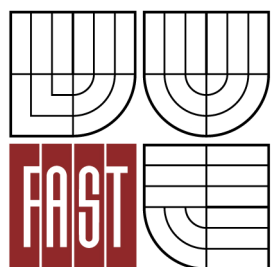




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV GEODÉZIE**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF GEODESY

# ZAMĚŘENÍ ÚZEMÍ PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU V ÚDOLÍ OSLAVY

LARGE-SCALE MAPPING FOR CREATION OF DIGITAL TERRAIN MODEL IN VALLEY OF OSLAVA  
RIVER

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Jiří Grečnár

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ VONDRÁK, Ph.D.



# 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** Jiří Grečnár

**Název** Zaměření území pro tvorbu digitálního modelu terénu v údolí Oslavy

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

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2011

**Datum odevzdání bakalářské práce** 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

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

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

## **Podklady a literatura**

Fišer Z., Vondrák J.: Mapování, CERM Brno s. r. o., 2. vydání, 2006

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

Bartoněk D.: Počítačová grafika, Brno 2000

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

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

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

Hromádka F.: Topografické mapování, Brno 1979

Pažourek J., Reška J.: Mapování – Návodky ke cvičením. I. díl., Ediční středisko VUT Brno, 1990

Pažourek J., Reška J.: Mapování, Nakladatelství VUT Brno, 1992

## **Zásady pro vypracování**

V zadané lokalitě v prostoru Nesměř vybudujte měřickou síť pro tachymetrické zaměření. Síť připojte do závazných referenčních systémů. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data zpracujte a na jejich základě vyhotovte tachymetrický plán ve vhodném měřítku. Výstupy práce připravte k předání v podobě vhodné pro tvorbu DMT (digitální model terénu).

## **Předepsané přílohy**

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

**Bibliografická citace VŠKP:**

GREČNÁR, Jiří. *Zaměření území pro tvorbu digitálního modelu terénu v údolí Oslavy*. Brno, 2012. 35 s., 18 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Jiří Vondrák, Ph.D..

**Anotace práce:**

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku sběru dat pro vyhotovení digitálního modelu terénu a vytvoření tachymetrického plánu v údolí Oslavy. Práce pojednává o metodách mapování, zpracování a interpretace získaných dat. Pro tuto práci byla využita metoda tachymetrie. Výsledkem je tachymetrický plán v měřítku 1:500 a data pro vyhotovení digitálního modelu terénu.

**Anotace práce v anglickém jazyce:**

This bachelor thesis is interested in large-scale mapping for creation of Digital terrain model and tacheometry plan in valley of Oslava river. The work deals about methods for mapping, processing and presentation the data. For this work was used tacheometry method. The results of work is a tacheometry plan at 1:500 scale and data for digital terrain model.

**Klíčová slova:**

Tachymetrie, tachymetrický plán, digitální model terénu

**Klíčová slova v anglickém jazyce:**

Tacheometry, tacheometry plan, digital terrain model

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 21.5.2012

.....  
podpis autora

**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Jiřímu Vondrákovi Ph.D. za cenné rady a připomínky k této práci.

Dále bych chtěl poděkovat Ondřeji Ptáčkovi a Pavlu Roubalovi za pomoc při měřických pracích v terénu a rady při zpracování.

V Brně dne 21.5.2012

.....  
podpis autora

## OBSAH

1. ÚVOD.....	7
2. ÚČELOVÁ MAPA.....	8
2.1. Účelové mapy základního významu.....	8
2.2. Ostatní účelové mapy.....	8
2.3. Další činnosti charakteru účelového mapování.....	8
3. DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU.....	9
3.1. Postup tvorby DMT.....	9
3.2. Typy DMT.....	9
3.2.1. Polyedrický model.....	9
3.2.2. Rastrový model.....	9
3.2.3. Plátový model.....	10
4. ZNÁZORNĚNÍ TERÉNNÍHO RELIÉFU.....	11
4.1. Terénní tvary.....	11
4.2. Interpretace výškopisu.....	11
4.2.1. Kótování.....	11
4.2.2. Vrstevnice.....	11
4.2.3. Šrafování.....	12
4.2.4. Ostatní metody.....	12
5. ZAMĚŘENÍ DANÉHO ÚZEMÍ.....	13
5.1. Měřická síť.....	13
5.1.1. Metody určení polohy pomocných bodů.....	13
5.1.2. Metody určení výšky pomocných bodů.....	13
5.2. Podrobné měření.....	15
6. LOKALIZACE.....	16
7. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE.....	17
7.1. Rekognoskace území.....	17
7.2. Rekognoskace bodového pole.....	18
7.3. Kritéria přesnosti.....	19
7.4. Volba přístrojů a pomůcek.....	20
7.4.1. Elektronická totální stanice.....	20
7.4.2. Nivelační přístroj.....	21
7.4.3. Ostatní pomůcky a přístroje.....	21
8. MĚŘICKÉ PRÁCE.....	22
8.1. Doplnění bodového pole.....	22
8.1.1. Výškové připojení.....	22
8.2. Podrobné měření.....	23
9. ZPRACOVATELSKÉ PRÁCE.....	24
9.1. Zpracování naměřených dat.....	24
9.2. Výpočetní práce.....	24
9.3. Grafické práce.....	26
10. OVĚŘENÍ PŘESNOSTI PODROBNÝCH BODŮ.....	28
11. ZÁVĚR.....	32
12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	33
13. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	34
14. SEZNAM PŘÍLOH.....	35

# 1. ÚVOD

Z archeologických nálezů víme, že lidé měli již od doby kamenné potřebu uchovávat nákresy svého území v podobě map. Mapová díla prošla od této doby vývojem přes starověké Řecko, kde byly založeny obory Geodézie zabývající se určením tvaru a rozměru zemského tělesa a Kartografie, která se zabývá vyobrazením těchto údajů v mapách a plánech až do dnešní podoby moderních tematických mapových děl a digitálních modelů terénu.

Mapování pro potřeby vyhotovení digitálního modelu terénu můžeme nazvat tematickým mapováním. Mezi tematické mapy velkého měřítka patří účelová mapa, která vyobrazuje kromě prvků základní mapy velkého měřítka i další předměty pro daný účel. V případě sběru dat pro digitální model terénu je mapování zaměřeno na co nejuvhodnější zachycení terénního reliéfu.

Digitální model terénu je zjednodušené prostorové vyjádření tvaru skutečného terénu. Umožňuje vytvořit si představu o zájmovém území, vizualizovat jej a zkoumat na něm různé jevy závislé na členitosti terénu jako hledat vrcholy, hřbetnice, údolnice, místa určitého sklonu, šíření radiokomunikačního signálu, vytvářet vizualizace záplavových území.

Tato práce navazuje na předchozí bakalářské práce mapující okolí RS Nesměř, které slouží k výuce měření v terénu pro studenty Ústavu geodézie Fakulty stavební VUT v Brně. Práce se zabývá sběrem dat pro digitální model terénu a vyhotovení účelové mapy dané lokality. Získaná data budou předána k dalšímu zpracování a vyhotovení digitálního modelu terénu.

Práce je členěna na dvě základní části, první z nichž se obecně zabývá účelovým mapováním pro tvorbu digitálních modelů terénu a druhá část zabývající se zvolenými metodami měření a zpracování a dosažených přesností v dané lokalitě.



## **2. ÚČELOVÁ MAPA**

Účelové mapy tvoří společně s mapami tématickými kategorií map s nadstandardním obsahem proti mapě katastrální. Účelovými mapami jsou vždy mapy velkých měřítek, které obsahují kromě základních prvků i další obsah podle účelu pro jaký vznikly. Používají se pro plánovací, projektové, provozní, evidenční, dokumentační a jiné účely. Účelové mapy vznikají přímým měřením, přepracováním nebo doměřením požadovaného obsahu do stávajících map. Polohopisným podkladem pro jejich tvorbu často bývá mapa katastrální. [1]

### **2.1. Účelové mapy základního významu**

- Technická mapa města
- Základní mapa závodu
- Základní mapa dálnice
- Základní mapa letiště
- Jednotná železniční mapa stanic a tratí
- Mapy podzemních prostor

### **2.2. Ostatní účelové mapy**

- Mapové podklady pro projektování staveb
- Mapa sídliště
- Mapy v lesním hospodářství
- Mapy nemovitých kulturních památek
- Dokumentace skutečného provedení stavby
- Mapy pozemkových úprav

### **2.3. Další činnosti charakteru účelového mapování**

Za účelové mapování lze považovat jakýkoliv sběr dat geodetickými metodami, který slouží jako podklad pro další technické zpracování. Přesnost mapování, metody měření a vyjádření výsledků obvykle udává zadavatel práce. [1]

### 3. DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU

Jde o digitální interpretaci terénního reliéfu a předmětů na něm se nacházejících. Digitální model terénu lze definovat jako soubor bodů, linií a ploch terénního reliéfu uložený v počítači a algoritmus pro určení nových bodů nebo jiných informací jako je sklon svahu, viditelnost. [7]

#### 3.1. Postup tvorby DMT

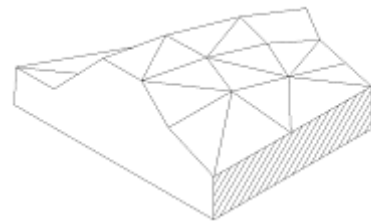
- získání dat
- zpracování dat
- generování DMT
- interpretace DMT
- vizualizace DMT
- aplikace DMT

#### 3.2. Typy DMT

Pro popis terénu se používá několik typů modelů. Všechny tyto typy modelů jsou založeny na rozdělení plochy na menší plošky, které se dají lépe matematicky definovat. Podle charakteristiky těchto plošek se rozlišují následující typy modelů:

##### 3.2.1. Polyedrický model

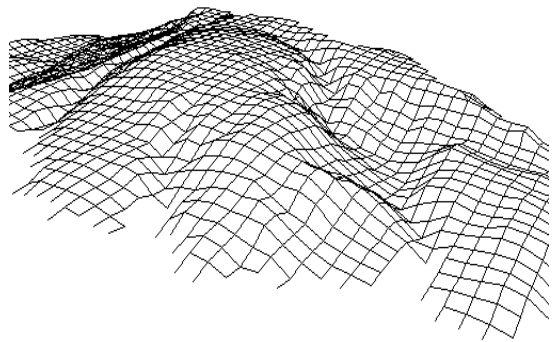
Elementární plošky tvoří trojúhelníky, které na sebe navzájem navazují. Každá trojúhelníková ploška je ohraničena třemi hranami. Interpolace se obvykle provádí lineárně po trojúhelnících. Vrcholy trojúhelníků je vhodné zvolit tak aby vystihovaly průběh terénu a jeho singularity. [7][8]



Obr. 3.1 - Polyedrický model [9]

##### 3.2.2. Rastrový model

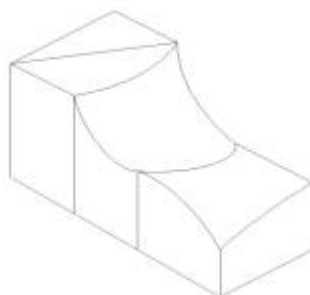
Elementární plošky jsou tvořeny promítnutím pravidelného čtyřúhelníkového rastru na terén, které vytváří zborcené čtyřúhelníkové plošky. Zborcené čtyřúhelníkové plošky je možné dále dělit na menší plošky nebo definovat matematickou funkcí. Vrcholy nebývají většinou měřeny v terénu, ale odvozeny z výpočetních vztahů. Strany čtyřúhelníků nekopírují singularity terénu, proto může docházet k nepřesnostem v modelu, pokud není čtyřúhelníková síť dostatečně zahuštěna. [7][8]



Obr. 3.2 - Rastrový model [10]

### 3.2.3. Plátový model

Povrch terénu se rozdělí na nepravidelné obecné trojúhelníkové nebo čtyřúhelníkové plochy. Hranice ploch se volí tak, aby kopírovaly singularity a charakteristické body terénu. K popisu ploch se používají polynomicke funkce, na stupni polynomu závisí vyhlazení návaznosti mezi jednotlivými plochami. [7][8]



Obr 3.3 - Plátový model [11]

## 4. ZNÁZORNĚNÍ TERÉNNÍHO RELIÉFU

Tvar zemského povrchu je tvořen mnoha jevy, mezi které patří odstředivá síla, přitažlivá síla, působení vody, teploty, větru a lidské činnosti. Zemský povrch se při mapování nahrazuje topografickou plochou, která se skládá z jednotlivých terénních tvarů.

### 4.1. Terénní tvary

- Tvary na vrchní části vyvýšeniny: hřbet, sedlo, kupa, kužel, hřeben, štít
- Tvary na úbočí vyvýšeniny: terénní stupeň, žebra, terasa, úžlabí, rýha, zářez
- Údolní tvary: údolí, úpatí, nánosový kužel, suťový kužel, propast, soutěska
- Skalní útvary: skalní masiv, balvan, skupina balvanů

[1]

### 4.2. Interpretace výškopisu

#### 4.2.1. Kótování

Jde o nejpřesnější metodu interpretace výškopisu, kdy každému měřenému bodu je přidělena výšková kóta. Kóty dělíme na absolutní – vztažené k nulové hladinové ploše a relativní – vztažené k dané výškové hladině. Nevýhodou kótovaného plánu je, že neudává představu o průběhu terénu.

#### 4.2.2. Vrstevnice

Vrstevnice patří mezi nejpoužívanější metodu vyjádření výškopisu. V kombinaci s výškovým šrafováním udává geometricky přesné vyjádření terénu. Vrstevnice je obecná křivka spojující místa o stejné výšce, vznikající lineární interpolací mezi měřenými body terénu. Pro každé mapové dílo se určuje interval vrstevnic, což je vertikální vzdálenost vrstevnic. V českých mapových dílech se interval určuje dle vztahu  $i=M/5000$ , kde M je měřítkové číslo mapy. Vrstevnice se dělí na základní, hlavní, pomocné a doplňkové.

- **Základní vrstevnice:** interval bývá zpravidla 1m, obvykle se kreslí plnou hnědou čarou.
- **Hlavní vrstevnice:** kreslí se zesílenou hnědou plnou čarou, obvykle jde o zvýraznění každé páté základní vrstevnice.
- **Doplňkové vrstevnice:** kreslí se hnědou tenkou čárkovanou čarou, používá se v rovinatém terénu kde nedostatečně vyjadřuje průběh terénu základní vrstevnice, interval bývá zpravidla polovina intervalu základních vrstevnic.
- **Pomocné vrstevnice:** kreslí se hnědou slabou plnou čarou v libovolném intervalu mezi základními vrstevnicemi, tak aby vystihly terénní tvary, které nevyjadřují základní ani pomocné vrstevnice. [1][2]

### **4.2.3. Šrafovaní**

V kartografii se vyskytuje velké množství šraf např. kreslířské, krajinné, sklonové, v účelových mapách používáme zpravidla technické šrafy. Kreslí se střídavě delší a kratší čárkou ve směru spádu od terénní hrany. Označují se tak místa, která by vrstevnice nedostatečně vyjádřily, například břeh řeky, zářezy a násypy podél cest. [2]

### **4.2.4. Ostatní metody**

Mezi další metody interpretace výškopisu patří hypsometrie, stínování, fyziografické metody a ostatní speciální metody. Tyto metody interpretace výškopisu nebyly v této práci využity, proto se jimi nebudeme blíže zabývat. [1]

## 5. ZAMĚŘENÍ DANÉHO ÚZEMÍ

Při geodetickém zaměření daného území se postupuje podle pravidla z velkého do malého. To znamená, že nejprve se vybuduje měřická síť, která se připojí do závazného polohového a výškového systému. Poté se vyhotoví měřický náčrt dané lokality, dále dochází k podrobnému měření a nakonec k testování přesnosti.

### 5.1. Měřická síť

Jelikož bodové pole není všude dostatečně zahuštěno, aby bylo možné provádět podrobné měření přímo z bodů PPBP případně ZPBP, je třeba v dané lokalitě vytvořit pomocné body. Jde o síť stabilizovaných bodů, které jsou připojeny k závaznému polohovému a výškovému systému. Stabilizace pomocných bodů se provádí nejčastěji měřickým hřebem do zpevněných povrchů a dřevěným kolíkem nebo železnou trubkou v nezpevněném terénu. Ke každému nově vytvořenému bodu by měl být vyhotoven místopis, který obsahuje oměrné míry k nejbližším výrazným prvkům polohopisu a slouží pro snadnější vyhledání v terénu.

#### 5.1.1. Metody určení polohy pomocných bodů

K polohovému určení pomocných měřických bodů dle [3] se používají tyto metody:

- a) *Staničením na měřických přímkách mezi body polohových bodových polí a pomocnými body.*
- b) *Rajóny*, délka rajónu může být maximálně 1000m a současně nesmí překročit délku orientace
- c) *Pomocnými polygonovými pořady*, délka polygonového pořadu nesmí být větší než 2000m.
- d) *Protínáním ze směrů a protínání z délek*
- e) *Volné polární stanovisko*
- f) *Technologií GNSS*
- g) *Plošné sítě s měřenými vodorovnými úhly a délkami.*

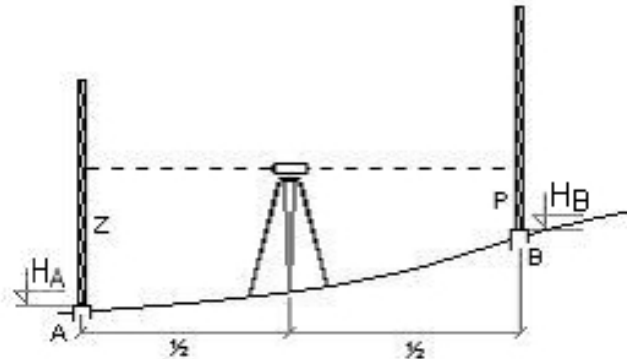
#### 5.1.2. Metody určení výšky pomocných bodů

Pro potřeby mapování je třeba k poloze pomocných bodů určit i jejich výšku, aby bylo možné mapované území připojit i do výškového systému. K výškovému určení pomocných měřických bodů se nejčastěji používá geometrická a trigonometrická nivelace.

##### ***Geometrická nivelace ze středu***

Je jedna z nejčastějších metod určování výšky bodů. Geometrická nivelace je založena na principu vytvoření horizontální roviny záměrnou přímkou urovnaného nivelačního přístroje otáčejícího se kolem svislé osy. Odečítají se laťové úseky na nivelačních laťkách mezi patkou lati a horizontální rovinou (viz obr 5.1). V závislosti na použitém přístrojovém vybavení, pomůckách a pracovním postupu se geometrická nivelace

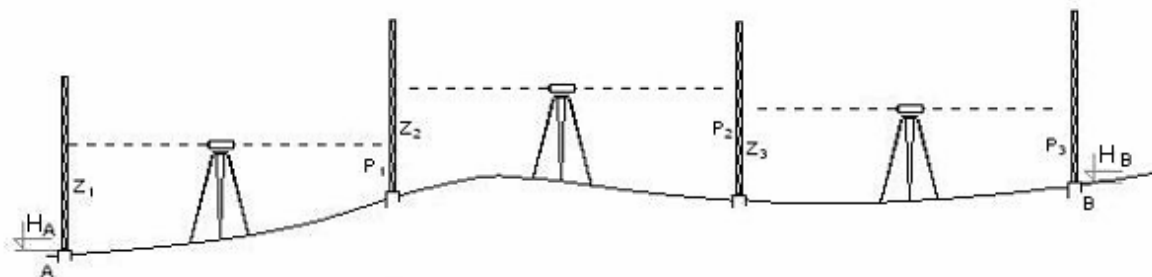
dělí podle přesností na zvlášť přesnou (ZPN), velmi přesnou (VPN), přesnou (PN) a technickou (TN) nivelaci. Prvními třemi technologiemi se zabývá Vyšší geodézie. Pro potřeby mapování vystačí technická nivelace. Přesnost nivelace se posuzuje podle střední kilometrové chyby  $m_0$ . Naměřené hodnoty se zapisují do nivelačního zápisníku.



Obr. 5.1 - Princip geometrické nivelace, nivelační sestava [autor]

Základním prvkem geometrické nivelace ze středu je sestava (obr 5.1). Výška určovaného bodu se určí ze vztahu  $H_B = H_A + z - p$ . Návaznost více sestav na sebe se nazývá nivelační pořad (Obr 5.2). Výška bodu určeného nivelačním pořadem se vypočte ze

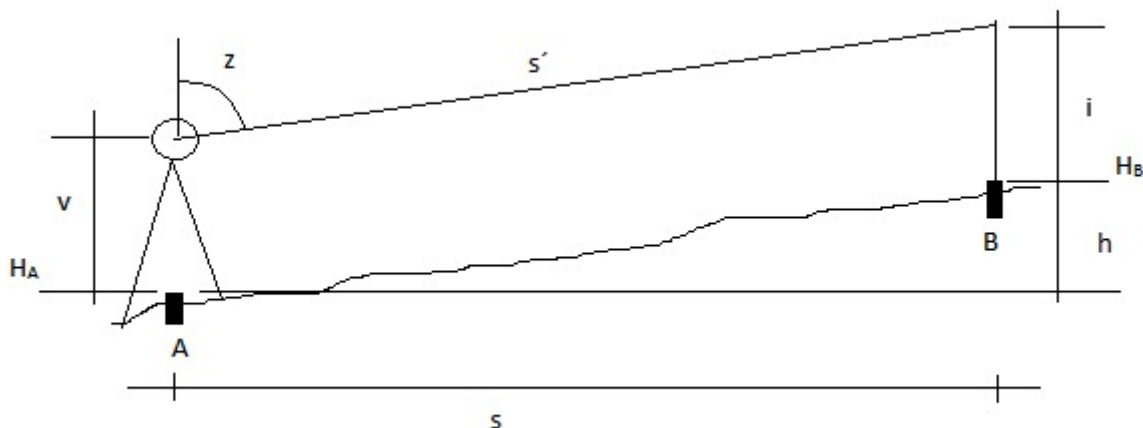
$$\text{vztahu } H_B = H_A + \sum_{i=1}^n z_i - \sum_{i=1}^n p_i \cdot [4]$$



obr 5.2 - Nivelační pořad [autor]

### Trigonometrická nivelace

Trigonometrické měření výšek se používá v případě, kdy je geometrická nivelace neekonomická a neefektivní např. při měření velkého převýšení na krátkou vzdálenost nebo určení výšky nepřístupných bodů. Výpočet převýšení  $h$  mezi daným a určovaným bodem se vypočte z pravoúhlého trojúhelníku dle vztahu  $h = s \cdot \cot gz$ , kde  $s$  je vodorovná vzdálenost mezi body a  $z$  je zenitový úhel měřený na daném bodě. Určení výšky bodu se provádí obdobně jako u geometrické nivelace s tím rozdílem, že přístroj se centruje nad daný výškový bod (Obr. 5.3), nebo je možné použít k měření pořadů obdobně jako u geometrické nivelace ze středu, kde odpadá nutnost přístroj centrovat nad daný bod a měří se pouze zenitové úhly a délky zpět a vpřed ze středu sestavy. V případě měření z daného bodu se výška bodu  $H_B$  vypočte dle vztahu  $H_B = H_A + s \cdot \cot gz + v - i$ , kde  $v$  je výška přístroje nad daným bodem,  $i$  je výška cíle na určovaném bodě,  $s$  je vodorovná vzdálenost mezi daným a určovaným bodem. [4]



Obr. 5.3 - Určení výšky bodu trigonometricky z daného bodu [autor]

## 5.2. Podrobné měření

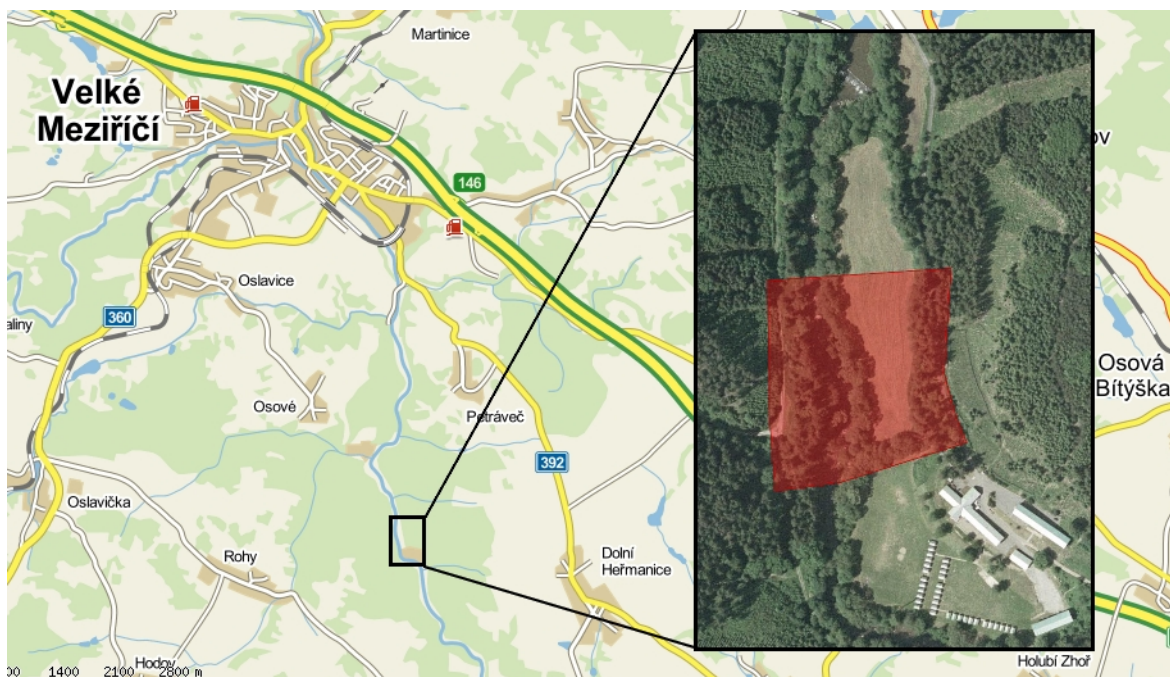
Pro podrobném měření při mapování se používá metoda tachymetrie, kde určujeme polohu a výšku bodu současně. Poloha a výška jednotlivých podrobných bodů se získává z měřených polárních souřadnic, tj. vodorovný úhel, výškový úhel a šikmá délka. Měření se provádí z bodů měřické sítě, u kterých známe polohu i výšku. Polohu podrobných bodů vypočteme z vodorovného úhlu s orientací na bod měřické sítě a vzdálenosti. Převýšení mezi stanovištěm a určeným bodem vypočteme z výškového úhlu a vzdálenosti. Území, které lze zaměřit tachymetrií z jednoho stanoviště je omezeno na dosah dálkoměru, průběhem terénu a porostem v dané lokalitě, zpravidla nepřesahuje několik set metrů.

V dnešní době se k tachymetrii používají totální stanice, které využívají k měření délek elektrooptické dálkoměry a záznamové medium pro registraci naměřených hodnot, úhly se odečítají v elektronické soustavě přístroje. K totální stanici je třeba používat jako příslušenství odrazný hranol pro měření délek. V dřívější době se používala nitková tachymetrie, kdy se k měření používal teodolit a nivelační lať a vzdálenost se určovala pomocí distančních rysek v záměrném obrazci přístroje, nebo diagramové přístroje kdy se odečítalo na speciální lati pomocí diagramů v záměrném poli. [4]



## 6. LOKALIZACE

Měřená lokalita se nachází v údolí Oslavy v blízkosti RS Nesměř, cca 6km jihovýchodně po proudu řeky Oslavy od Velkého Meziříčí. Mapované území je vymezeno ze severu středem louky mezi jezem na řece Oslavě a vodní elektrárnou u RS Nesměř, z východu asfaltovou cestou spojující Velké Meziříčí a RS Nesměř, z jihu soutokem náhonu a řeky Oslavy, ze západu lesní cestou spojující Velké Meziříčí a Říhákův mlýn.



Obr. 6.1 - lokalizace daného území [12]

## 7. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

Před započítím vlastního měření byla provedena rekognoskace daného území, kde byla vedoucím práce vymezena lokalita, zadány požadavky na přesnost měření, zjištění stavu bodového pole a volba přístrojů a pomůcek.

### 7.1. Rekognoskace území

Mapované území je zčásti zalesněno hustým smíšeným porostem, který výrazně ztěžuje měřické práce. Lokalitou protéká řeka Oslava a náhon k malé vodní elektrárně, která se nachází v jižní části. Plochu mezi řekou a náhonem tvoří louka. V lesním porostu se vyskytuje několik menších skalních bloků a skupiny větších balvanů. Ve východní části se nachází asfaltová lesní cesta spojující Velké Meziříčí a RS Nesměř, západ lokality ohraničuje lesní cesta spojující Velké Meziříčí a Řihákův mlýn. Okolí lokality slouží k terénní výuce Ústavu geodézie Fakulty stavební VUT v Brně.



Obr. 7.1 - fotografie louky v centru lokality [autor]

Vedoucím práce bylo zadáno zaměření lokality od jezu na řece Oslavě až po soutok náhonu a řeky Oslavy pro dvě bakalářské práce. Zadaná lokalita byla při rekognoskaci v terénu rozdělena na dvě části. Měřické a výpočetní práce byly provedeny společně s Ondřejem Ptáčkem, který zpracovává druhou část lokality, další zpracování probíhalo samostatně.



Obr. 7.2 - fotografie lokality [autor]

## 7.2. Rekognoskace bodového pole

Jelikož lokalita slouží k výuce Ústavu geodézie Fakulty stavební VUT v Brně, nachází se zde poměrně husté bodové pole účelové sítě Ústavu geodézie. Bodové pole bylo tvořeno v průběhu několika let metodami polygonových pořadů, rajónů, protínání a metodami GNSS, proto je pole nehomogenní. Bodové pole bylo v minulých letech vyrovnáno jako terestrická síť, ale každoročně dochází k přeměrování sítě a doplňování bodů, proto je přesnost pole nižší než u státních bodových polí. Pro potřeby mapování je přesnost bodového pole plně dostačující.

Polohové a výškové body, které byli využity pro budování měřické sítě v dané lokalitě jsou uvedeny v Tabulce 7.1 – Přehled daných bodů. Stabilizace bodů účelové sítě byla provedena vytesáním křížku do kamene, nastřelovacím hřebem, železnou trubkou nebo plastovým znakem. Body jsou číslovány v rámci účelové sítě, proto nejsou uváděny celá čísla bodů, jak tomu bývá u bodů státních bodových polí. Geodetické údaje o bodech účelové sítě byli převzaty z [5] a jsou uvedeny v příloze č. 1 – Geodetické údaje o bodech účelové sítě a v příloze č. 2 – Nivelační údaje o bodech účelové sítě.

Při zhodnocení rekognoskace bodové pole bylo rozhodnuto o doplnění účelové sítě pomocnými měřickými body. Geodetické údaje o bodech jsou uvedeny v příloze č. 6 – Geodetické údaje o bodech.

Polohové body				
č. b.	Y	X	stabilizace	způsob určení
3	638510,91	1143152,32	plastový znak	polygonovým pořadem
3.1	638541,58	1143158,53	křížek v kameni	polygonovým pořadem
206.1	638500,02	1143418,61	křížek v kameni	polygonovým pořadem
590	638532,46	1143580,03	hřeb v betonu	polygonovým pořadem
591	638520,01	1143240,36	plastový znak	polygonovým pořadem
592	638533,12	1143085,31	křížek v kameni	polygonovým pořadem
610	638493,14	1143539,72	hřeb v betonu	polygonovým pořadem
611	638549,18	1143449,22	hřeb v kameni	polygonovým pořadem
612	638555,65	1143200,32	trubka	polygonovým pořadem
Nivelační body				
č. b.	H	stabilizace	poznámka	
N2.1		čepová značka	výška neznámá	
N4	409,271	hřebová značka	výška určena PN	

Tabulka 7.1 – Přehled daných bodů [autor]

### 7.3. Kritéria přesnosti

Přesnost výsledných souřadnic a výšek podrobných bodů je dána přesností určení souřadnic a výšek bodů geometrického základu a přesností určení souřadnic a výšek podrobných bodů mapy. Vyjadřuje se ve vztahu k bodům podrobného bodového pole.

Mapy se vyhotovují ve třídách přesnosti 1 až 5. Podrobné body mapy by měly být určeny v jedné třídě přesnosti, výška bodů může být v jiné třídě přesnosti než poloha. Charakteristiku přesnosti určení souřadnic  $x, y$  bodů polohopisu udává základní střední souřadnicová chyba  $m_{x,y}$ , která je dána vztahem

$$m_{x,y} = \sqrt{0,5 \cdot (m_x^2 + m_y^2)},$$

kde  $m_x, m_y$  jsou základní střední chyby určení souřadnic  $x, y$ . Souřadnice podrobných bodů musí být určeny tak, aby charakteristika přesnosti  $m_{x,y}$  nepřesáhla kritérium  $u_{x,y}$  uvedené v Tabulce 7.2 – Kritéria přesnosti. [6]

třída přesnosti	$u_{x,y}$ (m)	$u_H$ (m)
1	0,04	0,03
2	0,08	0,07
3	0,14	0,12
4	0,26	0,18
5	0,50	0,35

Tabulka 7.2 – Kritéria přesnosti [6]

Charakteristiku přesnosti určení výšky  $H$  podrobných bodů výškopisu je základní střední chyba výšky  $m_H$ . Výšky podrobných bodů výškopisu musí být určeny tak aby nepřekročili kritérium přesnosti  $u_H$  uvedené v Tabulce 7.2 – Kritéria přesnosti. U bodů terénního reliéfu nesmí  $m_H$  překročit kritérium  $3u_H$ . [6]

Charakteristika přesnosti určení souřadnic  $x,y$  dvojice podrobných bodů v jedné třídě přesnosti je dána základní střední chybou délky  $m_d$  přímé spojnice  $d$  vypočtené ze souřadnic této dvojice bodů. Souřadnice podrobných bodů musí být určeny tak, aby charakteristika přesnosti  $m_d$  nepřesáhla kritérium  $u_d$  vypočtené pro každou délku ze vztahu

$$u_d = 1,5 \cdot \frac{d + 12}{d + 20} \cdot u_{x,y} \text{ (m)},$$

kde  $u_{x,y}$  je uvedeno v Tabulce 7.2 – Kritéria přesnosti. [6]

Pro tuto práci bylo zadáno splnění třetí třídy přesnosti pro určení polohy i výšky podrobných bodů. Vyhodnocení přesnosti podrobného měření je podrobněji zpracováno v kapitole 10 – Ověření přesnosti podrobných bodů na straně 29.

## 7.4. Volba přístrojů a pomůcek

### 7.4.1. Elektronická totální stanice

Pro měření sítě pomocných měřických stanovišek a měření podrobných bodů byla zvolena totální stanice TOPCON GPT 3003N. Před vlastním měřením byly v totální stanici nastaveny atmosférické korekce prostřednictvím tlaku a teploty vzduchu, konstanta hranolu odpovídající použitému hranolu a měřítkový faktor byl zvolen 1, tj. aby totální stanice nezaváděla matematické korekce. Parametry totální stanice TOPCON GPT-3003N jsou uvedeny v Tabulce 7.3 – Parametry totální stanice TOPCON GPT-3003N.



Obr. 7.3 – Totální stanice TOPCON GPT 3003N [13]

<b>dalekohled</b>	zvětšení	30x
	rozlišovací schopnost	2,8''
	min. délka zaostření	1,3m
<b>úhlové měření</b>	min čtení	1''/5'' (0,2mgon/1,0mgon)
	přesnost	3'' (1,0mgon)
<b>měření délek</b>	rozsah bez hranolu	1,5 – 250m
	přesnost bez hranolu	do 25m ±10mm, nad 25m ±5mm+2ppm
	rozsah s použitím hranolu	až 3000m
	přesnost při použití hranolu	±3mm+2ppm

Tabulka 7.3 – Parametry totální stanice TOPCON GPT-3003N [14]

#### 7.4.2. Nivelační přístroj

Pro výškové zaměření pomocných bodů měřické sítě byla zvolena metoda technické nivelace, která byla provedena nivelačním přístrojem TOPCON AT-G7, což je kompenzátorový přístroj s kilometrovou chybou obousměrné nivelace 2,5mm/km a 22x zvětšením objektivu. [14] U nivelačního přístroje byla provedena kontrola osových podmínek –viz Příloha č. 4 – Zápiskník pro technickou a plošnou nivelaci.



Obr 7.4 – Nivelační přístroj TOPCON AT-G7 [16]

#### 7.4.3. Ostatní pomůcky a přístroje

Pro měření měřické sítě byla použita trojpodstavcová souprava TOPCON, pro podrobné měření odrazný hranol TOPCON. Při měření kontrolních spojnic podrobných bodů a kontrolní oměrné míry dálkoměr Leica Disto a pásma. K nivelaci byla použita teleskopická lať a nivelační podložka. Přístroje byly postaveny na hliníkových stativech.

## 8. MĚŘICKÉ PRÁCE

### 8.1. Doplnění bodového pole

Z důvodu nedostatečné hustoty polohových bodů účelové sítě bylo bodové pole doplněno o pomocné měřické body. Tyto body byly stabilizovány dřevěnými kolíky s křížkem v nezpevněném terénu a měřickými hřeby ve zpevněném povrchu.

Pomocné body byli zaměřeny jako plošná síť s měřenými úhly a délkami z důvodu značné členitosti terénu a lesního porostu. Při měření byla využita trojpodstavcová souprava pro zvýšení přesnosti měření a odstranění chyb z centrace. Vodorovné směry a výškové úhly byly měřeny v obou polohách dalekohledu z důvodu odstranění osových chyb přístroje, délky 2x z každého stanoviska a protisměrně. Rozbor výsledků měření je uveden v kapitole 9.2 – Výpočetní práce na straně 24.

V průběhu podrobného měření byly vytvořeny další body měřické sítě metodou rajónu. Tyto body nevstupují do vyrovnání sítě, proto byli jejich souřadnice a výška vypočteny až při výpočtu podrobného měření. Přehled bodového pole je uveden v Příloze č. 7 – Přehled měřické sítě.

#### 8.1.1. Výškové připojení

Výškové zaměření pomocných měřických bodů a bodů účelové sítě Ústavu geodézie FAST VUT v Brně bylo provedeno metodou geometrické nivelace ze středu s technickou přesností. U pomocných bodů určených rajónem v průběhu mapování byla výška určena trigonometricky z výchozího stanoviska. Přehled nivelační sítě je uveden v Příloze č. 8 – Přehled nivelačních pořadů. Nivelační pořady byly testovány na mezní odchylku danou vztahem  $40 \cdot \sqrt{R}$ , kde R je polovina délky pořadu v km.

Polohové pole bylo výškově připojeno pomocí tří nivelačních pořadů. První nivelační pořad byl veden z bodu N4 na bod N2.1, u kterého nebyla nalezena v podkladech výška, dále byli využity polohové body 611, 4001, 4002, 4003, 612, 3.1, 3, 591, 206.1 jako přestavové body nivelačního pořadu a ukončen byl na nivelačním bodě N4.

Druhým nivelačním pořadem byli určeny výšky pomocných měřických bodů 4007, 4010, 4011 a 4012 za řekou Oslavou, výchozím a koncovým nivelačním bodem byl N2.1. Výšky pomocných měřických bodů byli určeny dvojím měřením, tam a zpět. Výsledná výška pomocných bodů byla stanovena jako aritmetický průměr z obou měření viz. Tabulka 8.1 – Nivelační pořad č. 2.

č.b.	H - měření tam (m)	H - měření zpět (m)	H - výsledná hodnota (m)
4007	405,191	405,192	<b>405,192</b>
4010	406,764	406,767	<b>406,766</b>
4011	407,195	407,195	<b>407,195</b>

Tabulka 8.1 – Nivelační pořad č.2

Třetím nivelačním pořadem byly určeny výšky pomocných bodů 4004, 4005 a 4006 podél asfaltové cesty z Velkého Meziříčí do RS Nesměř, výchozím bodem byl bod N2.1 a koncovým bodem polohový bod účelové sítě 591, jehož výška byla určena nivelačním pořadem č. 1.

Nivelační pořady byly testovány na mezní odchylku přímo v terénu při výpočtu zápisníku, žádný z těchto pořadů nepřekročil mezní odchylku. Zhodnocení přesnosti nivelačních pořadů je uvedeno u jednotlivých pořadů v Příloze č. 4 – Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci.

## **8.2. Podrobné měření**

Pro podrobné měření byla zvolena metoda tachymetrie, měření bylo provedeno totální stanicí TOPCON GPT-3003N. Podrobnost měření byla volena, tak aby bylo možné zachytit detaily v tachymetrickém plánu v měřítku 1:500 a pro vyhotovení DMT. Při sběru dat pro DMT je důležité správně vystihnout charakteristické rysy terénu, především terénní hrany a singularity a dodržovat rastr 10m. Nevhodně zvolené body terénu mohou znehodnotit výsledný DMT. Předmětem měření pro tachymetrický plán byly cesty, vodní toky, rozhraní druhů pozemků, stavební objekty a ostatní prvky polohopisu - dopravní značky, ploty a jednotlivé významné stromy.

Podrobné měření polohopisu a výškopisu bylo provedeno ze sítě pomocných měřických bodů již výše zmíněnou metodou elektronické tachymetrie totální stanicí, měřené délky a úhly byly registrovány do paměti totální stanice. V průběhu měření byly v dané lokalitě stabilizovány vybrané body terénu, které byly zaměřeny z více stanovisek pro kontrolu hrubých chyb měření a zároveň slouží ke stanovení charakteristiky přesnosti měření (více v kapitole 10 – Ověření přesnosti podrobných bodů na straně 28). V průběhu měření byl veden měřický náčrt, který je uveden v Příloze č. 9 – Měřické náčrty + klad náčrtů.

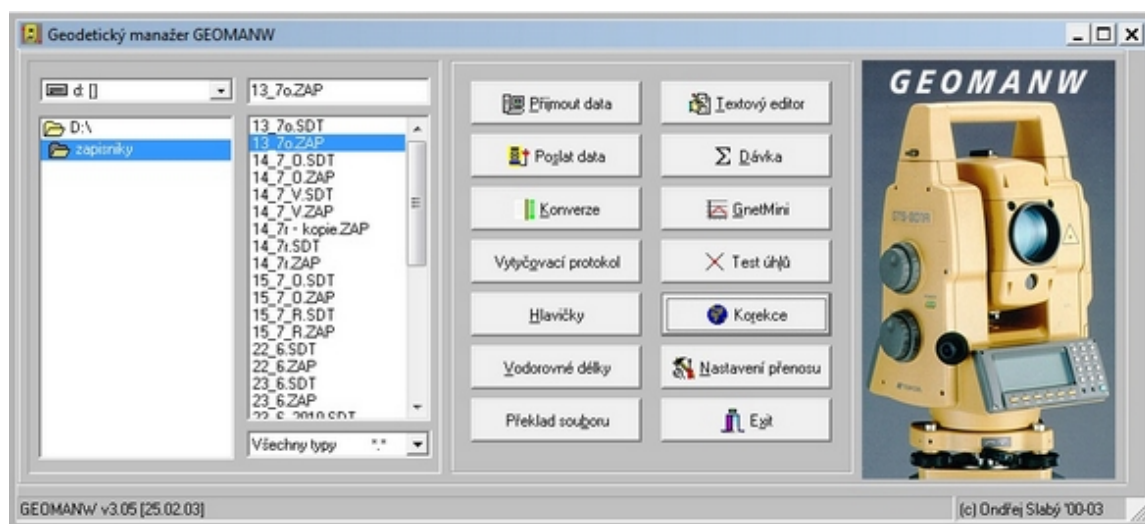


## 9. ZPRACOVATELSKÉ PRÁCE

### 9.1. Zpracování naměřených dat

Měřená data byla zaznamenána do paměti totální stanice, každý den měření byl ukládán jako samostatný zápisník pro lepší přehlednost. Zápisníky byly označeny podle datumu měření.

Pro přenos digitálních dat z totální stanice do PC byl zvolen software GEOMANW v3.05, při přenosu nebyly zavedeny korekce z kartografického zkreslení a nadmořské výšky do S-JTSK. Zápisníky získané přenosem do PC byli dále editovány a sloučeny do dvou zápisníků, první obsahoval měřickou síť a druhý podrobné měření – viz Příloha č. 3 – Zápisník měření sítě pomocných měřických bodů a Příloha č. 10 – Zápisník podrobného měření.



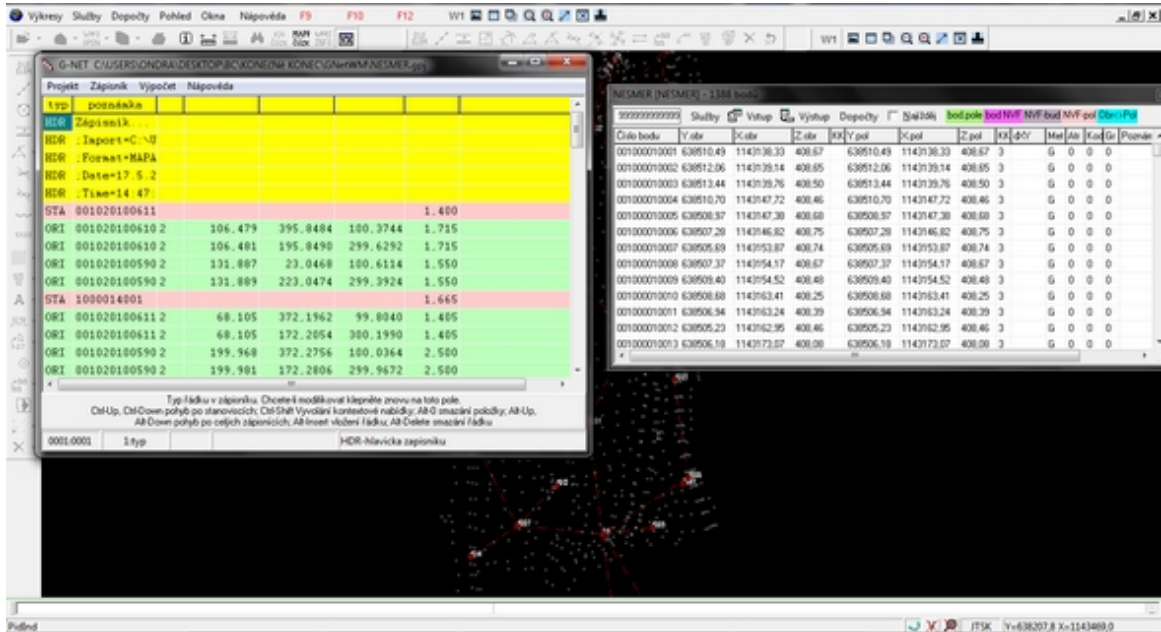
Obr. 9.1 – Grafické prostředí programu GEOMANW [autor]

### 9.2. Výpočetní práce

Získané zápisníky byly dále zpracovávány v programu VKM/G-NET. Nejprve byl založen výkres, ve kterém bylo provedeno nastavení přístroje, grafického rozhraní a korekcí zaváděných z kartografického zkreslení a nadmořské výšky do S-JTSK. Poté byl importován seznam souřadnic daných bodů. Následně byla spuštěna součást programu VKM pro vyrovnání sítě G-NET, ve které bylo provedeno potřebné nastavení a byl importován zápisník z měření sítě pomocných měřických bodů.

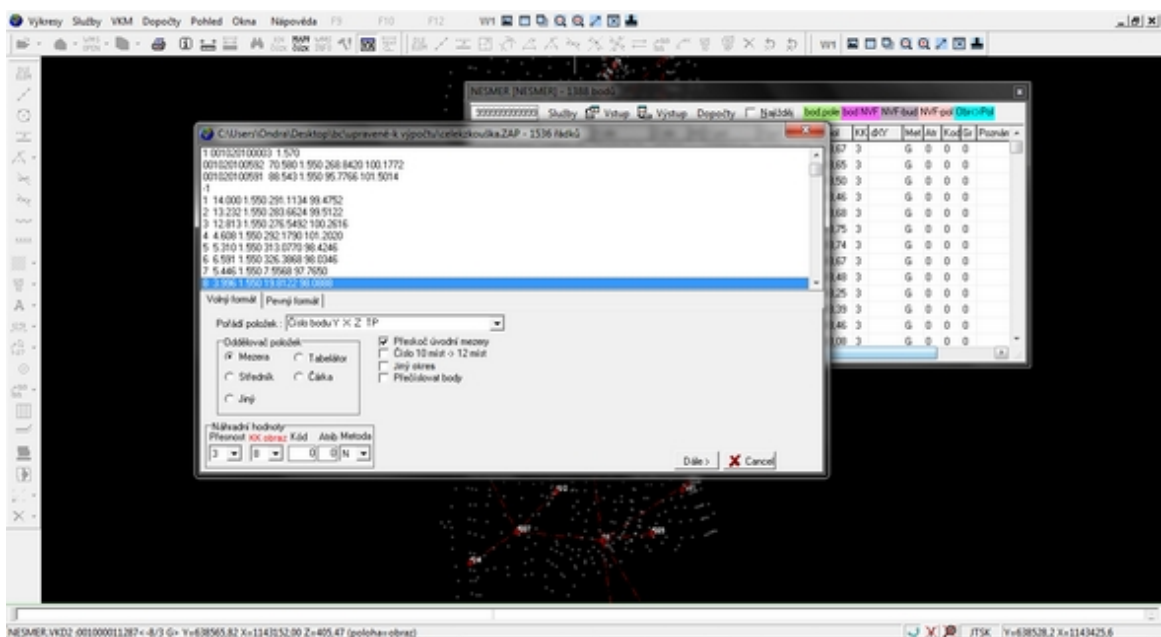
V programu G-NET bylo provedeno zpracování měření ve dvou polohách dalekohledu a opakovaně měřené délky, dále bylo provedeno polohové vyrovnání sítě. Do vyrovnání vstupovalo 74 měřených veličin, z toho bylo 38 nadbytečných. Hodnota jednotkové střední chyby aposteriorní 0,4611 nepřekročila kritickou hodnotu chí-kvadrát pro 1.test 1,1853. „Na základě statistického testu 1 nelze přesnost měření prohlásit za nedodrženou (na hladině významnosti 5.0 %).“ [Příloha č. 5 – Protokol o polohovém vyrovnání sítě] Ve vyrovnání sítě byla provedena největší oprava směru 0,0356<sup>s</sup>, hodnota se může zdát příliš velká pro vyrovnání, ale jde o opravu směru mezi danými body na

vzdálenost 53,59m což při základní úvaze odchylky v kolmém směru na určeném bodě činí maximálně 0,03m. Největší oprava délky při vyrovnání sítě byla provedena na délce mezi body 591 a 4003 a to o 0,019m. Protokol o polohovém vyrovnání sítě je uveden v Příloze č. 5 – Protokol o polohovém vyrovnání sítě.



Obr. 9.2 – Grafické prostřední programu G-NET [autor]

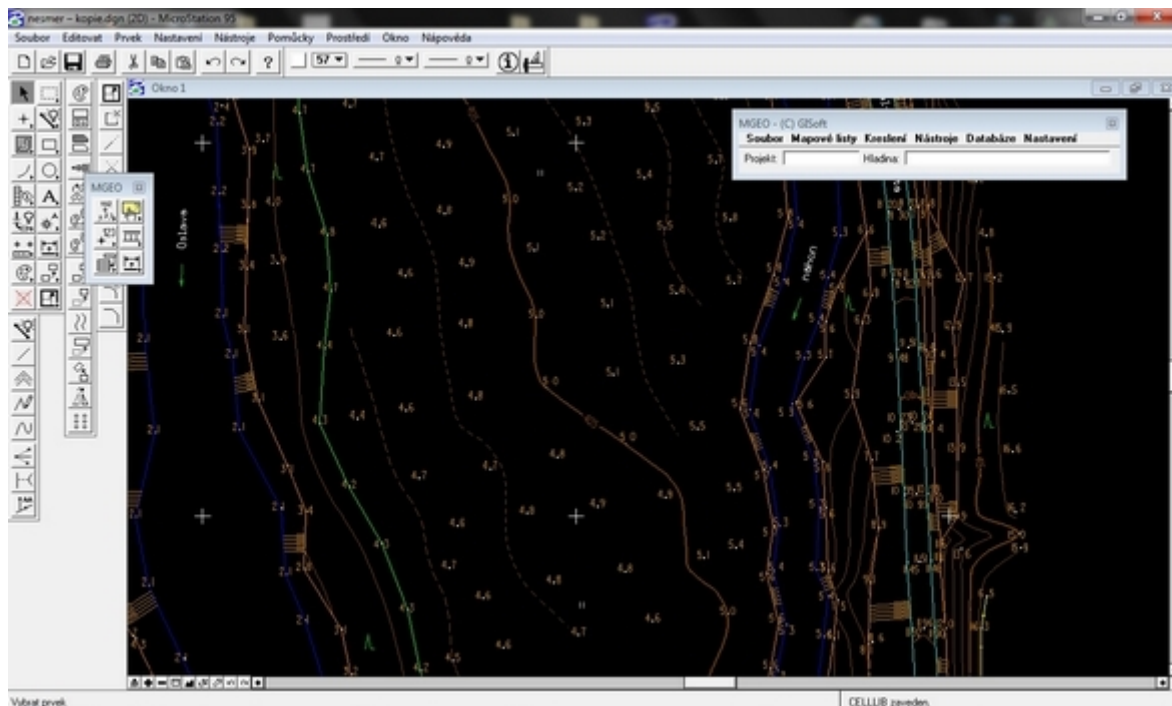
K souřadnicím bodů vyrovnané polohové sítě byly přiřazeny výšky pomocných bodů určených nivelací. Poté byl proveden import zápisníku podrobného měření do prostředí programu VKM, který byl následně zpracován. Při výpočtu podrobných bodů byli současně spočteny pomocné měřické body určené rajóny. Tímto výpočtem byl získán seznam souřadnic a výšek y,x,h v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv, který je uveden v příloze č. 12 – Seznam souřadnic a výšek.



Obr. 9.3 – Výpočet zápisníku podrobného měření v programu VKM [autor]

### 9.3. Grafické práce

Grafické zpracování tachymetrického plánu bylo provedeno v programu MicroStation 95. Nejprve byl založen výkres v souřadnicovém systému S-JTSK, do kterého byly pomocí nástavby MGEO nahrány ze seznamu souřadnic a výšek podrobné body, jejich čísla a výšky. Spojením těchto bodů v programu MicroStation 95 podle měřických náčrtů byl vyhotoven tachymetrický plán. Byl vytvořen seznam atributů kresby (vrstva, barva, typ a tloušťka čáry) podle kterého je výkres členěný viz. Tabulka 9.1 – Tabulka atributů.



Obr. 9.4 – Grafické prostředí programu MicroStation 95 [autor]

Zpracování výškopisu bylo provedeno v programu Atlas DMT, ve kterém byl založen prázdný výkres kdy bylo provedeno potřebné nastavení a dále importován seznam souřadnic a výšek podrobných bodů. Mezi těmito body byl vytvořen model, do kterého byli interpolovány vrstevnice. Výsledný vrstevnicový plán byl exportován do formátu \*.dgn, což je formát výkresu pro MicroStation. Tento výkres byl připojen jako referenční k polohopisné kresbě v programu MicroStation 95, kde byla provedena výsledná editace vrstevnic, výškových kót a terénních hran. Přehled atributů prvků kresby je uveden v tabulce 9.1 – Tabulka atributů.

obsah vrstvy	vrstva	barva
značky podrobných bodů	1	0
čísla podrobných bodů	2	0
výšky podrobných bodů	3	70
značky stanovisek	4	3
čísla stanovisek	5	3
výšky stanovisek	6	70
hektometrové křížky	7	0
cesty	8	15
ploty	9	13
stavební objekty	10	0
ostatní prvky polohopisu	12	13
hranice druhů pozemků	13	2
značky druhů pozemků	16	
stromy	17	2
skalní bloky	18	13
vodstvo	20	1
popis ploch	22	0
ostatní značky	24	0
šrafy svahů	26	70
hrany svahů	27	6
výšky nezobrazené při tisku	50	70
legenda	51	0
formát tisku + popisové pole	52	0
rámy mapových listů	53	2
přehled bodového pole	54	3
přehled kladů map. listů	56	0
popis hektometrových křížků	57	0
popis kladu mapových listů	58	2

Tabulka 9.1 – Tabulka atributů

## 10. OVĚŘENÍ PŘESNOSTI PODROBNÝCH BODŮ

Testování přesnosti polohy a výšky podrobných bodů bylo provedeno zaměřením vybraných podrobných bodů z více stanovisek. Další kontrola přesnosti polohového měření byla provedena měřením spojnic mezi vybranými dvojicemi podrobných bodů. Velkou část měřené lokality tvoří nezpevněný povrch, proto nebylo možné zajistit dostatečné množství a rovnoměrné rozdělení jednoznačně identifikovatelných bodů v terénu. V nezpevněném terénu byla provedena stabilizace náhodných podrobných bodů dřevěným kolíkem s výškou hlavy na úrovni terénu, aby bylo možné provést zaměření z více stanovisek a měřit spojnice. Test přesnosti byl proveden dle [6]

Pro testování přesnosti určení souřadnic  $x, y$  podrobných bodů se vypočtou pro vybrané body rozdíly souřadnic dle vztahů

$$\Delta x = x_m - x_k \text{ a } \Delta y = y_m - y_k,$$

kde  $x_m, y_m$  jsou souřadnice podrobného bodu určené prvním měřením a  $x_k, y_k$  jsou souřadnice téhož bodu určené kontrolním měřením.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové střední souřadnicové chyby  $s_{xy}$ , vypočtené jako kvadratický průměr středních chyb souřadnic  $s_x, s_y$ , které se určí ve výběru o rozsahu  $N$  bodů ze vztahů

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta x_j^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta y_j^2},$$

hodnota koeficientu  $k$  je rovna 2, má-li kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda měření polohopisu, nebo rovna 1, má-li kontrolní určení přesnost vyšší, tj.  $m_{xy} < 0,7 u_{xy}$  je dáno v Tabulce 7.2 – Kritéria přesnosti na straně 19.

Přesnost určení souřadnic se pokládá za vyhovující, když

- polohové odchylky  $\Delta p$ , vypočtené ze vztahu  $\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$  vyhovují kritériu  $|\Delta p| \leq 1,7 u_{xy}$
- je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová střední souřadnicová chyba  $s_{xy}$ , vypočtená ze vztahu  $s_{xy} = \sqrt{0,5 \cdot (s_x^2 + s_y^2)}$  vyhovuje kritériu  $s_{xy} \leq \omega_{2N} \cdot u_{xy}$ , kde  $\omega_{2N}$  má při volbě hladiny významnosti  $\alpha=5\%$  hodnotu  $\omega_{2N}=1,1$  pro výběr o rozsahu  $N$  od 100 do 300 bodů a hodnotu  $\omega_{2N}=1,0$  pro výběr větší než 300 bodů.

K testování přesnosti výšek podrobných bodů se pro vybrané body vypočtou rozdíly výšek dle vztahu

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

kde  $H_m$  je výška určená měřením a  $H_k$  je výška určená kontrolním měřením.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové střední výškové chyby  $s_H$ , vypočtené ze vztahu

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2}$$

hodnota koeficientu k je rovna 2, má-li kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda měření polohopisu, nebo rovna 1, má-li kontrolní určení přesnost vyšší, tj.  $m_H < 0,7 u_H$ , kde  $u_H$  je dáno v Tabulce 7.2 – Kritéria přesnosti na straně 19.

č.b.	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta H$	$\Delta p$	$ \Delta p  \leq 1,7u_{xy}$	$ \Delta H  \leq 2u_H \cdot \sqrt{k}$
108	0,01	-0,01	0,00	0,01	/	/
75	0,01	-0,01	-0,01	0,01	/	/
237	0,03	0,03	0,02	0,04	/	/
240	0,01	0,03	0,00	0,03	/	/
237	0,02	0,03	0,01	0,04	/	/
237	-0,01	0,00	-0,01	0,01	/	/
308	0,02	0,01	0,00	0,02	/	/
345	0,01	0,02	-0,02	0,02	/	/
346	0,01	0,00	-0,02	0,01	/	/
108	-0,01	0,00	0,00	0,01	/	/
108	-0,02	0,01	0,00	0,02	/	/
108	0,01	0,02	0,00	0,02	/	/
108	0,00	0,03	0,00	0,03	/	/
112	0,00	0,02	0,00	0,02	/	/
112	0,01	0,04	-0,01	0,04	/	/
112	0,01	0,02	-0,01	0,02	/	/
104	0,02	0,02	0,00	0,03	/	/
465	0,01	0,00	0,00	0,01	/	/
466	0,01	0,00	0,01	0,01	/	/
631	-0,01	0,01	0,00	0,01	/	/
628	0,00	-0,01	-0,01	0,01	/	/
308	0,01	0,01	0,00	0,01	/	/
735	0,01	0,01	0,02	0,01	/	/
728	0,00	-0,01	0,02	0,01	/	/
750	0,01	-0,01	0,01	0,01	/	/
1139	-0,01	0,00	0,01	0,01	/	/
1140	0,01	0,01	0,01	0,01	/	/
1174	0,01	0,00	0,01	0,01	/	/
1175	0,00	-0,01	0,01	0,01	/	/

Tabulka 10.1 – Test přesnosti polohopisu a výškopisu, / - vyhovuje, X – nevyhovuje

Přesnost určení výšek se pokládá za vyhovující, když

- hodnoty rozdílů výšek  $\Delta H$ , vyhovují kritériu  $|\Delta H| \leq 2u_H \cdot \sqrt{k}$
- je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová střední výšková chyba  $s_H$ , vyhovuje kritériu

na zpevněném povrchu	na nezpevněném povrchu	pro výšky $H_m$ , určené z vrstevnic
$s_H \leq \omega_N \cdot u_H$	$s_H \leq 3\omega_N \cdot u_H$	$s_H \leq \omega_N \cdot u_V$

hodnoty  $u_H$ ,  $u_v$  se převezmou z tabulky 7.2, koeficient  $\omega_N$  má při volbě hladiny významnosti  $\alpha=5\%$  hodnotu  $\omega_N=1,1$  pro výběr o rozsahu  $N$  od 80 do 500 bodů a hodnotu  $\omega_{2N}=1,0$  pro výběr větší než 500 bodů.

Testování přesnosti polohopisu a výškopisu z kontrolního měření je uvedeno v Tabulce 10.1 – Test přesnosti polohopisu a výškopisu

První bod	Druhý bod	$d_m$	$d_k$	$\Delta d$	$u_d$
843	835	26,92	26,91	0,01	0,33
843	750	28,44	28,47	-0,03	0,33
735	727	34,22	34,18	0,04	0,34
628	631	27,02	27,00	0,02	0,33
466	465	27,71	27,73	-0,02	0,33
108	112	27,87	27,88	-0,01	0,33
237	240	1,59	1,60	-0,01	0,25
345	346	4,60	4,60	0,00	0,27
108	75	3,06	3,05	0,01	0,26
109	110	1,67	1,67	0,00	0,25
111	73	3,09	3,08	0,01	0,26
112	115	1,67	1,67	0,00	0,25
87	65	12,17	12,19	-0,02	0,30
365	362	3,18	3,16	0,02	0,26
466	560	11,82	11,80	0,02	0,30
528	529	6,06	6,09	-0,03	0,27
603	601	17,13	17,15	-0,02	0,31
618	631	18,95	18,96	-0,01	0,31
1348	1350	7,87	7,84	0,03	0,28
1174	1175	4,56	4,58	-0,02	0,27
1140	1139	7,85	7,88	-0,03	0,28
1146	1129	25,98	25,94	0,04	0,33
1162	1154	16,25	16,27	-0,02	0,31
1107	1106	2,94	2,96	-0,02	0,26
1076	1073	10,42	10,45	-0,03	0,29
1020	1089	11,06	11,05	0,01	0,29
1028	1024	12,63	12,62	0,01	0,30
970	971	3,47	3,46	0,01	0,26
237	266	6,18	6,24	-0,06	0,27
832	835	5,49	5,49	0,00	0,27
841	839	5,46	5,46	0,00	0,27
839	835	6,97	6,97	0,00	0,28
832	841	7,03	7,03	0,00	0,28
922	926	4,16	4,16	0,00	0,26
922	920	7,83	7,83	0,00	0,28
920	919	1,58	1,58	0,00	0,25
919	822	2,45	2,45	0,00	0,25
822	824	6,15	6,15	0,00	0,27
824	926	10,03	10,03	0,00	0,29
841	824	15,95	15,97	-0,02	0,31
832	822	10,76	10,75	0,01	0,29

Tabulka 10.2 – Porovnání rozdílů spojnic

V testu přesnosti výběrové střední souřadnicové chyby  $s_{xy}$ , byla určena hodnota  $s_{xy} = 0,01m$ , což splňuje dané kritérium  $s_{xy} < \omega_{2N} \cdot u_{xy}$ . V testu přesnosti výběrové střední výškové chyby  $s_H$ , byla určena hodnota  $s_H = 0,01m$ , což vyhovuje kritériu pro zpevněný povrch  $s_H < \omega_N \cdot u_H$  viz tabulka 10.1 - Test přesnosti polohopisu a výškopisu. Při testu rozdílů spojnic, bylo splněno kritérium  $\Delta d < u_d$  viz tabulka 10.2 – Porovnání rozdílů spojnic.



## 11. ZÁVĚR

Cílem této práce je provést sběr dat pro Digitální model terénu a ze získaných dat vytvořit tachymetrický plán. V úvodu práce je uveden stručný popis účelových map, DMT, terénních tvarů a interpretací výškopisu v mapách. Zbylá část práce se zabývá procesem tvorby účelové mapy od rekognoskace území, přes tvorbu bodového pole, podrobné měření, zpracovatelské práce až k testování přesnosti podrobného měření.

V první fázi práce byla rekognoskace území, vymezení dané lokality a získání potřebných podkladů od vedoucího práce. Při rekognoskaci byl zjištěn stav bodového pole účelové sítě.

Hustota účelové sítě byla pro potřeby mapování nedostačující. Účelová síť byla doplněna o pomocné měřické body, které byli zaměřeny totální stanicí jako síť polohových bodů vodorovnými úhly a délkami. K výškovému určení měřické sítě byla zvolena metoda technické nivelace. Polohové vyrovnání sítě bylo provedeno v programu G-NET.

Po vytvoření měřické sítě bylo provedeno podrobné měření metodou tachymetrie, k podrobnému měření byla využita elektronická totální stanice. Při podrobném měření bylo zaměřeno 1363 bodů v celé lokalitě, v této práci je využita zhruba polovina, protože území bylo pro zpracování rozděleno na dvě části.

Přesnost dat získaných měření byla posouzena dle [6]. Kontrolní měření bylo provedeno metodou tachymetrie a kontrolními oměrnými mírami. Podrobné body splňují kritéria 3. třídy přesnosti.

Hodnoty získané měření byly zpracovány při tvorbě tachymetrického plánu v měřítku 1:500. Výsledný seznam souřadnic a výšek byl předán k dalšímu zpracování ve formě Digitálního modelu terénu.

## 12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Fišer Z., Vondrák J., a kol.: Mapování, CERM, s.r.o Brno 2003, 146 s. ISBN 80-7204-472-9
- [2] Plánka L.: Kartografie a základy GIS - Modul 02 – Kartografická interpretace, Brno, 2006
- [3] Návod pro obnovu katastrálního operátu, Praha, 2009, ČÚZK č.j. 2390/2009-22
- [4] Vondrák J.: Geodézie II - Modul 01 – Geodetická cvičení II, Brno, 2004
- [5] VOTOUPAL, Martin. Dokumentace cvičného bodového pole v lokalitě Nesměř – Dolní Heřmanice: Bakalářská práce. 39 s., 32 s. příloh. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav geodézie. Vedoucí bakalářské práce : Ing. JIŘÍ VONDRÁK, Ph.D.
- [6] ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Praha, Český normalizační institut, 1990
- [7] Propagační materiály Ústavu geodézie Fakulty stavební VUT v Brně, 2011
- [8] [http://gis.fzp.ujep.cz/files/DTM\\_kap1\\_v0.pdf](http://gis.fzp.ujep.cz/files/DTM_kap1_v0.pdf), 10.5.2012
- [9] [http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3\\_prac4.gif](http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3_prac4.gif) , 10.5.2012
- [10] <http://forsys.cfr.washington.edu/bitmaps/rsgid.gif>, 10.5.2012
- [11] [http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3\\_prac41.jpg](http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/krejny/3_prac41.jpg), 10.5.2012
- [12] <http://www.mapy.cz>, 12.5.2012
- [13] [http://www.prin.ru/upload/information\\_system\\_17/1/6/5/item\\_165/information\\_it\\_ems\\_1224492380.jpg](http://www.prin.ru/upload/information_system_17/1/6/5/item_165/information_it_ems_1224492380.jpg), 15.5.2012
- [14] [http://obchod.geometra-opava.com/html/totalky\\_gpt3000.htm#tech\\_paramN.pdf](http://obchod.geometra-opava.com/html/totalky_gpt3000.htm#tech_paramN.pdf), 15.5.2012
- [15] [http://www.geoserver.cz/zbozi\\_files/119/nivelacni-pristroj-topcon-atg7cz.pdf](http://www.geoserver.cz/zbozi_files/119/nivelacni-pristroj-topcon-atg7cz.pdf), 15.5.2012
- [16] [http://www.toposhop.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/t/atg7\\_2.jpg](http://www.toposhop.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/a/t/atg7_2.jpg), 15.5.2012

### **13. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

**DMT** – Digitální model terénu

**ČÚZK** – Český úřad zeměměřický a katastrální

**PPBP** – Podrobné polohové bodové pole

**ZPBP** – Základní polohové bodové pole

**S-JTSK** - souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální

**ZPN** – Zvlášť přesná nivelace

**VPN** – Velmi přesná nivelace

**PN** – Přesná nivelace

**TN** – Technická nivelace

**Bpv** – Výškový systém baltský – po vyrovnání

**RS** – Rekreační středisko

**VUT** – Vysoké učení technické v Brně

**FAST** – Fakulta stavební

**GNSS** - Global navigation satellite system - Globální navigační družicový systém

## 14. SEZNAM PŘÍLOH

### Seznam tištěných příloh

1. Geodetické údaje o bodech účelové sítě (ukázka)
2. Niveláčnické údaje o bodech účelové sítě
3. Zápisník měření sítě pomocných měřických bodů (ukázka)
4. Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci
5. Protokol o polohovém vyrovnání sítě
6. Geodetické údaje o bodech pomocné měřické sítě (ukázka)
7. Přehled měřické sítě
8. Přehled niveláčnických pořadů
9. Měřické náčrty + klad měřických náčrtů
10. Zápisník podrobného měření (ukázka)
11. Výpočetní protokol podrobných bodů (ukázka)
12. Seznam souřadnic a výšek (ukázka)
13. Tachymetrický plán 1:500

### Seznam elektronických příloh:

1. Geodetické údaje o bodech účelové sítě
2. Niveláčnické údaje o bodech účelové sítě
3. Zápisník měření sítě pomocných měřických bodů
4. Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci
5. Protokol o polohovém vyrovnání sítě
6. Geodetické údaje o bodech pomocné měřické sítě
7. Přehled měřické sítě
8. Přehled niveláčnických pořadů
9. Měřické náčrty + klad měřických náčrtů
10. Zápisník podrobného měření
11. Výpočetní protokol podrobných bodů
12. Seznam souřadnic a výšek
13. Tachymetrický plán 1:500