, smerujúci v smere spádu. Delenie na *široký*, *normálny*, *úzký*, *ostrý*.

Tvary na úbočí

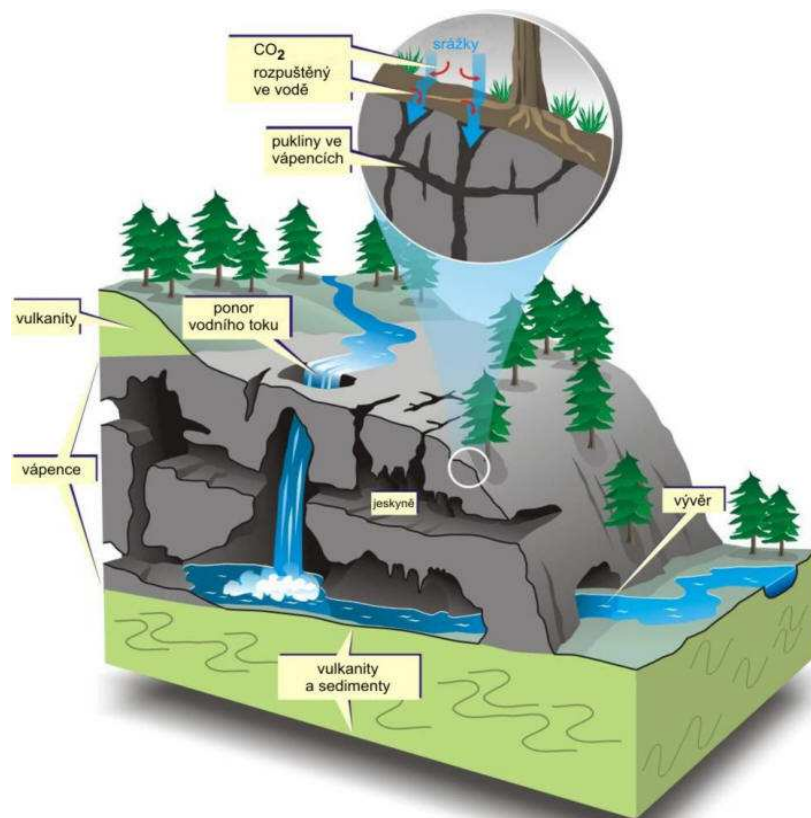
Stena – útvar s výrazným sklonom, až do 90°.

Previs – v zásade stena, s uhlom sklonu väčším ako 90°.

Zráz – pruh úbočia, ktorý je nápadne viac sklonený ako priľahlé svahové plochy. Terén je príkry a ťažko schodný. Z hľadiska priebehu rozoznávam zráz *vodorovný* a *šikmý*.

3.3.2.1 Závrtý

Nepravidelný terén dostáva svoju podobu pôsobením vonkajších síl (voda, mráz, vietor,...). Takýto terén je charakteristický pre územia v krase, v priestoroch zosuvov pôdy, v nížinách s rozsiahlymi riečnymi nánosmi, v priestoroch viatych pieskov, a pod. .



Obr. č. 7 Princíp vzniku krasu [6]

Územie CHKO Moravský kras je charakteristické výskytom *závrto*. **Závrt** je krasová jama lievikovitého tvaru s hĺbkou niekoľkých metrov, ktorá vznikla najčastejšie rozpustením horniny smerom do podzemného priestoru, čo sa označuje ako *krasovenie*. Podľa spôsobu vzniku rozlišujeme závrty na:

- *Korózne* – vytvorené rozpúšťaním vápencového podložia
- *Koróžno-sufózne* – vytvorené na vápencoch pokrytých nerozpustnou horninou. Pri rozpúšťaní horniny v hlbšej vrstve dochádza k sadaniu horniny do hĺbky a vzniku depresie.
- *Prepadové* – vzniknuté prepadnutím podzemného priestoru
- *Náplavové* – vznikajú v krasovom teréne pokrytom nerozpustnými sedimentami. Postupným rozpúšťaním vápencového podložia a následným vznikom puklín je hornina odnášaná a tak vznikajú depresie. [14]

4 MERAČSKÉ PRÁCE

Pred samotnými meračskými prácami bolo potrebné previesť podrobnú rekognoskáciu danej lokality. Tá spočívala v oboznámení sa s presnou polohou lokality, jej terénnou obtiažnosťou, vymedzením hraníc a rekognoskáciou bodového poľa. Následné meračské práce prebiehali v niekoľkých etapách, v závislosti na klimatických podmienkach daného ročného obdobia.

23.10 – 29.10 2013 Stabilizácia bodového poľa, tvorba miestopisov, zameranie podrobných bodov č.1-1113

6.11 – 11.11 2013 Výškové a polohové pripojenie bodového poľa, zameranie podrobných bodov č. 1113-1566

3.3 – 6.3 2014 Zameranie podrobných bodov č. 1566-2066

4.1 Použité prístroje a pomôcky

Výber meracích pomôcok a prístrojov bol realizovaný vzhľadom k zadaniu. Bolo potrebné vybrať prístroj pre tachymetrické meranie, niveláciu a GNSS meranie.

K tachymetrickému meraniu bola použitá totálna stanica TOPCON GPT-3003N (výrobné číslo 4D0509) v kombinácii s odrazným hranolom a tyčou TOPCON. Táto totálna stanica bola zvolená hlavne z dôvodu potreby bezhranolového merania nedostupných skalných brál. Presnosti prístroja udávané výrobcom sú nasledovné:

- presnosť meraných smerov **10^{cc}**,
- presnosť diaľkomeru pre bezodrazný mód do 25 m **± 10 mm**,
- presnosť diaľkomeru pre bezodrazný mód nad 25 m **± (5 mm + 2 ppm)**,
- presnosť diaľkomeru pre odrazný mód **± (3 mm + 2 ppm)**.



Obr. č. 8 Totálna stanica TOPCON GPT-3003N

GNSS meranie bolo realizované aparátúrou Leica SR399. Aparatúra pozostáva z antény, odnímateľného počítača, trojnožky a batérie. Aparatúra dokáže spracovávať signály z družíc amerického systému NAVSTAR - GPS.



Obr. č. 9 GNSS aparatúra Leica SR399

K určeniu prevýšení boli použité prístroje Leica Sprinter 150M (výrobné číslo 2100070) a TOPCON AT-G7. Digitálny prístroj Leica Sprinter 150M bol použitý spolu aj s kódovou latou. Stredná kilometrová chyba udávaná výrobcom je $\pm 1.5 \text{ mm/km}$, prístroj obsahuje kompenzátor, zväčšenie ďalekohľadu je 24x.

Meranie na prístroji TOPCON AT-G7 bolo realizované s teleskopickou latou a klasickým čítaním. Prístroj disponuje kompenzátorom a ďalekohľadom so zväčšením 20x. Výrobcom udávaná stredná kilometrová chyba je $\pm 2,5 \text{ mm/km}$.



Obr. č. 10 Leica Sprinter 150M [2]



Obr. č. 11 Nivelačný prístroj
TOPCON AT-G7 [3]

4.1.1 Testovanie použitých prístrojov

Pred samotným meraním prebehla kontrola použitých prístrojov. Boli kontrolované nastavenia totálnej stanice TOPCON GPT-3003N (výrobné číslo 4D0509), hlavne konštanta hranolu pri odraznom meraní, registrácia potrebných hodnôt do zápisníku a tiež teplota a tlak prostredia. Pri samotnom meraní boli sledované rozdiely medzi meraním v I. a II. polohe ďalekohľadu na konkrétnom bode, a tiež uzáver pri osnove smerov.

Skúška nivelačného prístroja Leica Sprinter 150M (výrobné číslo 2100070) bola realizovaná priamo v lokalite. Softvér prístroja obsahuje funkciu pre skúšku nivelačného prístroja. Rovnako bola prevedená kontrola nivelačného prístroja TOPCON AT-G7, s rozdielom, že pri tomto prístroji bolo cielené na latu s centimetrovým delením.

4.2 Práce na bodovom poli

Rekognoskácia bodového poľa prebiehala na podklade (DBP). Bodové pole v okolí lokality tvorí zhusťovací bod (ZhB) č.218 s tromi pridruženými bodmi, body podrobných polohových bodových polí (PPBP) a body základných výškových bodových polí (ZVBP). Polohové pripojenie bodov meračskej siete mohlo byť realizované polygónovým ťahom, ktorý by však mal značnú dĺžku a jeho realizácia by bola zdĺhavá. Preto po konzultácii s vedúcim spadlo rozhodnutie na polohové pripojenie siete metódou GNSS.

Vzhľadom k charakteru terénu a technickým požiadavkám merania boli vybraté vhodné miesta pre stabilizáciu bodov z dôrazom kladeným najmä na potrebu zamerať čo najväčšie územie. Stabilizácia bola realizovaná drevenými kolíkmi so značkou na „hlave“ s rozmerom 2x2cm a dĺžkou 50cm, prípadne klinovou značkou pri tvrdých povrchoch. Kolíky boli stabilizované v zemi celou svojou dĺžkou z dôvodu čo možno najmenšieho ohrozenia vonkajšími javmi. Následne po stabilizácii boli vyhotovené miestopisy všetkých bodov.

GNSS meranie bolo realizované statickou metódou. Dĺžka observácie na každom bode sa pohybovala v rozmedzí 40-50 minút. Metódou GNSS boli zamerané body č 4001, 4002, 4003, 4004 a 4006.

Ostatné body meračskej siete č. 4005, 4007, 4008, 4009, 4010, 4011, 4012 boli určené metódou rajónu, na bode č. 4013 bol použitý dvojnásobný rajón. Na východnom bode bola vždy zameraná orientácia na známy bod, smer a vzdialenosť na bod určovaný. Následne po postavení stroja na určovanom bode bola zameraná vzdialenosť a smer na bod predchádzajúci plus minimálne jedna ďalšia orientácia. Na bode 4012 bol ako druhá orientácia použitý podrobný bod. Meranie bolo prevedené za podmienok aby vzdialenosť rajónu nebola dlhšia ako vzdialenosť najvzdialenejšej orientácie. Meranie bolo realizované vždy v dvoch polohách pre možnosť vylúčenia kolimačnej a indexovej chyby prístroja z dôvodu vyššej presnosti.

Výškové pripojenie na bod 4001 bolo realizované z bodu ČSNS III. rádu Kj1-21 ktorý bol overený z bodov Kj1-21.1 a Kj1-20. Meranie bolo realizované metódou geometrickej nivelácie zo stredu pomocou digitálneho prístroja Leica Sprinter 150M.

4.3 Zameranie podrobných bodov

K zameraniu podrobných bodov bola použitá totálna stanica Topcon GPT3003N. Popri meraní bol tvorený meračský náčrt podľa ktorého bola v závere vyhotovovaná výsledná mapa. Body boli zameriavané vzhľadom k mierke vyhotovovanej mapy 1:500 respektíve 1:100 v 3. triede presnosti podľa ČSN 01 3410.

Predmetom merania boli čiary terénnej kostry, podrobné výškové body, skaly, vstupy do jaskýň, vodstvo, rozhrania povrchov a kultúr, stromy, líniové stavby a komunikácie, vchody do budov a na pozemky, ploty, inžinierske siete, informačné značenie. Línie sa zameriavali s presnosťou aby priama spojnica dvoch bodov reflektovala priebeh línie s presnosťou na 0,1 m. Kritériom k zameraniu podrobných bodov polohopisu bola dĺžka priamej spojnice ktorá musela dosahovať aspoň 0,1 m. Kružnice boli zameriavané dvomi spôsobmi a to meraním stredu a bodu na okraji prípadne meraním troch bodov rovnomerne rozmiestnených po okraji kružnicového útvaru. Pri zameriavaní koryta Sloupského potoka bola zameriavaná hĺbka koryta spolu s dátumom ku ktorému sa vzťahuje. Vchody do jaskýň boli určené kolmým priemetom vchodu na terén, prípadne zameraním. Číselné štítky označení vstupov do jaskýň neboli nájdené a tak ich poloha nemohla byť zameraná.

5 VÝPOČTOVÉ PRÁCE

Výpočtové práce boli realizované elektronicky v programoch Leica Geo Office, Groma, Microsoft Excel a Atlas DMT. Išlo hlavne o spracovanie meraných observácií GPS, výpočet tachymetrických zápisníkov, nivelačných zápisníkov a interpoláciu vrstevníc.

5.1 Polohové a výškové určenie stanovísk

Ako už bolo spomínané, polohové pripojenie bolo realizované statickou metódou GNSS. Dáta prijaté meracou aparátúrou boli importované do programu Leica Geo Office (LGO) a následne spracované metódou *post processing*. Program umožňuje vymedzenie intervalov meraných signálov jednotlivých družíc a ich zahrňovanie prípadne eliminovanie vo výpočte. Výpočet prebiehal fázovou metódou na frekvenciách L1 a L2. Primárne bol ako referenčný bod zvolený bod TUBO siete CZEPOS, umiestnený na budove B areálu FAST VUT. Pomocou tejto referenčnej stanice bol však dosiahnutý spoľahlivý výpočet s vyriešením ambiguity iba na bode 4001. Ani po rozsiahlej analýze meraných signálov a hľadaní intervalu vhodného pre výpočet, sa nepodarilo ambiguity vyriešiť. Preto bolo po konzultácii s vedúcim prístupné k výpočtu za použitia virtuálnej referenčnej stanice od CZEPOSu. Táto fiktívna referenčná GNSS stanica je generovaná systémom pre určovanie diferenčných korekcií. Je generovaná tak, aby sa nachádzala v blízkosti kde užívateľ realizuje meranie. Diferenčné korekcie sú pre virtuálnu referenčnú stanicu generované z diferenčných korekcií permanentných referenčných staníc nachádzajúcich sa v okolí požadovanej virtuálnej referenčnej stanice. [11] Pri použití tejto stanice boli ambiguity na bodoch 4002, 4003, 4004, 4006 vyriešené, a tak mohlo byť meranie považované za správne. Na záver bola prevedená transformácia súradníc do systému S-JTSK pomocou transformačného kľúča CZ_JT13 poskytnutého ČUZK.

č. bodu	Y	X
4001	586138.9015	1 137822.6029
4002	586194.0415	1 137917.1526
4003	586251.3104	1137957.1679
4004	586234.2561	1138044.7970
4006	586311.1071	1137830.9779

Tab. č. 1 Súradnice bodov určených GNSS

	Reference:Virtual Rinex	Rover:4001	
Coordinates:			
Easting:	586668.2336 m	586138.9015 m	
Northing:	1139070.4973 m	1137822.6029 m	
Ortho. Hgt:	465.2649 m	465.5448 m	
Solution type:	Phase: all fix		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	L1/E1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. E: 0.0015 m Posn. Qlty: 0.0020 m	Sd. N: 0.0013 m Sd. Slope: 0.0011 m	Sd. Hgt: 0.0038 m
M0:	1.9764 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000041	-0.00000020 0.00000058	-0.00000045 0.00000093 0.00000361
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 41.98325" Slope: 1355.7556 m	dLon: 0° 00' 19.56135"	dHgt: 0.2809 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.7 - 12.0 PDOP: 2.3 - 9.6	HDOP: 1.4 - 6.8	VDOP: 1.8 - 6.9
Number of used satellites:	GPS: 6 GLONASS: -		

Obr. č. 12 Ukážka časti výsledného protokolu spracovania GNSS

Nivelačný zápisník bol počítaný v programe Microsoft Excel, v zásade išlo o určenie prevýšenia medzi bodom Kj1-21 a 4001. Výsledná výška bodu 4001 má hodnotu:

$$H_{4001} = H_{Kj1-21} + h$$

Výsledná výška bola určená v systéme Balt po vyrovnaní (Bpv). Rovnakým spôsobom bolo vyhotovené overenie nivelačného bodu z bodov Kj1-21.1 a Kj1-20. Vypočítané zápisníky sú uvedené v prílohe č. 3.

Keďže sa jednalo o overenie bodu III. řádu ČSNS, bolo nutné dodržať stanovené kritéria pre presnosť merania v danom výškovom poli. Medzi meraním tam a späť je potrebné splniť kritérium stanovené medznou odchýlkou:

$$\Delta_{max} = 3 * \sqrt{R}$$

V uvedenom vzorci, aj vo vzorcoch nasledujúcich, vyjadruje R dĺžku ťahu v kilometroch.

meranie medzi bodmi	Δ [mm]	Δ_{max} [mm]	splnené
4001; Kj1-21	0,9	1,9	áno
Kj1-21; Kj1-20.1	0,4	1,5	áno
Kj1-21; Kj1-21.1	1,2	1,5	áno

Tab. č. 2 Rozdiely v meranom prevýšení "tam" a "spät"

Meranie musí súčasne spĺňať kritérium medzi meraným a daným prevýšením stanovené medznou odchýlkou:

$$\Delta_{max} = 2 + 3 * \sqrt{R}.$$

dané prevýšenie [m]	merané prevýšenie [m]	Δ [mm]	Δ_{max} [mm]	splnené
9,5760	9,5772	0,4	3,5	áno

Tab. č. 3 Overenie bodu Kj1-21 z bodu Kj1-20.1

dané prevýšenie [m]	merané prevýšenie [m]	Δ [mm]	Δ_{max} [mm]	splnené
0,9470	0,9502	3,2	3,5	áno

Tab. č. 4 Overenie bodu Kj1-21 z bodu Kj1-21.1

Z uvedených výsledkov vyplýva, že meranie možno považovať za správne.

Ostatné body meračskej siete boli určené metódou spresnenej technickej nivelácie. Rozdiel medzi meraným prevýšením „tam“ a „spät“ je definovaný medznou odchýlkou:

$$\Delta_{max} = 20 * \sqrt{R}.$$

meranie medzi bodmi	Δ [mm]	$\Delta_{\max}$ [mm]	splnené	prevýšenie [m]
4001; 4002	1,0	7,0	áno	-0,2575
4002; 4003	1,0	4,9	áno	0,6025
4003; 4004	0,0	6,3	áno	5,1770

Tab. č. 5 Merané prevýšenia a dosiahnuté odchýlky pri výškovom určení stanovísk

č. bodu	výška (Bpv)
4001	465,551
4002	465,294
4003	465,896
4004	471,073

Tab. č. 6 Výšky bodov meračskej siete

Body meračskej siete č. 4005, 4007, 4008, 4009, 4010, 4011, 4012, 4013 boli spracované v programe Groma pomocou polárnej metódy dávkou, súbežne s výpočtom podrobných bodov. Všetky protokoly súvisiace s výpočtom, ako pri metóde GNSS tak aj pri rajóne, sú uvedené v prílohe č.2.

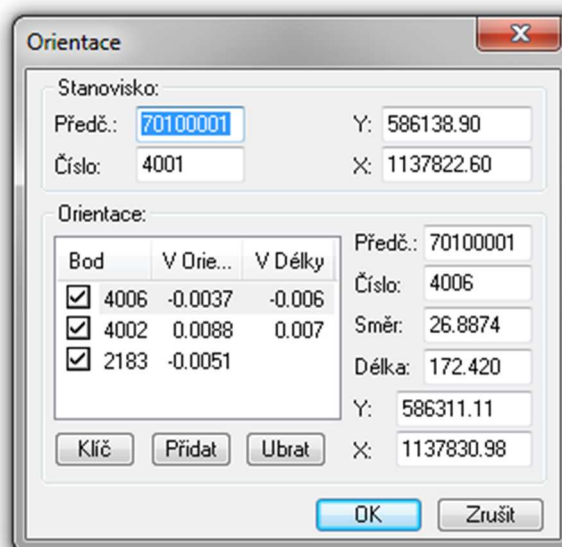
č. bodu	Y	X	H
4005	586216.45	1138107.51	469.37
4007	586172.19	1137828.09	466.02
4008	586211.80	1137949.71	464.04
4009	586175.78	1137983.27	470.41
4010	586186.87	1137986.00	470.01
4011	586133.30	1137835.98	465.13
4012	586238.22	1137991.85	466.12
4013	586205.39	1138099.04	468.27

Tab. č. 7 Súradnice bodov určených metódou rajónu v systéme S-JTSK resp. Bpv

5.2 Výpočet súradníc podrobných bodov

Na začiatku bolo potrebné zjednotiť zápisníky z jednotlivých etáp merania. Následne bol zápisník importovaný do programu Groma. Fyzikálne korekcie boli ošetrené už pri meraní, kedy bolo treba zadať do prístroja tlak a teplotu vzduchu. Matematické korekcie boli zavedené pri importe zápisníka do programu Groma. Jednalo sa o prevod do Krovákovho kužeľového zobrazenia v obecnej polohe. Pomocou funkcie „Křovák“ bol vypočítaný merítkový koeficient skreslenia dĺžok. Pre výpočet bolo potrebné zadať priemernú súradnicu Y a X a tiež priemernú nadmorskú výšku v lokalite.

Zápisník obsahoval merania v dvoch polohách, ktoré bolo treba prepočítať. Na tento účel slúži funkcia „Spracování zápisníku“ kde boli spracované merania v oboch polohách, opakované merania, obojsmerne merané dĺžky a prevýšenia. Protokol je priložený v prílohe č. 2. Následne bol zápisník vypočítaný pomocou funkcie „Polární metoda dávkou“. Počas výpočtu bolo možné sledovať orientačný posun, a tak prípadne vyradovať orientácie zaťažené chybou (obr.č.13)



Obr. č. 13 Posudzovanie orientačných posunov na stanoviskách

V priebehu výpočtu boli vyhodnocované súradnicové rozdiely na identických bodoch, ktoré boli ďalej testované pre overenie správnosti meracieho procesu. Body boli určené v systéme S-JTSK a Bpv.

5.3 Testovanie presnosti

Pri testovaní presnosti sa overovalo, či dosiahnuté výsledky vyhovovali kritériám presnosti stanoveným pre 3. triedu presnosti podľa ČSN 10 3410. Išlo o overenie polohovej a zároveň výškovej zložky výsledných súradníc identických bodov. Rozsah testovaného súboru bol 148 bodov. Body museli spĺňať podmienku aby boli jednoznačne identifikovateľné, tvorili reprezentačný výber a boli rovnomerne rozmiestnené po celom území. Testovaný súbor splnil požiadavky kladené normou ČSN 01 3410, výpočet bol realizovaný v programe Microsoft Excel a je súčasťou prílohy č.4.

5.3.1 Testovanie súradníc X, Y

Testovanie presnosti súradníc X, Y bolo realizované dvojným zameraním bodov v teréne a porovnaním ich súradníc. Pre každý bod sa vypočítali súradnicové rozdiely:

$$\Delta X = X_m - X_k \qquad \Delta Y = Y_m - Y_k$$

kde X_m a Y_m sú výsledné súradnice podrobných bodov a X_k a Y_k sú súradnice zamerané kontrolne. Splnenie stanovenej presnosti bolo testované pomocou výberovej strednej súradnicovej chyby $S_{x,y}$.

$$S_{x,y} = \sqrt{\frac{S_x^2 + S_y^2}{2}}$$

Stredné výberové chyby súradníc S_x a S_y boli určené zo vzťahu:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2} \qquad S_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}$$

kde N reprezentuje počet bodov, a k koeficient ktorého hodnota pri určení rovnakou presnosťou má hodnotu 2.

Presnosť určenia súradníc X a Y je vyhovujúca pokiaľ sú dodržané kritéria:

- Polohová odchýlka $|\Delta p| \leq 1,7 * u_{x,y}$ kde $\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

- Výberová stredná súradnicová chyba $s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}$ kde $\omega_{2N} = 1,10$ pri hladine významnosti $\alpha = 5\%$

[12]

5.3.2 Testovanie výšok H

Podobne ako pri predchádzajúcom testovaní, presnosť určenia súradníc bola overená dvojitém nezávislým zameraním bodov v teréne a porovnaním ich výšok. Pre každý bod boli vypočítané výškové diferencie:

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

kde H_m je výška podrobného bodu a H_k je výška bodu kontrolného. Dosiahnutie stanovenej presnosti bolo testované pomocou strednej výberovej výškovej chyby S_H :

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

kde N reprezentuje počet bodov, a k koeficient ktorého hodnota pri určení rovnakou presnosťou má hodnotu 2.

Presnosť určenia výšok je vyhovujúca pokiaľ sú dodržané kritéria:

- Odchýlka $|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$
- Výberová stredná chyba S_H vyhovuje kritériu $S_H \leq 3 \cdot \omega_N \cdot u_H$ pre nespevnené povrchy a $S_H \leq \omega_N \cdot u_H$ pre povrchy spevnené, kde $\omega_{2N} = 1,10$ pri hladine významnosti $\alpha = 5\%$ a rozsahu N v rozmedzí od 80 do 500 bodov. [12]

6 TVORBA ÚČELOVEJ MAPY

V záverečnej fáze prebehla tvorba samotných účelových máp v mierkach 1:500 a časti v oblasti skaly „Hřebenáč“ v mierke 1:100. Kresba bola vyhotovená na základe meračských náčrtov, v kombinácii s kódmi, ktoré uľahčovali proces tvorby. Výsledný elaborát v mierke 1:500 je realizovaný pre formát A1, elaborát v mierke 1:100 pre formát A2 a nachádza sa v prílohe č.10 a 11. Digitálna mapa v mierke 1:500 má označenie mapa500.dgn respektíve v mierke 1:100 mapa100.dgn. Obe rešpektujú atribúty prvkov podľa tabuľky poskytnutej vedúcim práce, ktorá je súčasťou prílohy č.9.

6.1 Tvorba polohopisnej zložky

Tvorba polohopisnej zložky prebiehala v programe Microstation V8 od firmy Bentley. Program je pre akademické používanie dostupný na počítačoch Ústavu geodezie FAST VUT v Brně. Na začiatku bol založený projekt, ktorý bol pomocou dizajnového súboru upravený pre prácu v systéme S-JTSK. Vo vytvorenom projekte boli nadefinované vhodné vrstvy pre jednotlivé prvky podľa definovaných atribútov. Následne boli pomocou MDL aplikácie „Groma“ importované do stanovených vrstiev a so stanovenými parametrami podrobné body a body bodového poľa. Ako už bolo spomínané, okolie skaly Hřebenáč bolo mapované s vyšším rozlíšením detailov pre zobrazenie v mierke 1:100. Preto bolo pristúpené k redukcii nadbytočných bodov ktoré neboli potrebné pre kresbu v mierke 1:500. Tieto body boli presunuté do netlačenej vrstvy č.5 resp. č.41.

V lokalite sa nachádzalo niekoľko závrtovej a vstupov do jaskýň. Tieto boli zamerané a označené príslušnou značkou. Pri meraní závrtovej bola vždy zameraná vrchná a spodná hrana, a tiež najhlbší bod dna. Popisy a čísla jaskýň boli do mapy doplnené z databázy Jednotné Evidence Speleologických Objektů (JESO).

V lokalite sa nachádzali skalné previsy so značným sklonom. Táto situácia bola výrazná najmä pri prepade Sloupského potoka do podzemia. Zachytenie prepadu bolo považované za dôležité, a tak bolo zamerané a vo výslednej kresbe zobrazené líniovou značkou podľa ČSN 01 4311 aj keď línie neboli zhora viditeľné.

6.2 Tvorba výškopisnej zložky

Tvorba výškopisnej zložky bola uskutočnená pomocou programu Atlas DMT. Po nadefinovaní modelu terénu a importovaní zoznamu súradníc bolo potrebné definovať oblasti, kde výpočet vrstevníc nemal byť realizovaný. Jednalo sa o vodné plochy, stavebné objekty a skaly. Z modelu boli tiež odstránené body, ktoré neboli súčasťou terénneho reliéfu, a tak by negatívne ovplyvňovali výsledný výpočet. Vo výslednej fáze bolo tiež potrebné definovať terénnu kosť a hrany.

Výsledné vrstevnice pre mierku 1:500 boli vypočítané v rozostupe 1 m pre základné vrstevnice, a 5 m pre vrstevnice zdôraznené. Pre mierku 1:100 bol zvolený krok 0,2 m pre základné vrstevnice, respektíve 1 m pre vrstevnice zdôraznené. V rovinatej časti lokality boli doplnené doplnkové vrstevnice v kroku polovičnom oproti vrstevniciam základným.

V miestach, kde dochádzalo k výraznému sklonu terénu, boli použité technické šrafy, vyhotovené v programe Microstation 95 pomocou nadstavby Mgeo. V prípade splynutia vrchnej a spodnej hrany terénu, boli do mapy zakreslené relatívne kóty. Hĺbka koryta Sloupského potoka bola meraná vždy v najhlbšom bode. Tento údaj sa vzťahuje k dátumu 28.10 – 29.10. 2013.

7 ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo zdokumentovanie krasových javov v okolí Sloupsko-šošůvských jeskyní formou účelovej mapy, so zameraním sa hlavne na oblasť skaly Hřebenáč, ktorá je každoročne zaplavovaná. V práci sú rozoberané teoretické základy súvisiacej problematiky spolu s popisom realizácie výslednej mapy.

V prvej etape bolo potrebné previesť rekognoskáciu lokality kde sa ukázalo, že bodové pole je pre potreby merania nutné zhustiť, čo bolo realizované metódou GNSS. Následne v priebehu merania bolo toto pole ďalej zhusťované podľa potreby rajónmi. Výškovo bolo meranie pripojené nivelačným ťahom z výškového bodu III. rádu ČSNS. Zameriavanie podrobných bodov prebiehalo tachymetricky.

Presnosť výsledného merania bola posudzovaná polohopisným a výškopisným testovaním podľa normy ČSN 01 4310. Testovanie prebiehalo na identických bodoch ktoré boli nezávisle kontrolne zamerané z iného stanoviska. Posudzovanie splnenia podmienky bolo realizované strednou polohovou výberovou chybou a strednou výškovou výberovou chybou. Obe tieto chyby spĺňajú pravidlo stanovujúce normou, a teda je možné meranie považovať za správne.

V záverečnej etape bola prevedená realizácia kresby máp v programe Microstation V8i a Atlas DMT pre interpoláciu výškopisu, rešpektujúc normu ČSN 01 4311.

Výsledkom bakalárskej práce sú digitálne účelové mapy pripravené pre tlač v mierkach 1:100 a 1:500, spolu s patričnými prílohami. Tieto mapy detailne dokumentujú priebeh krasových javov v oblasti Sloupsko-šošůvských jaskyní a môžu slúžiť potrebám CHKO Moravský kras.

8 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] *Městys Sloup* [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.sloup.info/>
- [2] *Správa CHKO Moravský kras* [online]. 2014. Dostupné z: <http://moravskykras.ochranaprirody.cz/>
- [3] PLÁNKA, L. *Kartografie a základy GIS: Úvod do kartografie*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006.
- [4] ČSN 73 0402. *Značky veličin v geodézii a kartografii*. Vydavatelství norem Praha, 2010.
- [5] Fišer Z., Vondrák J. a kol. : *Mapování*. Brno. Akademické nakladatelství Cerm, 2006, 146 s., ISBN 80 – 7204 – 472 - 9
- [6] HUML, M., MICHAL, J., *Mapování 10*, Vydalo: České vysoké učení technické v Praze, 2001, s. 12-15, 216-232, 250-255 ISBN 80-01-02113-0
- [7] Informace o geodetických základech v ČR. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. 2014. Dostupné z: <http://cuzk.cz/Zememerictvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/Informace-o-geodetickych-zakladech.aspx>
- [8] RAPANT, P.: *Družicové polohové systémy*, VŠB – TU, Ostrava, 2002. 200 s. ISBN 80-248-0416-6. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz>
- [9] ČÚZK. *NÁVOD PRO OBNOVU KATASTRÁLNÍHO OPERÁTU A PŘEVOD*. Praha, 2013. Dostupné z: http://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK/Navod-pro-OKOP_ve-zneni-dod-c-1-2c2-2c3-%281%29.aspx

[10] KALVODA, P., Pokyn pro tvorbu účelové mapy, Brno, Vydavatelství VUT 2011

[11] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.vugtk.cz/slovník/5930_virtualni-referencni-stance

[12] ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Vydavatelství norem Praha, 1990

[13] HAUF, Miroslav. *Geodézie*. 2. upr. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989, 561 s. Technický průvodce (státní nakladatelství technické literatury), sv. 42. ISBN 80-030-0142-0.

[14] TURANOVÁ, L., Didaktika geologie 2. Špeciálna didaktika geologie, Bratislava UK, 2004, 120s., ISBN 80-223-1811-6

9 ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

CHKO – Chránená krajinná oblast

DPB – Databáze bodových polí

ČUZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

GNSS – Global Navigated Satellite System

PPBP – Podrobné polohové bodové pole

ČSNS – Česká státní nivelační síť

VUT – Vysoké Učení Technické

PR – přírodní rezervace

Bpv – Balt po vyrovnání

ČSN – Česká technická norma (Československá státní norma)

m – meter

ha – hektár

Obr. – obrázok

Tab. – tabuľka

10 ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

Zoznam obrázkov

Obr. č. 1 Približný zákres danej lokality.....	12
Obr. č. 2 Poloha lokality vzhľadom k CHKO Moravský kras a mestu Brno [4].....	13
Obr. č. 3 Súčasná fotografia Hřebenáča a časti záujmovej lokality.....	14
Obr. č. 4 Princíp trigonometrického určovania výšky.....	18
Obr. č. 5 Princíp polárneho určenia polohy.....	18
Obr. č. 6 Princíp geometrickej nivelácie[1].....	21
Obr. č. 7 Princíp vzniku krasu [6].....	25
Obr. č. 8 Totálna stanica Topcon GPT-3003N.....	27
Obr. č. 9 GNSS aparátúra Leic SR399.....	27
Obr. č. 10 Leica Sprinter 150m [2].....	28
Obr. č. 11 Niveláčny prístroj TOPCON AT-G7 [3].....	28
Obr. č. 12 Ukážka časti výsledného protokolu spracovania GNSS.....	32
Obr. č. 13 Posudzovanie orientačných posunov na stanoviskách.....	35

Zoznam tabuliek

Tab.č. 1 Súradnice bodov určených GNSS.....	31
Tab.č. 2 Rozdiely v meranom prevýšení „tam“ a „spät“.....	33
Tab.č. 3 Overenie bodu Kj1-21 z bodu Kj1-20.1	33
Tab.č. 4 Overenie bodu Kj1-21 z bodu Kj1-21.1.....	33
Tab.č. 5 Merané prevýšenia a dosiahnuté odchýlky pri výškovom určení stanovísk.....	34
Tab.č. 6 Výšky bodov meračskej siete.....	34
Tab.č. 7 Súradnice bodov určených metódou rajónu v systéme S-JTSK resp. Bpv.....	34

11 ZOZNAM ZDROJOV OBRÁZKOV

[1] VONDRÁK, Jiří. *Geodezie II*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2004, 38 s.

[2] PROSSPER.PL, *Leica Sprinter 150M*. [online]. Dostupné z: http://prossper.pl/galerie/z/zestaw-leica-sprinter-15_1837.jpg [cit. 2014-05-01]

[3] TRACDIAHANOI.COM *Topcon AT-G7*. [online]. Dostupné z: <http://www.tracdiahanoi.com/uploads/imgproducts/origin/1304742491.jpg> [cit. 2014-05-01]

[4] SEZNAM.CZ, A. S. Mapový portál. [online]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz> [cit. 2014-05-01]

[5] PANORAMIO. Fotografický portál. [online]. Dostupné z: <http://static.panoramio.com/photos/large/3994212367.jpg> [cit. 2014-05-01]

[6] VSB, Vysoká škola báňská. [online]. Dostupné z: http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/9_obrazky/9_24_kras.jpg [cit. 2014-05-01]

12 ZOZNAM PRÍLOH

1. Zápisníky merania (*digitálne*)
 - 1.1. Zápisník GNSS merania
 - 1.2. Niveláčné zápisníky
 - 1.3. Zápisník tachymetrického merania
2. Výpočtové protokoly (*digitálne*)
 - 2.1. Protokoly GNSS
 - 2.2. Výpočet rajónov a podrobných bodov
3. Zoznamy súradníc (*digitálne*)
 - 3.1. Súradnice bodového poľa
 - 3.2. Súradnice pomocnej meračskej siete
 - 3.3. Súradnice podrobných bodov
4. Testovanie presnosti (*digitálne*)
 - 4.1. Testovanie presnosti súradníc Y a X
 - 4.2. Testovanie presnosti výšok
5. Geodetické údaje
 - 5.1. Údaje o bodoch polohového a výškového bodového poľa (*digitálne*)
 - 5.2. Údaje o bodoch pomocnej meračskej siete (*digitálne / papierová podoba, 1xA4*)
6. Náčrty
 - 6.1. Prehľad kladu meračských náčrtov (*digitálne*)
 - 6.2. Adjustované meračské náčrty (*digitálne*)
 - 6.3. Prehľadný náčrt bodového poľa (*digitálne / papierová podoba, 1xA4*)
7. Mapa v mierke 1:100 (*digitálne / papierová podoba, 4xA4*)
8. Mapa v mierke 1:500 (*digitálne / papierová podoba, 8xA4*)
9. Atribútová tabuľka kresby (*digitálne*)