

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Dobudování sítě měřických bodů v areálu ČZU v Praze**

**Vedoucí práce: Ing. Dana Tollingerová, Ph.D.**

**Autor: Palas Lukáš**

**2013**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Palas Lukáš

Vodní hospodářství

Název práce

**Dobudování sítě měřických bodů v areálu ČZU v Praze**

Anglický název

**Completing the Geodetic Survey Network in the Campus of CULS Prague**

### Cíle práce

Cílem práce bude doplnit stávající síť měřických bodů v areálu ČZU v Praze, určit jejich pravoúhlé souřadnice v systému S-JTSK a nadmořské výšky v systému Balt po vyrovnání. V rešeršní části bakalářské práce bude provedeno seznámení s totální stanicí a nivelačním přístrojem, které budou využity pro zpracování práce.

### Metodika

Ve výzkumné části bakalářské práce bude provedeno polohové zaměření nových měřických bodů metodou polygonových pořadů za využití totální stanice GTS 105N a příslušné výpočty pro určení pravoúhlých souřadnic v systému S-JTSK. Výškové zaměření nových měřických bodů bude provedeno dvojím způsobem, metodami technické nivelace za použití nivelačního přístroje a trigonometrické nivelace za použití totální stanice GTS 105N. Výsledky obou metod budou porovnány a zhodnoceny. Grafické práce budou zahrnovat především přehledku všech bodů kombinované měřické sítě v areálu ČZU v Praze a Geodetické údaje o PBPP.

### Harmonogram zpracování

Datum odevzdání rešeršní části bakalářské práce prosinec 2012.

## Rozsah textové části

cca 30 stran včetně příloh

## Klíčová slova

Souřadnice, nadmořská výška, polygonový pořad, GPS, nivelace

## Doporučené zdroje informací

HAUF Miroslav a kol.: Geodézie. Praha SNTL 1982, 544 s. ISBN 04-713-82

CHAMOUT Lubomír. Trigonometrická nivelace pro určování nadmořské výšky bodů kombinované měřické sítě. str. 185-187. Stavební obzor, ročník 18, 6/2009

CHAMOUT Lubomír, SKÁLA Petr - Geodézie. 1. vydání, ČZU Praha, skriptum, 2003. 196 s. ISBN 80-213-1049-9.

NOVÁK Zdeněk, PROCHÁZKA Jaromír - Inženýrská geodézie 10.2. vydání, Vydavatelství ČVUT Praha 2001. 181 s. ISBN 80-01-02407-5.

RATIBORSKÝ Jan - Geodézie 10.1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 234 s. ISBN 80-01-02198-X

RATIBORSKÝ Jan - Geodézie 20.1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 133 s. ISBN 80-01-02635-3

Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra. Úřad geodézie, kartografie 10, Vydavatelství ČVUT Praha 2001

VEVERKA Bohuslav - Topografická a tematická kartografie 10, Vydavatelství ČVUT Praha 2001

Zákon č. 200/1994 Sb. O zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění zákona č. 120/2000 Sb., zákona č. 186/2001 Sb. a zákona č. 319/2004 Sb.

Nářízení vlády č. 430/2006 Sb. O stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání

## Vedoucí práce

Tollingerová Dana, Ing., Ph.D.

  
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 5.12.2012

  
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Dany Tollingerové, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 2.4. 2013

.....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí mé bakalářské práce Ing. Daně Tollingerové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat těm, kteří mi pomáhali při plnění praktické části této bakalářské práce a v neposlední řadě mé rodině za podporu.

V Praze 2.4. 2013

.....

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je věnována popisu metod při doplňování stávající kombinované sítě o nové měřické body. Rozšíření kombinované měřické sítě proběhlo v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Pravoúhlé souřadnice nových měřických bodů byly určeny v systému Státní Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální (S – JTSK). Nadmořské výšky nových měřických bodů byly určeny ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv). Díky praktické části byla získána zaměřená data, která byla použita ke zjištění pravoúhlých souřadnic a nadmořských výšek. V části teoretické jsou vysvětleny použité metody měření, způsob jejich zpracování a prezentace dat. K získání dat byla použita elektronická totální stanice TOPCON GTS – 105N a nivelační přístroj NIKON Ax – 2s. Zaměřená data byla zapsána do příslušných zápisníků, ve kterých proběhlo i následné zpracování a vypočtení výsledných hodnot. Tyto hodnoty jsou uvedené v geodetických údajích nových měřických bodů spolu s ostatními informacemi o těchto bodech.

## **Klíčová slova**

Souřadnice, nadmořská výška, polygonový pořad, GPS, nivelace

## **Abstract**

This thesis is devoted to describing methods for refilling existing survey net combined with new survey points. Extending net combined surveying took place in the premises of the Czech Agricultural University in Prague. Orthogonal coordinates of the new point of survey were identified in the Uniform Trigonometric Cadastral Network (S - JTSK). Elevation of new surveying points were determined in Baltic Vertical Datum - After Adjustment (Bpv). The data that were used to obtain orthogonal coordinates and altitudes were obtained thanks to practical part. The methods used for measurement, the method of processing and presentation of data are explained in the theoretical part. Electronic total station TOPCON GTS - 105N and leveling device NIKON Ax - 2s were used to obtain the data. Focused data was entered into the notebooks, which took place in the subsequent processing and calculating the resulting values. These values are listed in geodetic points data of new surveying data points, along with other information about those point.

## **Keywords**

Coordinates, altitude, traverse, GPS, levelling

## **Seznam použitých zkratek a symbolů**

- S – JTSK – Státní Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální
- Bpv – Balt po vyrovnání



## **OBSAH**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2. CÍL PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>3. PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....</b>	<b>12</b>
3.1. ELEKTRONICKÁ TOTÁLNÍ STANICE TOPCON GTS – 105N.....	12
3.1.1. Charakteristika přístroje.....	12
3.1.2. Měření úhlů.....	13
3.1.3. Měření délek.....	14
3.1.4. Měření převýšení.....	15
3.1.5. Sběr dat.....	15
3.2. NIVELAČNÍ PŘÍSTROJ NIKON AX – 2S.....	16
3.2.1. Charakteristika přístroje.....	16
3.2.2. Příslušenství.....	16
<b>4. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....</b>	<b>17</b>
<b>5. METODIKA.....</b>	<b>17</b>
5.1. PRAVOÚHLÝ SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM.....	18
5.1.1. Soustava pravoúhlých souřadnic.....	18
5.1.2. Státní Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální (S – JTSK).....	18
5.2. VÝŠKOVÝ SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM.....	19
5.2.1. Výškový souřadnicový systém Balt po vyrovnání (Bpv).....	20
5.3. METODY MĚŘENÍ.....	20
5.3.1. Polohové určení bodu.....	20
5.3.2. Výškové určení bodu.....	23
5.3.2.1. Trigonometrické měření výšek.....	23
5.3.2.2. Technická nivelace ze středu.....	28

5.4.	VÝPOČTY .....	31
5.4.1.	Základní souřadnicové výpočty .....	31
5.4.2.	Postup výpočtu vetknutého oboustranně připojeného polygonového pořadu .....	33
5.4.3.	Postup výpočtu trigonometrické nivelace .....	35
5.4.4.	Postup výpočtu technické nivelace .....	36
<b>6.</b>	<b>VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....</b>	<b>37</b>
6.1.	PRAVOÚHLÉ SOUŘADNICE MĚŘICKÝCH BODŮ.....	37
6.2.	NADMOŘSKÉ VÝŠKY MĚŘICKÝCH BODŮ .....	38
6.3.	SEZNAM PRAVOÚHLÝCH SOUŘADNIC A NADMOŘSKÝCH VÝŠEK MĚŘICKÝCH BODŮ .....	39
<b>7.</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>39</b>
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>40</b>
<b>9.</b>	<b>PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>41</b>

## 1. ÚVOD

V dnešní době je v zájmovém území, tj. areálu České zemědělské univerzity v Praze, vybudována kombinovaná měřická síť. Ke každému bodu podrobného bodového polohového pole jsou vyhotoveny geodetické údaje. V těchto geodetických údajích jsou uvedeny informace o způsobu stabilizování bodu, jeho pravoúhlé souřadnice v systému Státní Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální, nadmořská výška bodu v systému Balt po vyrovnání a místopisný náčrt okolí bodu s oměrnými hodnotami k jasným objektům v okolí pro snadné nalezení bodu.

Z důvodu rozšiřování nebo úpravy stavebních prvků v areálu České zemědělské univerzity v Praze se zřizují nové geodetické body a nové měřické sítě. Díky rozšiřování areálu a tudíž nových studijních prostor bude více prostoru pro studenty, ať už studenty stávající nebo studenty budoucí. Tímto si univerzita zvýší svoji nynější úroveň a bude stoupat její prestiž.

Úkolem této bakalářské práce je dobudování kombinované měřické sítě. Do této práce se zahrnuje měření a určení nových bodů měřické sítě, ale i rekognoskace bodů stávajícího bodového pole v areálu České zemědělské univerzity v Praze, z důvodu použití těchto bodů jako výchozích a připojovacích bodů k polygonovému a nivelačnímu pořadu.

Metody měření a výpočtů spolu s výsledky nových bodů, rekognoskace stávajícího bodového pole a charakteristika území jsou uvedeny a popsány v následujících kapitolách bakalářské práce.

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je doplnění stávající sítě měřických bodů v areálu České zemědělské univerzity v Praze, a dále určení jejich pravoúhlých souřadnic v systému Státní Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální (dále jen S – JT SK) a nadmořské výšky v systému Balt po vyrovnání (dále jen Bpv).

Systémy S - JT SK a Bpv jsou dle zákona §2 č. 430/2006 Sb., o stanovení referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, stanoveny jako jedny z referenčních systémů pro použití na území České republiky.

Než začneme doplňovat stávající měřickou síť o nové body, musíme rekognoskovat terén. V průběhu rekognoskace bude posuzován stav stávajících bodů měřické sítě, konkrétně jejich dostupnost, a zda nedošlo k polohovému nebo výškovému posunutí. K rekognoskaci budeme používat přehledku těchto bodů spolu s geodetickými údaji. Pokud zjistíme, že některý z bodů nesouhlasí s geodetickými údaji, budeme muset tyto body opět polohově a výškově určit, stabilizovat je a vytvořit k nim nové geodetické údaje.

Při zaměřování nových bodů doplňující stávající měřickou síť bude k určení jejich pravoúhlých souřadnic použita metoda polygonových pořadů za využití elektronické totální stanice TOPCON GTS – 105N. Dále budou určeny výšky bodů, a to dvojnásobem. První způsob bude metoda technické nivelace za použití nivelačního přístroje NIKON Ax – 2s, a dále metoda trigonometrické nivelace za použití elektronické totální stanice TOPCON GTS – 105N.

### **3. PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ**

Literární rešerše je zaměřena na popis přístrojů použitých k měření. Pro polohové měření bude použita elektronická totální stanice TOPCON GTS – 105N, kterou nadále použijeme i pro měření výškové, a to metodou trigonometrické nivelace. Další metodou výškového zaměření bodů bude technická nivelace, ke které využijeme nivelační přístroj NIKON Ax – 2s.

#### **3.1. Elektronická totální stanice TOPCON GTS – 105N**

Tato část kapitoly se zaměřuje na popis elektronické totální stanice TOPCON GTS – 105N, která byla použita k měřickým pracím v této bakalářské práci. Dále pak na popis měření úhlů, délek, převýšení a způsobu sběru dat.

##### **3.1.1. Charakteristika přístroje**

Dle serveru GEOSERVER.CZ (2010) je tato totální stanice TOPCON GTS – 105N díky svým parametrům vhodná pro sběr dat pro polohové informační systémy, tachymetrické snímky apod. Jedná se o přístroj řady „Topcon Green Line“, což znamená zaručenou kvalitu výrobku, který je lehce ovladatelný a vysoce funkční.

Totální stanice je díky čitelnému displeji a alfanumerické klávesnici snadnější k ovládání než jak tomu bylo u předešlých typů teodolitů. Využíváme ji nejen k měření horizontálních a vertikálních úhlů, ale také k měření délek. Díky spojení

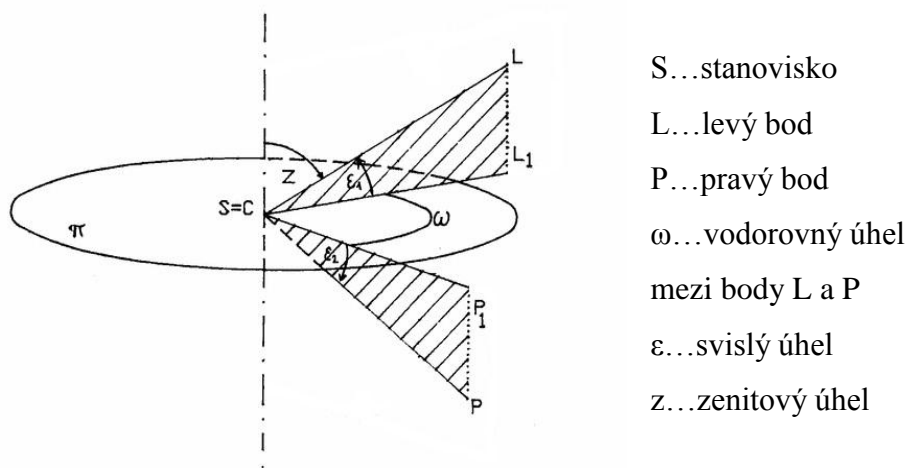
těchto dvou schopností má přívlástek elektronická totální stanice. Je to zařízení s optickou centrací, LCD oboustranným displejem a dlouhou provozní dobou - 9 hodin u délkového a úhlového měření nebo 40 hodin u úhlového měření.

### 3.1.2. Měření úhlů

RATIBORSKÝ (2011) definuje úhel takto:

*„Prostorovou polohu směru, vycházejícího z počátku soustavy (stanoviska) S na jiný bod (cíl) L v prostoru, je možno stanovit dvěma úhly – vodorovným  $\omega$  a svislým  $\beta$ . Vodorovný úhel  $\omega$  je dán úhlem průsečnic vodorovné roviny, jdoucí stanoviskem S a dvou svislých rovin, z nichž jedna prochází stanoviskem a levým bodem L, druhá stanoviskem a pravým bodem P. Svislý úhel  $\beta$  vyjadřuje odchylku směru SL od jeho průmětu do vodorovné roviny (tzv. výškový úhel  $\beta$ ) nebo od svislice (zenitu) jdoucí stanoviskem S ( $90^\circ - \beta$ ), tzv. zenitový úhel z. Velikost jednotlivých úhlů, vodorovných i svislých, lze stanovit vhodně zvolenými měřickými metodami pomocí různých pomůcek a přístrojů.“*

Pro jednoduché znázornění vodorovných a svislých úhlů jsem níže uvedl obrázek (Obr. č. 1).



Obr. č. 1 – Schéma vodorovných a svislých úhlů, GEOMATIKA (2012)

Důležitými vlastnostmi elektronické totální stanice TOPNCON GTS - 105N je nejen určení pravotočivého/levotočivého horizontálního úhlu, ale také určení úhlu vertikálního. Měření horizontálních úhlů začíná u nastavení tzv. nulového směru, což je zvolení úhlu na první cíl. V mé praktické části jsem zvolil měření úhlů

pravotočivých, protože se nacházíme na území České republiky, kde se vodorovné úhly měří po směru hodinových ručiček. Vertikální úhel se určuje od zenitu, což je bod na obloze, ležící přímo nad přístrojem. V přístroji lze také nastavit, zda měření bude v úhlech zenitových, výškových nebo hloubkových. Veškeré úhly, ať horizontální nebo vertikální, jsou určovány v gonech. Přístroj dává možnost zobrazit vertikální úhel v procentech.

Mezi další možnosti měření úhlů je nastavení libovolného počátečního úhlu nebo měření úhlu repeticí. Přesnost úhlového měření tohoto přístroje je 5“ a doba měření méně než 0,3 sekundy.

### 3.1.3. Měření délek

*„Princip činnosti elektronických dálkoměrů je založen na měření času, za který projde elektromagnetický signál určenou délkou s tam a nazpátek.“* (NEVOSÁD A KOL. 1999).

S postupem času se technika rozvinula a na rozdíl od dříve používaných elektrooptických dálkoměrů, které používaly odrazný prvek, se v dnešní době používají tzv. bezhranolové dálkoměry, které vzdálenost změří díky využití difúzního povrchu cíle.

Základní pomůckou k měření délek s námi využívanou elektronickou totální stanicí TOPCON GTS – 105N je odrazný hranol. Hranol ve tvaru válce je uvnitř vyplněn soustavou skleněných hranolů, které nám zaručují zpětný odraz paprsku zpět do přístroje. Přístroj určuje délku šikmou, kterou přístroj může přepočítat na délku vodorovnou. Před započítáním měření se dle návodu k použití totální stanice TOPCON GTS 105N od distribuční firmy GEODIS (2009) uvádí, že je možné nastavit mód měření. Mód volíme dle potřebné přesnosti:

- Přesný mód - doba měření 1,2 sekundy, přesnost 1 mm  
doba měření 2,8 sekundy, přesnost 0,2 mm
- Hrubý mód - doba měření 0,7 sekundy, přesnost 10 mm
- Tracking - doba měření 0,4 sekundy, přesnost 10 mm.

Přesnost délkového měření je  $\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ .

Přesnost délkového měření dle HÁNKA A KOL. (2007) je definována takto:

*„Přesnost elektronických dálkoměrů je obvykle udávána ve tvaru  $X + Y$  ppm, kde  $X$  je konstantní součást směrodatné odchylky,  $Y$  proměnná podle velikosti měřené délky, ppm značí „parts per milion“, tedy  $1 \cdot 10^{-6}$ . Příkladem může být charakteristika přesnosti  $3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ , tj. vzdálenost  $2 \text{ km}$  by s uvedeným dálkoměrem měla směrodatnou odchylku  $7 \text{ mm}$  ( $3 + 2 \times 2$ ).“*

Dále se dají nastavit jednotky délky, ve kterých chceme měřit, vybíráme mezi metr/feet/feet a inch. Neméně podstatné nastavení před měřením je nastavení konstanty. Konstanta hranolu je buď rovna nule anebo  $-30 \text{ mm}$ . Konstanta je závislá na dvojím způsobu našroubování na držák hranolu.

#### **3.1.4. Měření převýšení**

Výškový rozdíl, jinak řečeno převýšení mezi dvěma body, se obecně řeší z pravoúhlého trojúhelníka. Totální stanice TOPNCON GTS – 105N dokáže převýšení spočítat už při měření, a to mezi točnou osou dalekohledu a odrazným hranolem.

#### **3.1.5. Sběr dat**

Přístroj je díky již výše zmíněné alfanumerické klávesnici lépe ovladatelný a zjednodušuje manuální vkládání dat. Všechny naměřené údaje si můžeme zpětně nechat zobrazit a můžeme je zpětně editovat. Data se pomocí propojení konektoru přístroje s počítačem nechají editovat a zobrazovat ve vhodném softwaru.

Totální stanice TOPCON GTS - 105N bohužel nevlastní funkci měření polygonových pořadů a ukládá naměřená úhlová data pouze v jedné nebo ve druhé poloze dalekohledu. Proto při měření, u kterého měříme ve dvou polohách dalekohledu a ve více skupinách, musíme všechna naměřená data zapisovat do příslušných zápisníků, které poté ručně nebo díky speciálních softwarům vypočítáme.

Na serveru GEOMETRA informují o tom, že do totální stanice TOPNCON GTS – 105N lze uložit až 2400 měřených nebo souřadnicových bodů.

### **3.2. Nivelační přístroj NIKON Ax – 2s**

Nivelační přístroj NIKON Ax – 2s byl použit k určení nadmořských výšek této práce. Popis přístroje a jeho příslušenství je uveden v následující podkapitole.

#### **3.2.1. Charakteristika přístroje**

Přístroj slouží k zjišťování nadmořských výšek bodů. NIKON Ax – 2s je optický nivelační přístroj, u kterého odečítáme hodnoty opticky z nivelační latě pomocí ryskového kříže, který se nachází v objektivu. Tento nivelační přístroj je vybaven kompenzátorem, který dopomáhá urovnat přístroj do vodorovné roviny.

S přesností  $\pm 2,5$  mm/km, kterou uvádí server HAEFELI – LYSNAR (2013), používáme tento přístroj pro technickou nivelaci. Metodou technické nivelace provádíme dva způsoby měření, je to geometrická nivelace ze středu a nivelace vpřed.

#### **3.2.2. Příslušenství**

- teleskopická nivelační lať, libela
- nivelační podložka
- hliníkový stativ
- návod k použití nivelačního přístroje.





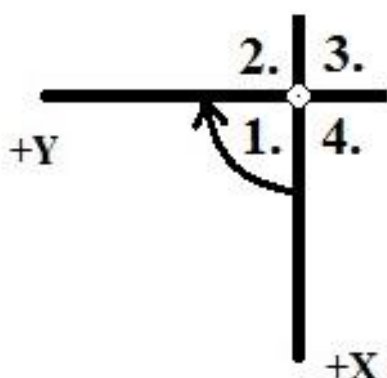
## 5.1. Pravoúhlý souřadnicový systém

Tato kapitola pojednává o použitém souřadnicovém systému v této práci. Nejprve se seznámíme se základními informacemi ohledně soustavy pravoúhlých souřadnic, a dále pak konkrétně se souřadnicovým systémem S-JTSK.

### 5.1.1. Soustava pravoúhlých souřadnic

Pro polohové určení bodu se v geodézii využívá pravoúhlých souřadnic. Geodetické souřadnice jsou jinak orientované, než jak známe souřadnicový systém z matematiky. V následujícím odstavci Vám popíšu zobrazení geodetické souřadnicové soustavy.

Kladný směr osy X je orientován k jihu. Kladný směr osy Y vznikne pootočením osy X o  $90^\circ$  po směru hodinových ručiček. Takto vzniklá soustava souřadnic nám rozděluje daný prostor do čtyř kvadrantů. Podle toho, v jakém kvadrantu se bod nachází, přiřazujeme jeho souřadnicím příslušná znaménka. Rozdělení kvadrantů je zobrazeno níže (Obr. č. 3)



Obrázek č. 3 – Souřadnicové kvadranty,  
RATIBORSKÝ (2010)

### 5.1.2. Státní Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální (S – JTSK)

S - JTSK je souřadnicový systém používaný k zobrazování souřadnic bodů bodových polí. Tento souřadnicový systém vznikl na základě transformace Křovákova zobrazení. Křovákovo zobrazení je dvojité konformní kuželové zobrazení a bylo v minulosti výhradně určeno pro Československou republiku, kdy byl roku 1928 přijat návrh Ing. Josefa Křováka.

Kartografickým základem se stalo konformní kuželové zobrazení (nezkresluje úhly) v obecné poloze a Besselův elipsoid. Ten byl podle NEVOSÁDA A KOL.

(2002) nejprve konformně zobrazen na Gaussovu kouli a pak na kužel. Tím, že Ing. Křovák posunul vrchol kužele nad Finský záliv a zmenšil poloměr náhradní koule o setinu procenta, dosáhl toho, že místo jedné nezkreslené kartografické rovnoběžky dostal dvě nezkreslené rovnoběžky, a tím zmenšil maximální hodnoty délkového a plošného zkreslení

BURŠÍK A PROCHÁZKA (1979) popisují osy S-JTSK tak, že kladná osa X směřuje k jihu a kopíruje tak poledník  $\lambda=42^{\circ}30'$  východně od Ferra a kladná osa Y otočená o  $90^{\circ}$  po směru hodinových ručiček od kladné osy X směřující na východ. Počátek souřadnicového systému byl zvolen na sever od průsečíku tohoto poledníku s rovnoběžkou  $\varphi=48^{\circ}15'$ , a to ve vzdálenosti 1 298 039,0046 metrů. Výsledkem je, že celé území Československa leží v I. kvadrantu, a tudíž jsou obě souřadnice všech bodů kladné. Hodnoty souřadnic pro Československou republiku a Českou republiku jsou následující:

ČSR:

$$950\,000\text{ m} > y > 150\,000\text{ m},$$

$$1\,350\,000\text{ m} > x > 900\,000\text{ m},$$

ČR:

$$950\,000\text{ m} > y > 400\,000\text{ m},$$

$$1\,250\,000\text{ m} > x > 900\,000\text{ m}.$$

## 5.2. Výškový souřadnicový systém

Ve výškovém souřadnicovém systému se určuje tzv. nadmořská výška, kterou ANDERSON A MIKHAIL (1998) definují jako svislou vzdálenost (výškový rozdíl) mezi určovaným bodem a hladinou moře. Nadmořská výška se udává v metrech nad mořem (m n. m.).

Nadmořská výška se určuje několika způsoby, a to pomocí metody:

- Nivelace
- Trigonometrie
- GPS
- Barometrie.

### 5.2.1. Výškový souřadnicový systém Balt po vyrovnání (Bpv)

Výškový souřadnicový systém Bpv je využíván na území České republiky (Československa) od roku 1955. Dříve byl používán výškový systém Jadran, který má hodnoty o cca 0,46 metrů vyšší jak Bpv. Jadranský systém byl ve výjimečných lokalitách České republiky využíván do roku 2000, od tohoto roku se na našem území používá jedině systém Bpv.

Podle Úplného znění zákona Katastru nemovitostí, zeměměřictví, pozemkové úpravy a úřady (2012), (dále jen ÚZ), je výchozím výškovým bodem, kterým je nula stupnice mořského vodočtu v Kronštadu.

### 5.3. Metody měření

Kapitola metody měření je zaměřena na použité metody měření při polohovém a výškovém určování bodu. Použitými metodami jsou polygonový pořad vetknutý a oboustranně orientovaný, trigonometrická nivelace a technická nivelace ze středu.

#### 5.3.1. Polohové určení bodu

Jednou z mnoha metod určení polohy bodu, tedy zjištění jeho pravoúhlých souřadnic, je metoda polygonových pořadů. Podle MANSFELDOVÉ (2008) je definován polygonový pořad takto:

*„Polygonový pořad je lomená čára spojující dva měřické body. Vrcholy lomené čáry nazýváme polygonové body, spojnice bodů tvoří polygonové strany. V polygonovém pořadu se měří levostranné úhly a délky polygonových stran. Levá strana se posuzuje podle směru výpočtu.“*

Dle KAHMENA A FAIGA (1988) je měření uspořádáno tak, že lze vypočítat pravoúhlé souřadnice pro všechny body polygonového pořadu. V závislosti na situaci je využíván buď tzv. „ring traverse“, neboli uzavřený polygonový pořad, anebo otevřený polygonový pořad tzv. „stretched traverse“.

Polygonové pořady často kopírují dopravní linie, vodní koryta nebo vlastnické hranice.

Polygonové pořady rozdělujeme na:

- Volný polygonový pořad
- Vetknutý a oboustranně orientovaný polygonový pořad

- Vetknutý a jednostranně orientovaný polygonový pořad
- Vetknutý polygonový pořad
- Uzavřený polygonový pořad.

Z důvodu přesnosti určení bodů jsme v našem měření zvolili metodu vetknutý a oboustranně orientovaný polygonový pořad.

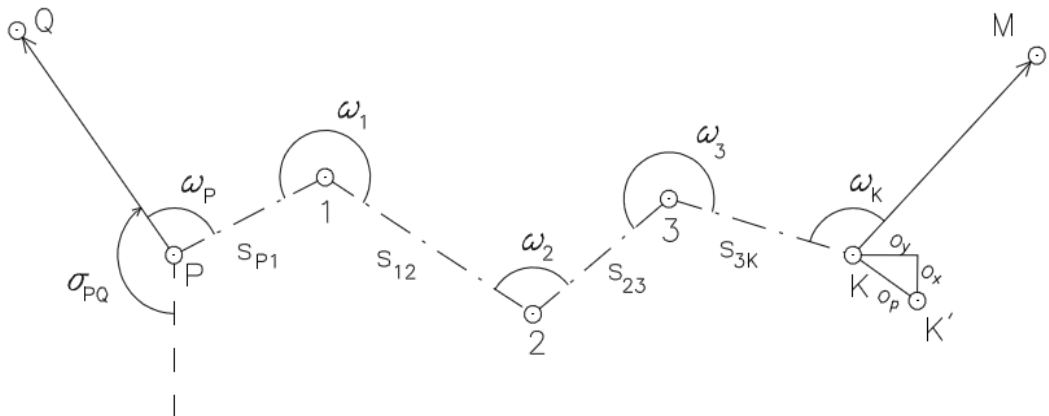
### Vetknutý a oboustranně orientovaný polygonový pořad

Mnohdy se vyskytuje takový polygonový pořad, u kterého jsou známé pravoúhlé souřadnice počátečního a koncového bodu spolu s jejich orientacemi (Obr. č. 4). Jsou zde měřeny délky mezi polygonovými body a levostranné úhly. Tento pořad jsme dříve mohli znát pod názvem oboustranně připojený nebo oboustranně orientovaný.

Dáno: P, K, Q, M [y,x]

Měřeno: s [m],  $\omega$  [°]

Úkol: 1, 2, 3 [y,x]



Obr. č. 4 – Vetknutý oboustranně orientovaný polygonový pořad, MANSFELDOVÁ (2008)

### Postup měření

Na počátečním bodě P, o kterém jsou známy souřadnice, postavíme přístroj, v našem případě elektronickou totální stanicí TOPCON GTS – 105N. Tj. posazení přístroje na hlavu stativu, jeho následné zcentrování a zhorizontování. Po splnění těchto úkonů začneme měřit.

Zacílíme na orientační bod Q v první poloze dalekohledu, tj. takové postavení dalekohledu, kde máme jemnou a hrubou ustanovku na pravé straně od dalekohledu. Z důvodu přesnosti měření je lepší nastavit počáteční hodnotu rozdílnou od nuly, např.  $0,02^{\text{g}}$ , a to i když je počáteční směr nazýván jako směr nulový. Cílíme co nejnižše nad bod na výtyčku hranolu. Poté co nastavíme nulový směr, zacílíme na střed odrazného hranolu. Do zápisníku zapíšeme změřené hodnoty, kterými jsou vodorovný úhel, změřené převýšení mezi stanoviskem a orientací, a dále vzdálenost mezi stanoviskem a orientačním bodem. Po zápisu hodnot ze zacílení na orientační bod pootočíme totální stanicí po směru hodinových ručiček a zacílíme na první určovaný bod 1 a opět zde zapíšeme do zápisníku změřený vodorovný úhel, převýšení mezi body a vzdálenost mezi těmito body.

Z důvodu zmenšení chyb přístroje a měření, např. nepřesné zacílení na střed hranolu, zavádíme měření ve druhé poloze dalekohledu, kde jemná a hrubá ustanovka je na levé straně od dalekohledu a měříme proti směru hodinových ručiček. Po otočení dalekohledu do druhé polohy opět zacílíme na určovaný bod 1, změříme a zapíšeme hodnoty do zápisníku. Úhel v druhé poloze dalekohledu by se měl lišit o  $200^{\text{g}}$  a několik gonových vteřin od úhlu měřeného v poloze první. Dále opět zacílíme na orientační bod, změříme a tímto ukončíme měření v první skupině. CHAMOUT A SKÁLA (2003) mluví o tom, že rozdíl v úhlu mezi první a druhou polohou nesmí u technických teodolitů přesáhnout  $0,03^{\text{g}}$  a u přesných teodolitů  $0,01^{\text{g}}$ .

Pro zpřesnění měření provedeme měření ve druhé skupině. Počáteční hodnotu na nulovém směru nastavíme odlišnou od hodnoty v první skupině, a to  $100,02^{\text{g}}$ . Měření bude probíhat úplně stejně jako při měření v první skupině. Výslednou hodnotu měřeného vodorovného úhlu na určovaný bod získáme zprůměrováním hodnot z obou skupin.

Následuje výpočet zápisníku pro získání vodorovného směru mezi body Q a 1 ze stanoviska P. Výpočet zápisníku provedeme tak, že nejprve v první skupině měření zprůměrujeme hodnotu vodorovného úhlu v první a druhé poloze dalekohledu na počátečním nulovém směru Q a poté tuto hodnotu odečteme od zprůměrované hodnoty na určovaný bod 1. Stejným způsobem spočteme i druhou skupinu měření. Výsledný vodorovný úhel mezi body Q a 1 ze stanoviska P získáme zprůměrováním úhlů z první a druhé měřičské skupiny.

Tento způsob měření praktikujeme na každém bodě našeho polygonového pořadu, tj. stanoviska P, 1, 2, 3 a K.

Úhly na každém stanovisku jsou měřeny ve dvou řadách a ve dvou skupinách. Dále je každá vzdálenost měřena dvakrát, a to ze dvou stanovisek. Všechna data jsou zaznamenávána do zápisníků „ZÁPISNÍK VODOROVNÝCH SMĚRŮ A ZENITOVÝCH ÚHLŮ“ a „ZÁPISNÍK DÉLEK A PŘEVÝŠENÍ MĚŘENÝCH GTS“.

Po skončení měření spočítáme v kanceláři pravouhlé souřadnice určených bodů, a to díky zadání zaměřených dat do příslušného geodetického softwaru nebo pak ručně v zápisníku „VÝPOČET SOUŘADNIC BODŮ POLYGONOVÝCH POŘADŮ“.

Jelikož je měření délek a úhlů nevyhnutelně zatíženo chybami, tj. že se vypočtené souřadnice koncového bodu K liší od souřadnic daných, zavádíme úhlové a souřadnicové vyrovnání. Úhlové a souřadnicové vyrovnání můžeme zavést v případě, když známe souřadnice koncových bodů spolu se souřadnicemi jejich orientací, což nám vetknutý a oboustranně orientovaný polygonový pořad umožňuje.

### **5.3.2. Výškové určení bodu**

Pro určení výšky bodu budeme používat dvě metody. A to pomocí metody trigonometrické nivelace, ke které použijeme elektronickou totální stanicí TOPCON GTS - 105N, a dále metodou technické nivelace, kterou budeme měřit pomocí nivelačního přístroje NIKON Ax-2s.

U každé z metod se klade důraz na přesnost určení nadmořských výšek bodů, která se nazývá maximální dopustná odchylka:

$$\Delta_h = \pm 40 \text{ mm } \sqrt{R},$$

kde R je délka výškového pořadu udávaná v kilometrech.

#### **5.3.2.1. Trigonometrické měření výšek**

Podle POKORY A KOL. (1985) se s trigonometrickým měřením setkáváme v případech, kde nám jde o převýšení dvou bodů od sebe značně vzdálené a použití technické nivelace z hlediska vyžadované přesnosti by bylo v tomto případě neekonomické, nebo kdy máme poměrně přesně určit výšku předmětu (věže, komínu, budovy) a přímé měření pásmem z technických důvodů není možné.

V našem případě chceme určit nadmořskou výšku bodu, a tudíž použijeme metodu trigonometrické nivelace.

### Trigonometrická nivelace

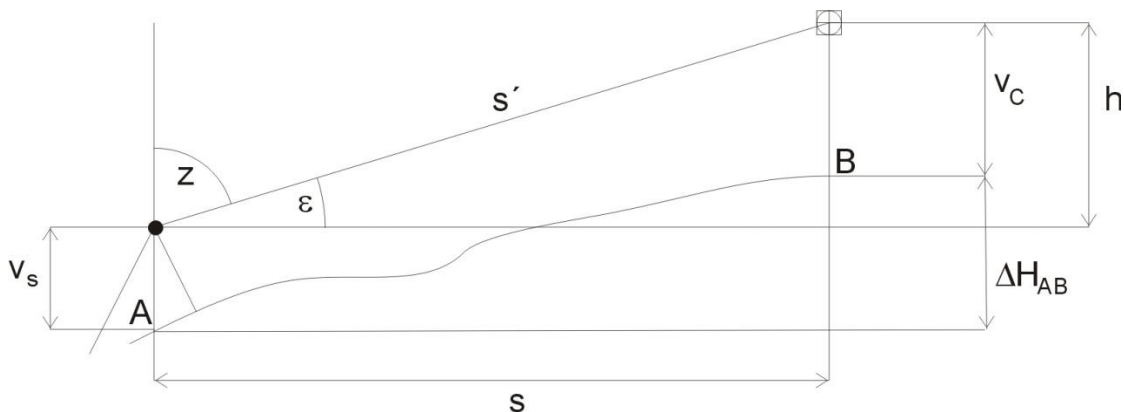
Trigonometrická nivelace nám slouží jako náhrada za technickou nivelaci v situacích, kdy technická nivelace není vhodná k použití díky složité struktuře terénu. K získání nadmořské výšky bodu je nutno v terénu změřit šikmou či vodorovnou délku, a dále pak vertikální úhel, výškový, hloubkový nebo zenitový (Obr. č. 5).

POKORA A KOL. (1967) popisuje, že tato metoda určení výšky bodu je založena na poznacích z trigonometrie, protože se ve většině případů jedná o řešení pravoúhlého nebo obecného trojúhelníka, v němž buď známe nebo si můžeme změřit potřebné prvky.

Dáno:  $A$  [m n. m.]

Měřeno:  $v_s, v_c, h, s$  [m],  $z$  [°]

Úkol:  $\Delta H_{AB}$  [m]



Obr. č. 5 – Měření převýšení pomocí trigonometrické nivelace, GEOMATIKA (2012)

Máme-li určit výškový rozdíl  $\Delta H_{AB}$  mezi body A a B, postavíme na jeden z těchto bodů přístroj, kterým změříme zenitový úhel  $z$  a na druhý bod cíl (odrazný hranol), na který měříme  $z$  bodu prvního. Další parametry, které musíme znát, jsou vzdálenost mezi body A a B, výška přístroje  $v_p$  nad bodem, na kterém je přístroj postaven a dále pak výška cíle  $v_c$  nad bodem B. Vzdálenost můžeme určit buď přímým měřením nebo výpočtem ze souřadnic.



V názorném příkladu z obrazu postupujeme s výpočty následovně:

$$h = s \times \cotgz,$$

$$\Delta H_{AB} = V_B - V_A = h - v_c + v_p.$$

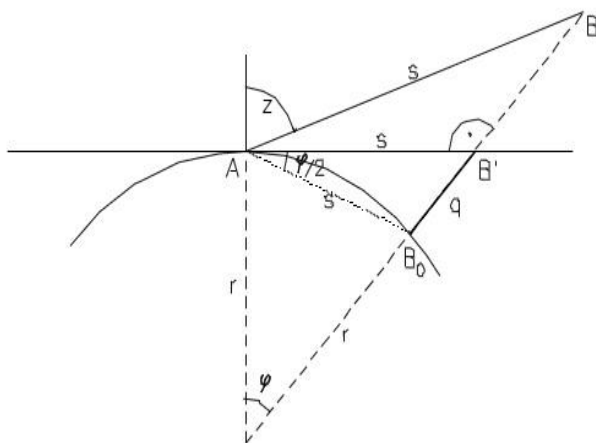
Je-li nám známa nadmořská výška bodu A, můžeme snadno určit nadmořskou výšku bodu B:

$$V_B = V_A + v_p + h - v_c.$$

Server GEOMATIKA nás informuje o tom, že vzorce uvedené výše platí pro kratší délky, a to pro vzdálenosti mezi body do 200 m. Při vzdálenostech mezi body, které jsou větší jak 200m, se zavádí tzv. Oprava ze zakřivení Země a díky vlivu hustoty a vzduchu se zavádí tzv. Oprava z refrakce.

- **Oprava ze zakřivení Země**

HAUF A KOL. (1982) popisuje opravu ze zakřivení Země jako výškový rozdíl mezi skutečným a zdánlivým horizontem a označuje jej písmenem q (Obr. č. 6).



- s...vzdálenost bodů AB
- r...poloměr Země (6380 km)
- q...oprava ze zakřivení Země
- z...zenitový úhel
- A...bod o známé výšce
- B...bod, jehož výšku zjišťujeme
- φ...vnitřní úhel pro danou vzdálenost po oblouku

Obr. č. 6 – Chyba ze zakřivení Země, MLČKOVÁ (2008)

Výpočet dle MLČKOVÉ (2008) je následující:

$$\text{arc } \varphi = \frac{s}{r},$$

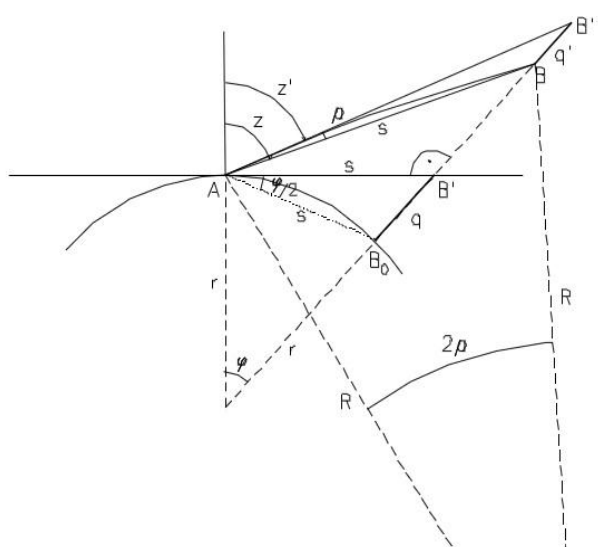
$$q = s \times \text{arc } \frac{\varphi}{2}.$$

Po následném dosazení do konečné rovnice nám vznikne finální tvar pro výpočet opravy ze zakřivení Země  $q$ :

$$q = \frac{s^2}{2r}.$$

- **Oprava z refrakce**

Oprava z refrakce vzniká díky nelineárnímu průběhu svazku paprsků elektromagnetického záření při měření elektrooptickým dálkoměrem díky hustotě a vzduchu okolí. MLČKOVÁ (2008) označuje tuto opravu písmenem  $q'$  (Obr. č. 7).



- $s$ ... vzdálenost bodů AB
- $r$ ... poloměr Země (6380 km)
- $q'$ ... oprava z refrakce
- $z$ ... zenitový úhel
- A... bod o známé výšce
- B... bod, jehož výšku zjišťujeme
- $R$ ... poloměr refrakčního oblouku
- $\rho$ ... refrakční úhel

Obr. č. 7 – Chyba z refrakce, MLČKOVÁ (2008)

Výpočet dle MLČKOVÉ (2008) je následující:

$$\rho = z - z',$$

$$\text{arc } 2\rho = \frac{s}{R},$$

$$\text{arc } \rho = \frac{s}{2R} = \frac{r \times \text{arc } \varphi}{2R} = \frac{r}{R} \times \frac{\text{arc } \varphi}{2} = k \times \frac{s}{2r},$$

$$q' = s \times \text{arc } \rho = k \frac{s^2}{2r}.$$

Kde  $k$  je refrakční koeficient, který je závislý na nadmořské výšce, denní době, teplotě vzduchu, vegetačním porostu a dalších činitelích. U nás ve střední Evropě používáme hodnotu  $k = 0,1306$ .

- **Výsledná oprava ze zakřivení Země a refrakce**

Výsledná oprava se vypočítá jako rozdíl opravy ze zakřivení Země a opravy z refrakce:

$$O = q - q',$$

$$O = \frac{s^2}{2r} - k \times \frac{s^2}{2r} = (1 - k) \times \frac{s^2}{2r} = s^2 \times \frac{1-k}{2r} = o \times s^2.$$

Pro dané území ve střední Evropě je refrakční koeficient konstantní. Pro  $r = 6380$  km a  $k = 0,1306$  se vypočte  $\frac{1-k}{2r} = \frac{1-0,1306}{2 \times 6380} = 6,81 \times 10^{-5} \text{ km}^{-1}$ .

Konečná oprava nám vyjde v milimetrech, pokud dosazená hodnota poloměru Země bude v kilometrech a hodnota vodorovné délky mezi body A a B v metrech.

Stručný přehled velikostí oprav podle HAUF A KOL. (1982) (Tab. č. 1):

d (m)	q (m)	q' (m)	q - q' (m)
100	0,001	0,000	0,001
253	0,005	0,001	0,004
360	0,010	0,001	0,009
1000	0,078	0,010	0,068
2000	0,310	0,040	0,270
5000	1,960	0,250	1,710

Tab. č. 1 – Hodnoty oprav ze zakřivení Země a oprav z refrakce, HAUF A KOL. (1982)

Pozn.: pro vodorovnou vzdálenost  $r = 6\,380\,000\text{m}$ .

### Postup měření

Při měření v terénu využijeme elektronickou totální stanici TOPCON GTS – 105N. Tato totální stanice je pro nás výhodou, protože nám dává možnost měřit zároveň vzdálenost mezi body, vertikální úhel a také může dopočítat jejich převýšení.

Při měření vycházíme z bodu o známé nadmořské výšce. Do přístroje zadáme námi změřenou výšku přístroje, kterou změříme např. skládacím dvoumetrem. Zacílíme na určovaný bod, zadáme výšku cíle a změříme vzdálenost mezi body a také jejich převýšení. Vzdálenost a převýšení se měří tam a zpět. Tento postup uplatňujeme na každém lomovém bodě a také na bodu koncovém.

Hodnoty, které jsme naměřili tam a zpět, zprůměrujeme a zaznamenáváme je do zápisníku „VÝPOČET TRIGONOMETRICKÉ NIVELACE“.

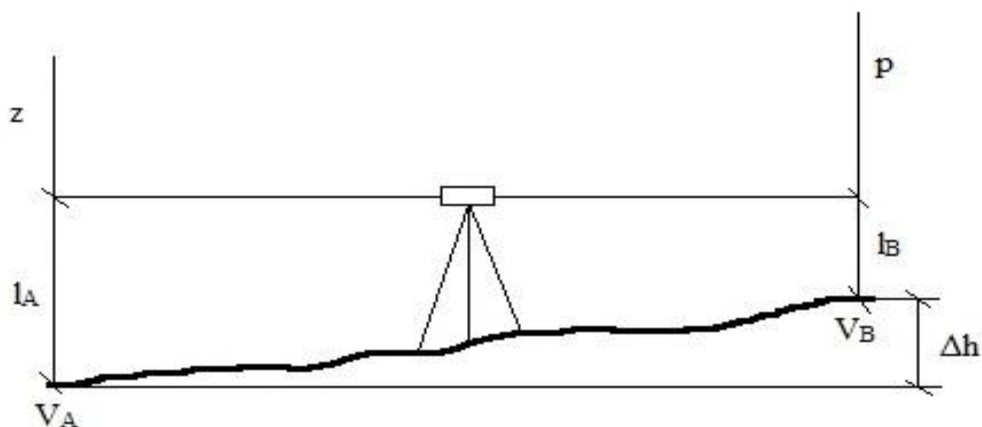
### 5.3.2.2. Technická nivelace ze středu

Technická, jinak řečeno geometrická, nivelace ze středu je jedna ze dvou metod nivelace. Druhá metoda, metoda nivelace vpřed se již v dnešní době nevyužívá. POKORA A KOL. (1984) uvádí, že nivelace je nejpřesnější metoda pro zjištění převýšení  $\Delta h$  mezi dvěma body. Převýšení se spočítá jako rozdíl dvou svislých vzdáleností  $l_A$  a  $l_B$  (Obr. č. 8).

Dáno: A [m n. m.]

Měřeno:  $l_A$ ,  $l_B$  [m]

Úkol:  $\Delta h$  [m], B [m n. m.]



Obr. č. 8 – Technická nivelace ze středu, GEOMATIKA (2012)

kde:  $\Delta h$  ... převýšení mezi body A a B

$l_A$  ... čtení na lati při záměře vzad (z)

$l_B$  ... čtení na lati při záměře vpřed (p).

V našem případě k určení nadmořské výšky bodu B musíme znát nadmořskou výšku bodu A, ke které přičteme převýšení mezi těmito body.

Nadmořská výška bodu B se vypočítá z následujícího vztahu:

$$V_B = V_A + \Delta_h,$$

kde

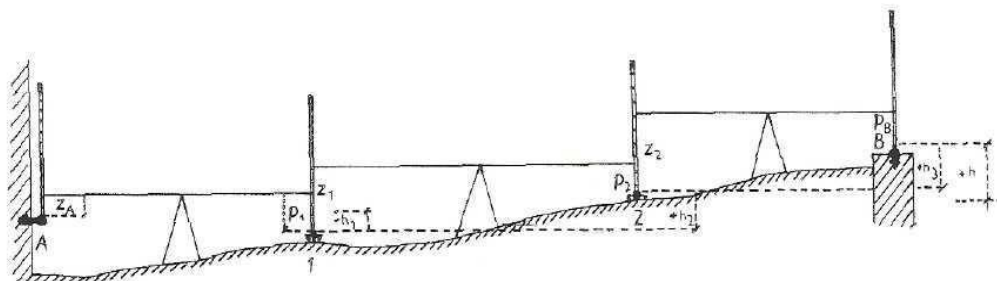
$$\Delta_h = l_A - l_B.$$

Po dosazení do rovnice získáme výslednou rovnici pro výpočet nadmořské výšky bodu B

$$V_B = V_A + (l_A - l_B).$$

Princip technické (geometrické) nivelace ze středu je v určování tzv. laťových úseků, což jsou hodnoty, které čteme na nivelační lati při záměře vzad a vpřed.

Jelikož při určování výškového rozdílu mezi dvěma body nevystačíme s jedním stanovištěm z důvodu, že ze stanoviště nemusíme vidět na oba body zároveň, a že délka záměry mezi body nesmí překročit určitou mez, zavádíme tak více tzv. „nivelačních sestav“. Jedna nivelační sestava tvoří měření z jednoho stanoviště na záměru vzad a záměru vpřed. Souhrn všech nivelačních sestav tvoří tzv. „nivelační pořad“(Obr. č. 9).



Obr. č. 9 – Nivelační pořad, DOUŠEK, MATĚJÍK (2005)

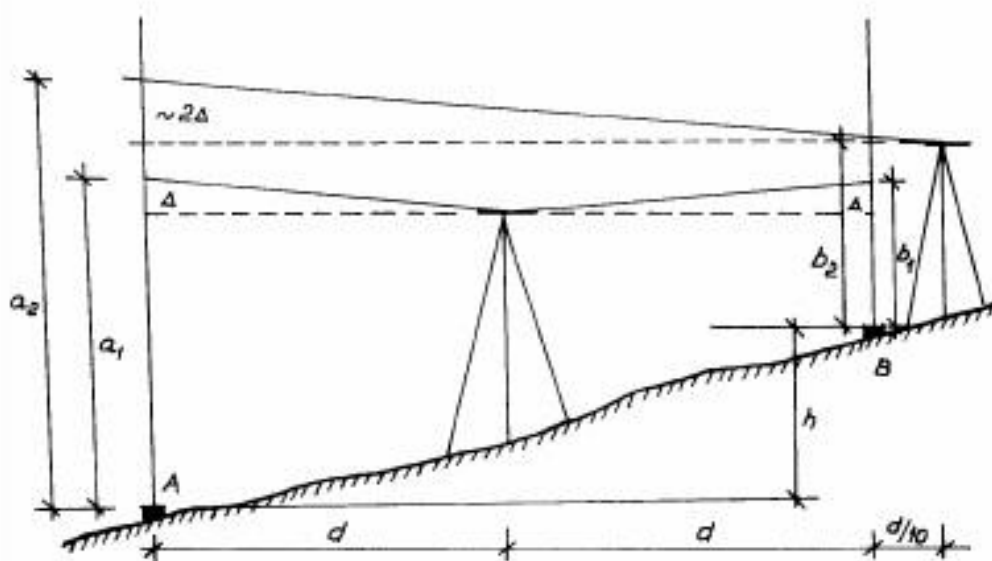
Počet nivelačních sestav je určen délkou nivelačního pořadu a celkovým množstvím podrobných neboli přestavových bodů v nivelačním pořadu.

Nivelační pořad se rozděluje na:

- volný
- vložený
- uzavřený.

V našem případě používáme nivelační pořad vložený, který je tvořen počátečním a koncovým připojovacím bodem. Připojovací bod je bod o známé nadmořské výšce ve výškovém systému Bpv. Při měření nivelační sestavy se měří na okrajové body, na kterých jsou postaveny latě, a ty jsou od sebe vzdáleny maximálně cca 100 metrů. Přístroj se staví doprostřed mezi latě, aby záměra na každou z nich byla stejná a jak již bylo zmíněno výše, jsou v nivelační sestavě měřeny dva body (není to pravidlo, může se jednat o více bodů, pokud budeme měřit body bočně). Nivelační lať se zpravidla staví na tzv. „nivelační podložku“, která nám zajišťuje výškovou a polohovou stabilitu latě při měření. Při určování bodů bočně se lať staví přímo na určovaný bod bez nivelační podložky.

Před začátkem měření je nutno provést tzv. polní zkoušku (Obr. č. 10). Polní zkouška nám slouží ke zjištění kolimační chyby přístroje. Kolimační chyba přístroje se řadí do kategorie osových chyb nivelačních přístrojů. V angličtině je toto měření nazývané jako „Two peg test“ (UREN A PRICE 2010).



Obr. č. 10 – Polní zkouška, CHAMOUT, SKÁLA (2003)

Polní zkouška se měří tak, že mezi dva jasně určené body A a B se postaví přístroj. Vzdálenost mezi body  $2d$  by měla být 50-60 metrů. Přístrojem přečteme záměru vzad na lati na bodě A a toto čtení označíme jako  $a_1$ . Dále přečteme čtení na záměře vpřed na bodě B a označíme ho jako  $b_1$ . Obě hodnoty se zapíší do zápisníku „ZÁPISNÍK PRO TECHNICKOU A PLOŠNOU NIVELACI“ do příslušných kolonek. Dalším krokem je, že vezmeme přístroj a přesuneme ho za bod A do

vzdálenosti  $d/10$ . Podle výše uvedené vzdálenosti postavíme stroj 2 – 3 metry za bod A. Přečteme čtení na bodě A a označíme ho jako  $a_2$ , dále přečteme čtení na bodě B a označíme jej  $b_2$ . Vše zapíšeme opět do zápisníku. K získání převýšení mezi body mezi sebou odečteme hodnoty  $a_1$  a  $b_1$ , převýšení označíme jako  $h_1$ . Stejným způsobem spočteme převýšení  $h_2$ . Kolimační chyba se ukáže při porovnání obou převýšení  $h_1$  a  $h_2$  a to vztahem  $h = h_1 - h_2$ . Vypočtený rozdíl  $h$  se porovná s maximální dopustnou odchylkou  $\Delta_h$ , jejíž hodnotu stanovil CHAMOUT A SKÁLA (2008) na  $\pm 2-3$  mm, max. 5mm. Pokud dojde k překročení maximální dopustné odchylky, nemůžeme tak daný přístroj použít k měření a je nutné dát přístroj k opravě do servisu.

### **Postup měření**

Po provedení polní zkoušky, která nám zjistila, že je přístroj vhodný pro měření, se přesuneme k přípojovacímu bodu A, kde začneme nivelační pořad a zároveň první nivelační sestavu. V každé nivelační sestavě provádíme měření záměr vzad a vpřed. Body, které určujeme bočně, měříme ze dvou nivelačních sestav, abychom zpřesnili výslednou výšku určovaného bodu. Měření končíme poslední sestavou, a to záměrou vpřed na koncový přípojovací bod B. Záměry vzad, vpřed, bočně a vzdálenosti záměr jsou postupně zapisovány do zápisníku „ZÁPISNÍK PRO TECHNICKOU A PLOŠNOU NIVELACI“.

### **5.4. Výpočty**

V této kapitole jsou popsány postupy výpočtů pravoúhlých souřadnic a nadmořských výšek z výše uvedených měřických metod, které byly v této práci použity.

#### **5.4.1. Základní souřadnicové výpočty**

Pro výpočet pravoúhlých souřadnic bodů je nutné pracovat se základními vstupními daty, kterými jsou souřadnicové rozdíly  $\Delta_{yPK}$  a  $\Delta_{xPK}$ , délka strany (spojnice)  $s_{PK}$  mezi počátečním bodem P a koncovým bodem K, a nakonec směrnik  $\sigma_{PK}$ . DOUŠEK A MATĚJÍK (2005) definují směrnik jako úhel sevřený měřickou stranou a rovnoběžkou s kladnou osou X.

Souřadnicové rozdíly dvou bodů získáme odečtením jejich X nebo Y souřadnic počátečního bodu od souřadnic bodu koncového:

$$\Delta y_{PK} = y_K - y_P,$$

$$\Delta x_{PK} = x_K - x_P.$$

Dalším základním vstupním datem je spojnice mezi počátečním a koncovým bodem, která se spočítá podle Pythagorovy věty:

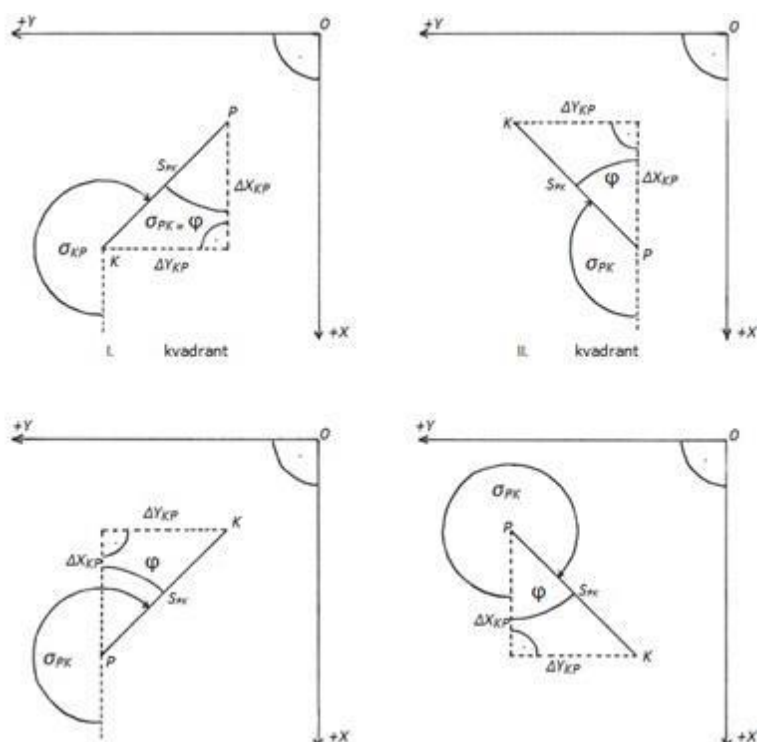
$$s_{PK} = \sqrt{\Delta x_{PK}^2 + \Delta y_{PK}^2}.$$

Směrník, jak již bylo zmíněno výše, je úhel měřený na bodě P od rovnoběžky kladné osy X po směru hodinových ručiček až po stranu PK.

Úhel při vrcholu P, který je tvořen stranami  $s_{PK}$ ,  $\Delta y_{PK}$  a  $\Delta x_{PK}$ , je označován písmenem  $\varphi$ . Úhel  $\varphi$  slouží jako pomocný úhel pro výpočet směrníku  $\sigma_{PK}$  a jeho velikost určíme ze vztahu:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{|\Delta y_{PK}|}{|\Delta x_{PK}|}.$$

Možnosti rozmístění bodů P a K jsou celkem 4 (Obr. č. 11).



Obr. č. 11 – Souřadnicové kvadranty, MANSFELDOVÁ (2008)

Z obrázku č. 11 je patrné, že souřadnicové rozdíly mohou být v různé kombinaci. Podle kombinace znamének určuje MAŠÍN A KOL. (1979), v jakém kvadrantu se určovaný směrník nachází (Tab. č. 2).



Kvadrant	I	II	III	IV
$\Delta y$	+	+	-	-
$\Delta x$	+	-	-	+
$\frac{\Delta y}{\Delta x}$	+	-	+	-
Směrník	$\sigma = \varphi$	$\sigma = 2R - \varphi$	$\sigma = 2R + \varphi$	$\sigma = 4R - \varphi$

Tab. č. 2 – Způsoby výpočtu směrníku, MAŠÍN A KOLEKTIV (1979)

Pozn.:  $R = 90^\circ$  ( $100^s$ )

#### 5.4.2. Postup výpočtu vetknutého oboustranně připojeného polygonového pořadu

MANSFELDOVÁ (2008) popisuje postup výpočtu takto:

Dáno: P, K, Q, M [y,x]

Měřeno: s [m],  $\omega$  [ $^s$ ]

Úkol: 1, 2, 3 [y,x]

1. Úhlové vyrovnání:

$$\sigma'_{P1} = \sigma_{PQ} + \omega p$$

$$\sigma'_{12} = \sigma'_{P1} + \omega_1 - 2R$$

$$\sigma'_{23} = \sigma'_{12} + \omega_2 - 2R$$

$$\sigma'_{3K} = \sigma'_{23} + \omega_3 - 2R$$

$$\sigma'_{KM} = \sigma'_{3K} + \omega_K - 2R$$

-----

$$\sigma'_{KM} = \sigma_{PQ} + [\omega] - 4 \times 2R$$

Porovnáním  $\sigma'_{KM}$  s daným směrníkem  $\sigma_{KM}$  získáme úhlovou odchylku  $O_\omega$

$$O_\omega = \sigma_{KM} - \sigma'_{KM}.$$

Tato odchylka nesmí překročit hodnotu, tzv. mezní úhlovou odchylku  $\Delta_\omega$ . Velikost mezní úhlové odchylky je dána přesností počítaných bodů. V našem případě

$$\Delta_\omega = 100^{cc} \times \sqrt{n+3},$$

kde n je počet bodů pořadu, včetně připojovacích.

Platí-li  $O_\omega < \Delta_\omega$ , rovnoměrně ji rozdělíme na vrcholové úhly, a tedy každý úhel opravíme o

$$\delta_\omega = O_\omega / n.$$

2. Výpočet vyrovnaných směrniců:

$$\sigma_{P1} = \sigma_{PQ} + \omega_P + \delta_\omega$$

$$\sigma_{12} = \sigma'_{P1} + \omega_1 + \delta_\omega - 2R$$

$$\sigma_{23} = \sigma'_{12} + \omega_2 + \delta_\omega - 2R$$

$$\sigma_{3K} = \sigma'_{23} + \omega_3 + \delta_\omega - 2R$$

$$\sigma_{KM} = \sigma'_{3K} + \omega_K + \delta_\omega - 2R.$$

Uděláme kontrolu o správném výpočtu směrniců. Vypočtený směrnic  $\sigma_{KM}$  se musí rovnat danému směrnicu  $\sigma_{KM}$ .

3. Výpočet prozatímních souřadnicových rozdílů:

Souřadnice y a x vypočítáme

$$\Delta y'_{P1} = s_{P1} \times \sin \sigma_{P1} \qquad \Delta x'_{P1} = s_{P1} \times \cos \sigma_{P1},$$

$$\Delta y'_{12} = s_{12} \times \sin \sigma_{12} \qquad \Delta x'_{12} = s_{12} \times \cos \sigma_{12},$$

$$\Delta y'_{23} = s_{23} \times \sin \sigma_{23} \qquad \Delta x'_{23} = s_{23} \times \cos \sigma_{23},$$

$$\Delta y'_{3K} = s_{3K} \times \sin \sigma_{3K} \qquad \Delta x'_{3K} = s_{3K} \times \cos \sigma_{3K}.$$

Sečteme

$$\Delta y'_{P1}, \dots, \Delta y'_{3K} = [\Delta y'] \qquad \Delta x'_{P1}, \dots, \Delta x'_{3K} = [\Delta x'],$$

pak

$$y_K' = y_P + [\Delta y'] \qquad x_K' = x_P + [\Delta x'].$$

Tímto výpočtem se dostaneme do bodu K'. Abychom se dostali do bodu K, musíme provést souřadnicové vyrovnání.

4. Souřadnicové vyrovnání:

Vypočteme tzv. souřadnicové odchylky  $O_y$  a  $O_x$ .

$$O_y = \Delta y_{PK} - [\Delta y'] \qquad O_x = \Delta x_{PK} - [\Delta x'].$$

V tomto případě se posuzuje chyba v poloze k bodu K, tedy celková polohová odchylka  $O_P$ .

$$O_P = \sqrt{O_y^2 + O_x^2}.$$

Tato odchylka nesmí překročit mezní polohovou odchylku  $\Delta_P$ . Velikost mezní polohové odchylky je dána přesností počítaných bodů. V našem případě

$$\Delta_P = 0,005 \times \sqrt{[s]} + 0,1,$$

kde  $[s]$  je součet polygonových stran v metrech. Jestliže platí vztah  $O_P \leq \Delta_P$ , můžeme začít se souřadnicovým vyrovnáním. Odchylky  $\delta_y$  a  $\delta_x$  rozdělujeme rovnoměrně na jednotlivé souřadnicové rozdíly.

Připočteme je k prozatímním souřadnicovým rozdílům a dostaneme vyrovnané souřadnicové rozdíly:

$$\Delta y = \Delta y' + \delta y \qquad \Delta x = \Delta x' + \delta x,$$

z nich pak vypočteme vyrovnané souřadnice:

$$y_1 = y_P + (\Delta y_{P1}' + \delta_y) \qquad x_1 = x_P + (\Delta x_{P1}' + \delta_x),$$

$$y_2 = y_1 + (\Delta y_{12}' + \delta_y) \qquad x_2 = x_1 + (\Delta x_{12}' + \delta_x),$$

$$y_3 = y_2 + (\Delta y_{23}' + \delta_y) \qquad x_3 = x_2 + (\Delta x_{23}' + \delta_x).$$

$$\text{Kontrola: } y_K = y_3 + (\Delta y_{3K}' + \delta_y) \qquad x_K = x_3 + (\Delta x_{3K}' + \delta_x).$$

### 5.4.3. Postup výpočtu trigonometrické nivelace

Dáno: P, K [m n. m.]

Měřeno: s,  $\Delta h$  [m]

Úkol: 1, 2, 3 [m n. m.]

Zápisník nejprve doplníme o údaje, které jsou nám již známé. Jedná se o číslo bodu počátečního, lomových bodů našeho výškového pořadu a bodu koncového. U počátečního a koncového bodu uvedeme jejich nadmořskou výšku ve výškovém systému Bpv. Dále do zápisníku udáváme již naše změřené údaje, tj. zprůměrovaná vzdálenost z měření tam a zpět mezi body zaokrouhlená na celé metry a zprůměrované převýšení mezi měření tam a zpět mezi body v metrech s přesností na milimetry. Sloupec oprava ze zakřivení Země zůstane prázdný, protože v dnešní

době totálních stanic je tato oprava zavedena přímo v měření. Toto se týče i naší totální stanice TOPCON GTS – 105N, kterou používáme při našem měření. Námí používaná totální stanice TOPCON GTS – 105N má i tu možnost, že opravu ze zakřivení Země při měření lze vypnout a při výpočtech se později dopočítává.

Když je zápisník doplněn o známé a změřené údaje, přichází řada na výpočet výšek lomových bodů. Spočteme sumy vzdáleností a převýšení. U výpočtu sumy převýšení se převýšení sčítají s jejich znaménky. Sumu převýšení jsme označili písmenem  $h'$ . Písmenem  $h$  jsme dále označili převýšení mezi počátečním a koncovým bodem. Díky těmto dvěma hodnotám můžeme dále vypočítat tzv. naměřenou odchytku  $O_h$ , která se vypočítá odečtením  $h'$  od  $h$ . Naměřenou odchytku jsme porovnali s mezní povolenou odchytkou  $\Delta_h = \pm 40 \text{ mm } \sqrt{R}$ , kde  $R$  je námí spočtená suma vzdáleností dosazená v km. Jestliže dojde k překročení povolené odchytky, měření neodpovídá požadované přesnosti a je nutné ho opakovat. Pokud nedojde k překročení povolené odchytky, naměřená odchytko  $O_h$  se rozdělí mezi jednotlivá převýšení přímo úměrně jejich velikostem. Rozdělená odchytko se zapíše do sloupce „oprava [m]“.

Výsledné nadmořské výšky lomových bodů našeho výškového pořadu jsme vypočítali tak, že vždy k výšce předchozího bodu jsme přičetli převýšení mezi bodem předchozím a bodem určovaným spolu s vypočtenou opravou z rozdělení naměřené odchytky.

INGEDULD A KOL. (1993) uvádí, že měření trigonometrického převýšení je v plochých terénech rovnocenné s měřením nivelačním.

#### **5.4.4. Postup výpočtu technické nivelace**

Dáno:  $P, K$  [m n. m.]

Měřeno:  $s, l_A, l_B$  [m]

Úkol: 1, 2, 3 [m n. m.]

Zápisník doplníme o známé hodnoty, kterými jsou informace o měření, polní zkouška, připojovací body se známými nadmořskými výškami v systému  $B_{pv}$ , změřené záměry vzad a vpřed, body změřené bočně a staničení.

Nejprve sečteme záměry vzad, které vstupují do výpočtu s kladným znaménkem. Dále sečteme záměry vpřed, které naopak od záměr vzad vstupují do výpočtu se znaménkem opačným. Sumy záměr vzad a vpřed následně sečteme a

označíme je písmenem  $h'$ . Vypočteme rozdíl mezi koncovým a počátečním připojovacím bodem a označíme tento rozdíl písmenem  $h$ . Rozdílem těchto dvou hodnot vypočítáme tzv. naměřenou odchylku, kterou značíme  $O_h$ .

$$O_h = (V_A - V_B) - (\Sigma z - \Sigma p),$$

$$O_h = h - h',$$

kde  $\Sigma z$  je součet záměr vzad a  $\Sigma p$  je součet záměr vpřed.

Naměřenou odchylku dále porovnáme s mezní odchylkou  $\Delta_h$ , která je již popisována výše. Pokud platí vztah  $O_h < \Delta_h$ , můžeme naměřenou odchylku rovnoměrně rozdělit na záměry vzad.

Kontrola pro správné spočtení a rozdělení maximální dosažené odchylky je taková, že k nadmořské výšce počátečního bodu postupně přičítáme záměry vzad spolu s opravou a odečítáme záměry vpřed a výsledkem musí být přesná hodnota nadmořské výšky bodu koncového.

Body bočně se v zápisníku vypočítají tak, že odečteme záměru bočně od nadmořské výšky horizontu přístroje v dané nivelační sestavě, kde nadmořská výška horizontu přístroje je součet nadmořské výšky bodu představového se záměrou vzad.

## 6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Všechny zjištěné informace o nově zřízených měřických bodech jsem uvedl do zápisníků „GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP“. V geodetických údajích se o konkrétním bodě dozvíme, v jakém katastrálním území leží, datum a společnost, která zajistila jeho zřízení. Dále pak jak je tento bod stabilizován a jakým způsobem je bod určen.

U nově zřízených bodů se uvádí orientace k nejbližšímu měřickému bodu a tento údaj nalezneme v zápisníku pod názvem Orientační jižník na bod.

Nejdůležitějšími informacemi o bodě jsou jeho pravoúhlé souřadnice v systému S – JTSK a jeho nadmořská výška v systému Bpv. Pravoúhlé souřadnice a nadmořská výška se uvádějí v metrech s přesností na centimetry.

### 6.1. Pravoúhlé souřadnice měřických bodů

Během měření v terénu byly zaměřovány vodorovné směry a vzdálenosti mezi jednotlivými body. Dále se z těchto naměřených hodnot díky početním operacím

spočítaly jejich konečné pravoúhlé souřadnice v systému S – JTSK. Výsledné souřadnice jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Číslo bodu	Souřadnice S – JTSK	
	Y	X
840	745 246,83	1 038 115,00
841	745 170,36	1 038 120,89
842	745 114,17	1 038 068,53
843	745 016,43	1 037 999,10
844	745 033,16	1 037 927,52
845	745 103,41	1 037 814,40
846	745 163,50	1 037 750,80
847	745 206,01	1 037 705,83
848	745 283,68	1 037 622,70

Tab. č. 3 – Pravoúhlé souřadnice měřických bodů

## 6.2. Nadmořské výšky měřických bodů

Nadmořské výšky, jak už bylo zmíněno výše, byly určovány dvojím způsobem. První metodou určení nadmořských výšek bodu byla metoda trigonometrické nivelace za použití elektronické totální stanice TOPCON GTS – 105N, kterou jsme měřili vodorovnou vzdálenost a převýšení mezi body. Měření byla prováděna vždy dvakrát (tam a zpět) z důvodu dosažení přesnějších výsledků. Další metodou byla metoda technické nivelace. Body byly změřeny bočně, a to opět dvakrát pro získání přesnějších hodnot.

Výsledné nadmořské výšky z obou metod v systému Bpv, jsem uvedl níže v tabulce č. 4.

Číslo bodu	Nadmořské výšky – Balt po vyrovnání	
	Trigonometrická nivelace	Technická nivelace
840	276,668	276,663
841	276,063	276,059
842	274,763	274,759
843	271,739	271,736
844	270,415	270,413
845	273,375	273,376

846	275,351	275,347
847	276,525	276,524
848	278,007	278,005

Tab. č. 4 – Nadmořské výšky měřických bodů

### 6.3. Seznam pravoúhlých souřadnic a nadmořských výšek měřických bodů

Pravoúhlé souřadnice a nadmořské výšky nově vybudovaných bodů jsem uvedl v tabulce č. 5.

Číslo bodu	Pravoúhlé souřadnice v systému S – JTSK		Nadmořské výšky v systému Bpv
	Y	X	Z
840	745 246,83	1 038 115,00	276,666
841	745 170,36	1 038 120,89	276,061
842	745 114,17	1 038 068,53	274,761
843	745 016,43	1 037 999,10	271,738
844	745 033,16	1 037 927,52	270,414
845	745 103,41	1 037 814,40	273,376
846	745 163,50	1 037 750,80	275,349
847	745 206,01	1 037 705,83	276,525
848	745 283,68	1 037 622,70	278,006

Tab. č. 5 – Seznam pravoúhlých souřadnic a nadmořských výšek nových měřických bodů

## 7. DISKUZE

Použitá metoda k určení pravoúhlých souřadnic byla metoda polygonového pořadu, v našem případě vetknutý a oboustranně orientovaný polygonový pořad. Na tuto metodu se klade určitý požadavek na přesnost, u námi získaných naměřených dat. VOBOŘILOVÁ A SKOŘEPA (2004) uvádí vypočítání mezní úhlové odchylky a mezní polohové ve třech možných způsobech. Tyto tři způsoby se určují podle mezní délky strany mezi dvěma měřickými body a podle mezní délky polygonového pořadu. V našem případě se jednalo o mezní délku strany 50 – 400 m a mezní délku polygonového pořadu 1500 m.

Způsobů určení pravoúhlých souřadnic geodetickými metodami je více. Mezi tyto metody patří určení rajonem, protínáním zpět, z úhlů, délek a z orientovaných směrů, dále je možné určení pomocí metod GPS a fotogrammetrie.

K určení nadmořských výšek měřických bodů byly použity metody trigonometrická nivelace a technická nivelace. V našem případě díky rovinnému terénu jsou tyto dvě metody rovnocenné, a proto díky použití těchto dvou nezávislých metod se výsledné nadmořské výšky zpřesnili

Osobně považuji výběr použitých metod v této bakalářské práci za správné a vyhovující vůči struktuře terénu a požadované přesnosti.

## 8. ZÁVĚR

Tato kapitola popisuje vyhodnocení přesností měření dosažené během mého měření s přesnostmi, které by měly tomuto měření odpovídat.

Polygonový pořad 818 – 839 je polygonový pořad s počátečním bodem 818, s orientací na bod 817. Na každém bodě byla zaměřena osnova směrů na bod vzad a bod vpřed. Koncovým bodem polygonového pořadu se stal bod 839, s orientací na bod 826. Na každém bodě polygonového pořadu byla zaměřena osnova směrů ve dvou polohách dalekohledu a také ve dvou skupinách pro dosažení přesnějších výsledků. Tímto postupem se zjistily vrcholové úhly  $\omega_i$  na všech měřických bodech, ze kterých se následně vypočetla naměřená úhlová odchylka  $O_{\omega(818-839)}$ .

Hodnota úhlové odchylky se po výpočtu rovnala  $O_{\omega(818-839)} = 57''$ . Tato vypočtená odchylka se porovnávala s mezní odchylkou  $\Delta_{\omega} = 100'' \times \sqrt{n+3}$ , jejíž hodnota je  $3'74''$ . Požadované kritérium  $\Delta_{\omega} \geq O_{\omega(818-839)}$  bylo splněno. Z porovnání odchylek je zřejmé, že bylo dosaženo vyšší přesnosti měření, a bylo tak dosaženo přesnějších naměřených hodnot.

Dalším krokem bylo vypočítat pravoúhlé souřadnice nových měřických bodů. Při jejich výpočtu se srovnávala polohová odchylka s mezní polohovou odchylkou.

Naměřená polohová odchylka  $O_P(818-839) = 0,08$  m se porovnávala s mezní odchylkou  $\Delta_P = 0,005 \times \sqrt{[s]} + 0,1$ , jejíž hodnota je v tomto případě 0,26 m. Opět bylo splněno kritérium  $\Delta_P \geq O_P(818-839)$ .



Po výpočtu pravouhlých souřadnic jsem vypočítal nadmořské výšky nových měřických bodů, a to nejprve metodou trigonometrické nivelace a poté metodou technické nivelace. U trigonometrické nivelace bylo dosaženo naměřené odchylky  $O_{h(818 - 839)} = -0,014$  m a mezní odchylky  $\Delta_h = \pm 0,040$  m, čímž bylo potvrzeno kritérium  $\Delta_h > O_h$  a byla splněna požadovaná přesnost.

Při určování nadmořských výšek pomocí metody technické nivelace se vycházelo z rozdílů sumy záměr vzad a sumy záměr vpřed. Vypočtený rozdíl se odečetl od převýšení mezi koncovým a počátečním bodem. Hodnota naměřené odchylky byla  $O_{h(818 - 839)} = -0,002$  m. Naměřená odchylka nivelační pořadu se porovnala s mezní odchylkou  $\Delta_h = \pm 0,036$  m. V tomto měření bylo opět dodrženo kritérium  $\Delta_h > O_h$ . Při porovnání odchylek bylo opět zjištěno, že bylo dosaženo vyšší přesnosti, a tudíž měření je považováno za velmi přesné.

Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že měření proběhlo v požadované přesnosti. Z výsledků je zřejmé, že bylo dosaženo vyšších přesností.

## 9. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ANDERSON J., MIKHAIL E., 1998: SURVEYING: THEORY AND PRACTICE, Tom Casson, United States of America.

BURŠÍK, A., PROCHÁZKA, F., 1979: GEODETICKÉ POČTÁŘSTVÍ, KARTOGRAFIE, Praha.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2013, Praha, online: <[www.czso.cz](http://www.czso.cz)>

[cit. 8.2.2013].

DOUŠEK F., MATĚJÍK M., 2005: GEODÉZIE, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.

GEODIS, 2009, Brno, online: <[www.geodis.cz](http://www.geodis.cz)> [cit. 24.10.2012].

GEOMATIKA, 2012, Plzeň, online: <[www.gis.zcu.cz](http://www.gis.zcu.cz)> [cit. 13.12.2012].

GEOMETRA, 2006, GEOMETRA OPAVA, spol. s r.o., online:

<[www.geometra-opava.com](http://www.geometra-opava.com)> [cit. 26.10.2012].

GEOSERVER.CZ, 2010, Geodetické centrum s r.o. Pardubice, online:

<[www.geoserver.cz](http://www.geoserver.cz)> [cit. 24.10.2012].

- HAEFELI – LYSNAR, 2013, online <[www.hlse.com.au](http://www.hlse.com.au)> [cit. 19.1.2013]
- HÁNEK P., KOL., 2007: STAVEBNÍ GEODÉZIE, Nakladatelství ČVUT, Praha.
- HAUF M., KOL., 1982: Geodézie, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha.
- CHAMOUT L., SKÁLA P., 2008: GEODÉZIE, 1. Část, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- CHAMOUT L., SKÁLA P., 2003: Základy geodezie, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- IPC – PEF, 2008, online <[www.ipc.pef.czu.cz](http://www.ipc.pef.czu.cz)> [cit. 22.2.2013].
- INGEDULD M., JANDOUREK J., RATIBORSKÝ J., BLAŽEK R., 1993: Geodézie - Metody výpočtu a vyrovnání geodetických sítí, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1993.
- KAHMEN H., FAIG W., 1988: Surveying, Walter de Gruyter & Co., Berlin and New York.
- MANSFELDOVÁ J., 2008: GEODETICKÉ VÝPOČTY, 1. část, ©spszememericka, 2008, Praha.
- MAPY.CZ, 2013, online <[www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)> [cit. 22.2.2013].
- MAŠÍN Z., KOL., 1979: GEODÉZIE II., Kartografie, Praha.
- MLČKOVÁ D., 2008: GEODETICKÉ VÝPOČTY, 2. část, ©spszememericka, Praha.
- NEVOSÁD Z., VITÁSEK J., BUREŠ J., 2002: Geodézie IV, Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství Cerm, Brno (2002).
- NEVOSÁD Z., SOUKUP F., VITÁSEK J., 1999: Geodézie II, Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství Vutium, Brno.
- POKORA M. – KOLEKTIV, 1985: Geodézie 1, Geodetický a kartografický podnik, 1985, Praha.
- POKORA M., KOL., 1984: Geodézie pro stavební fakulty, Geodetický a kartografický podnik v Praze, Praha, 1984.
- POKORA M. – KOLEKTIV, 1967: Geodézie, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha.

RATIBORSKÝ J., 2011: Geodézie 1, Česká technika – nakladatelství ČVUT, Praha.

RATIBORSKÝ J., 2000: GEODÉZIE 10, Vydavatelství ČVUT, Praha.

UREN J., PRICE B., 2010: Surveying for engineers, PALGRAVE MACMILLAN, Great Britain.

ÚZ, 2012: Katastr nemovitostí, zeměměřičtví, pozemkové úpravy a úřady, Nakladatelství Sagit, a.s., Ostrava.

ÚZ, 2012: Zákon §2 č. 430/2006 Sb.: o stanovení referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, v platném znění

VOBOŘILOVÁ P., SKOŘEPA Z., 2004: GEODÉZIE 1, 2, Vydavatelství ČVUT, Praha.

### **Seznam obrázků**

- Obr. č. 1 – Schéma vodorovných a svislých úhlů
- Obr. č. 2 – Mapa Hlavního města Prahy s vyznačeným katastrálním územím  
Suchdol
- Obr. č. 3 – Souřadnicové kvadranty
- Obr. č. 4 – Vetknutý oboustranně orientovaný polygonový pořad
- Obr. č. 5 – Měření převýšení pomocí trigonometrické nivelace
- Obr. č. 6 – Chyba ze zakřivení Země
- Obr. č. 7 – Chyba z refrakce
- Obr. č. 8 – Technická nivelace ze středu
- Obr. č. 9 – Nivelační pořad
- Obr. č. 10 – Polní zkouška
- Obr. č. 11 – Souřadnicové kvadranty

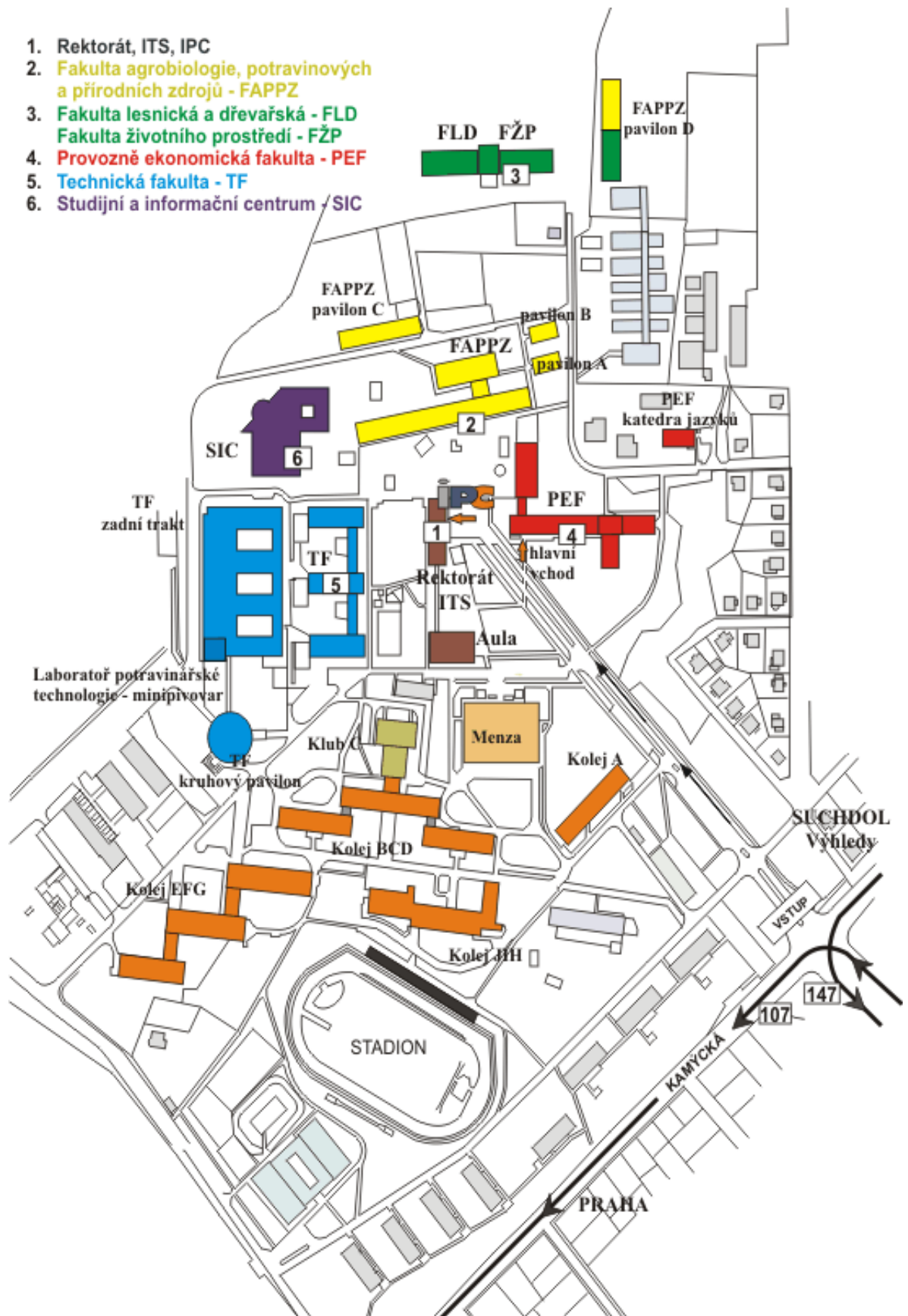
### **Seznam tabulek**

- Tab. č. 1 – Hodnoty oprav ze zakřivení Země a oprav z refrakce
- Tab. č. 2 – Způsoby výpočtu směrníku
- Tab. č. 3 – Pravoúhlé souřadnice měřických bodů
- Tab. č. 4 – Nadmořské výšky měřických bodů
- Tab. č. 5 – Seznam pravoúhlých souřadnic a nadmořských výšek nových  
měřických bodů

## Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Mapa areálu České zemědělské univerzity v Praze
- Příloha č. 2 – Mapa rozmístění nových měřických bodů
- Příloha č. 3 – Výpočet souřadnic bodů 840-848
- Příloha č. 4 – Zápisník vodorovných a zenitových úhlů pro body 818 – 843
- Příloha č. 5 – Zápisník vodorovných a zenitových úhlů pro body 844 - 839
- Příloha č. 6 – Zápisník délek a převýšení 818 – 839 měřených GTS
- Příloha č. 7 – Výpočet trigonometrické nivelace
- Příloha č. 8 – Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci
- Příloha č. 9 – Geodetické údaje bodů 817 / 818 / 826 / 839
- Příloha č. 10 – Geodetické údaje bodů 840 / 841 / 842 / 843
- Příloha č. 11 – Geodetické údaje bodů 844 / 845 / 846 / 847
- Příloha č. 12 – Geodetické údaje bodů 848

# Mapa areálu České Zemědělské univerzity v Praze



Mapa areálu České Zemědělské univerzity v Praze je převzata z Informačního a poradenského centra Provozně ekonomické fakulty – PEF (2008).



## Mapa rozmístění nových měřických bodů



Snímek mapy je pořízen z portálu MAPY.CZ (2013) a je doplněn o body připojovací a orientační (znázorněny červeně) a dále o nové měřické body (znázorněny bíle).



## VÝPOČET SOUŘADNIC BODŮ POLYGONOVÝCH POŘADŮ

Číslo pořadu	Číslo bodu	Vrch. úhly $\omega$ a úhlové vyrovnaní			Směrníky $\alpha$			Strany s [m]	Souřadnice S - JTSK a souřadnicové vyrovnaní	
		g	c	cc	g	c	cc		y	x
(1)	(2)	(3)			(4)			(5)	(6)	(7)
1	5818-817				49	53	93			
	818	289	14	+6 25					745 321,25	1 037 596,56
	848	213	47	+5 82	338	68	24	45,76	+37,57	+26,13
	847	199	61	+5 29	352	16	11	113,77	-77,07	+23,13
	846	200	02	+5 40	351	77	45	61,88	-42,52	+44,96
	845	212	32	+5 12	351	79	90	87,49	-60,09	+63,59
	844	220	75	+5 13	364	62	07	133,15	-70,25	+113,11
	843	275	31	+5 16	385	37	25	73,59	-16,74	+71,58
	842	199	56	+5 32	60	68	46	119,88	+97,74	+69,42
	841	252	64	+5 41	52	24	83	76,80	+56,19	+52,35
	840	243	29	+5 75	104	89	29	76,69	+76,46	-5,89
	839	205	18	+6 51	148	19	09	186,60	+135,61	-128,14

 $\Sigma 839-826$ 

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} 2553,37 \text{ } 09^{\circ} \\ \Sigma 839-826 & 153,37 \text{ } 09^{\circ} \\ \Sigma 839-826 & 153,37 \text{ } 66^{\circ} \\ \omega_w & + 0,00 \text{ } 57^{\circ} \\ \omega_w & 100^{\circ} n+3 = 0,0374^{\circ} \end{aligned}$$

 $153 \text{ } 37 \text{ } 66 \text{ } [s] = 975,53$ 
 $\omega_w < \omega_w$ 

Pro výuku předmětu GEODEZIE

$$\begin{aligned} \Delta y &= 61,19 & \Delta x &= 390,31 \\ \Delta y' &= 61,16 & \Delta x' &= 390,24 \\ \omega_y &= +0,03 & \omega_x &= +0,07 \\ \omega_p &= 0,08 & \Delta p &= 0,005 \sqrt{153} + 0,1 = 0,26 \\ & & \omega_p &< \Delta p \end{aligned}$$





## Zápisník vodorovných směrů a zenitových úhlů

Měřil: Palas			Situace:							Teodolit:				
Dne: 13.3.2013										GTS 105N				
Viditelnost: Dobrá										v.č.: 6H 1200				
Zapsal: Pelichar			Poznámka:											
Vypočetl: Palas														
Kontroloval: Potyčka														
Stanovisko		Směr na bod č.	Vodorovné směry								Zenitové úhly z			
číslo	výška stroje		Poloha	1. skupina	Průměr prostý reduk.	2. skupina	Průměr prostý reduk.	(3. skupina)	Průměr prostý reduk.	Výsledné vodorovné směry	Výška cílové značky	Poloha	Zápis	Výsledný zenitový úhel
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
818	817	I	0°02'00	0°1'48	100°02'00	02°02						I		
		II	200°01'46	00°00	300°02'04	00°00				0°00'00		II		
	848	I	289°16'20	16'26	389°16'20	16'23						I		
		II	89°16'32	14'28	189°16'26	14'21				289°14'25		II		
		Σ									Σ			
848	818	I	0°02'00	02°09	100°02'00	02°05						I		
		II	200°02'18	00°00	300°02'10	00°00				0°00'00		II		
	847	I	213°49'78	49'89	313°49'74	49'88						I		
		II	113°50'00	47'80	113°50'02	47'83				213°47'82		II		
		Σ									Σ			
847	848	I	0°02'00	02°07	100°02'00	02°10						I		
		II	200°02'14	00°00	300°02'20	00°00				0°00'00		II		
	846	I	199°63'26	63'40	299°63'24	63'34						I		
		II	399°63'54	61'33	99°63'44	61'24				199°61'29		II		
		Σ									Σ			
846	847	I	0°02'00	02°02	100°02'00	02°03						I		
		II	200°02'04	00°00	300°02'06	00°00				0°00'00		II		
	845	I	200°04'36	04'58	300°04'40	04'26						I		
		II	0°04'80	02'56	100°04'42	02'23				200°02'40		II		
		Σ									Σ			
845	846	I	0°02'00	02°03	100°02'00	02°04						I		
		II	200°02'06	00°00	300°02'08	00°00				0°00'00		II		
	844	I	212°84'30	84'28	312°84'00	84'03						I		
		II	12°84'26	82'25	112°84'06	81'99				212°82'12		II		
		Σ									Σ			
844	845	I	0°02'00	01'94	100°02'00	02'06						I		
		II	200°01'88	00°00	300°02'12	00°00				0°00'00		II		
	843	I	220°77'14	77'14	320°77'08	77'12						I		
		II	20°77'14	75'20	120°77'16	75'06				220°75'13		II		
		Σ									Σ			
843	844	I	0°02'00	01'45	100°02'00	02'06						I		
		II	200°01'40	00°00	300°02'12	00°00				0°00'00		II		
	842	I	275°33'26	33'15	375°33'14	33'17						I		
		II	75°33'04	31'20	175°33'20	31'11				275°31'16		II		
		Σ									Σ			





### Zápisník vodorovných směrů a zenitových úhlů

Měřil: <u>Palas</u> Dne: <u>13.3.2013</u> Viditelnost: <u>Dobrá</u>	Situace: 	Teodolit: <u>GTS 105 N</u> v.č.: <u>6H 1200</u>
Zapsal: <u>Pelichar</u> Vypočetl: <u>Palas</u> Kontroloval: <u>Notyčka</u>	Poznámka:	

Stanovisko			Vodorovné směry								Zenitové úhly z			
číslo	výška stroje	Směr na bod č.	Poloha	Průměr prostý		Průměr prostý	Průměr prostý	Průměr prostý	Průměr prostý	Výsledné vodorovné směry	Výška cílové značky	Poloha	Zápis	Výsledný zenitový úhel
				1. skupina	reduk.									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
842	843	I		0°02'00	02°07	100°02'00	02°10					I		
		II		200°02'14	00°00	300°02'20	00°00			0°00'00		II		
	841	I		191°58'28	58°39	291°58'30	58°41					I		
		II		391°58'50	56°32	41°58'52	56°31			191°56'32		II		
		Σ										Σ		
841	842	I		0°02'00	02°14	100°02'00	02°13					I		
		II		200°02'28	00°00	300°02'26	00°00			0°00'00		II		
	840	I		252°66'42	66°53	352°66'44	66°55					I		
		II		52°66'64	64°39	152°66'66	64°42			252°64'41		II		
		Σ										Σ		
840	841	I		0°02'00	02°10	100°02'00	02°11					I		
		II		200°02'20	00°00	300°02'22	00°00			0°00'00		II		
	839	I		243°31'78	31°86	343°31'74	31°84					I		
		II		43°31'94	29°76	143°31'94	29°73			243°29'75		II		
		Σ										Σ		
839	840	I		0°02'00	02°16	100°02'00	02°09					I		
		II		200°02'32	00°00	300°02'18	00°00			0°00'00		II		
	826	I		205°20'78	20°72	305°20'50	20°55					I		
		II		5°20'66	18°56	105°20'60	18°46			205°18'51		II		
		Σ										Σ		
			I									I		
			II									II		
			Σ									Σ		
			I									I		
			II									II		
			Σ									Σ		
			I									I		
			II									II		
			Σ									Σ		







## VÝPOČET TRIGONOMETRICKÉ NIVELACE



Zakázka: Areal ČZU

Vypočetl: Palas

Datum: 13.3.2013

Kontroloval: Motyčka

$$q = \frac{D^2}{2R}$$

R = 6 380 000 m

č. bodu	vod. délka D [m]	převýšení $\phi$ [m]	opr. ze zakřiv. Země q [m]	oprava [m]	nadmoř. výška Bpv [m]	č. bodu	vod. délka D [m]	převýšení $\phi$ [m]	opr. ze zakřiv. Země q [m]	oprava [m]	nadmoř. výška Bpv [m]
818					278,050						
	46	-0,042	-	-0,001							
848					278,007						
	114	-1,481	-	-0,001							
847					276,525						
	62	-1,173	-	-0,001							
846					275,351						
	88	-1,974	-	-0,002							
845					273,375						
	133	-2,958	-	-0,002							
844					270,415						
	74	+1,325	-	-0,001							
843					271,739						
	120	+3,026	-	-0,002							
842					274,763						
	77	+1,301	-	-0,001							
841					276,063						
	77	+0,606	-	-0,001							
840					276,668						
	187	+1,346	-	-0,002							
839					278,012						
$\Sigma$	978										
	$h =$	-0,038	m								
	$h' =$	-0,024	m								
	$q_h =$	-0,014	m								
	$\Delta h =$	$\pm 40$	mm								
	$q_h < \Delta h$										

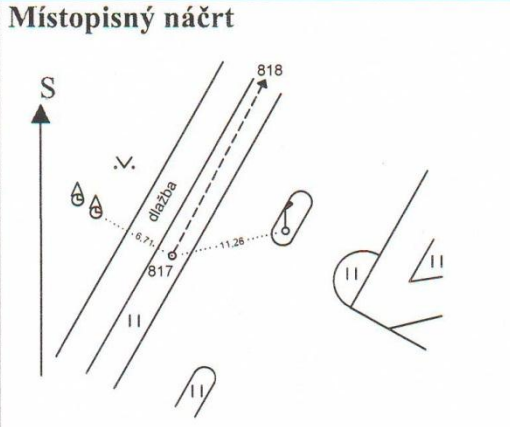
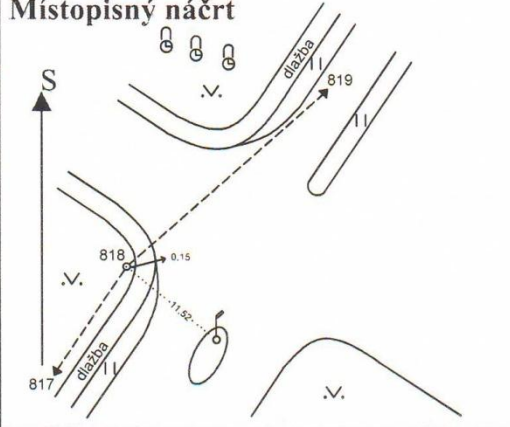
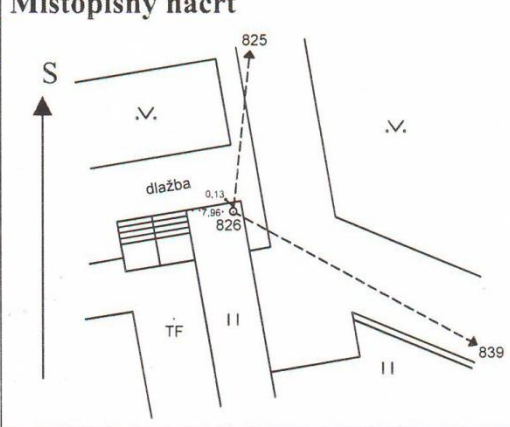
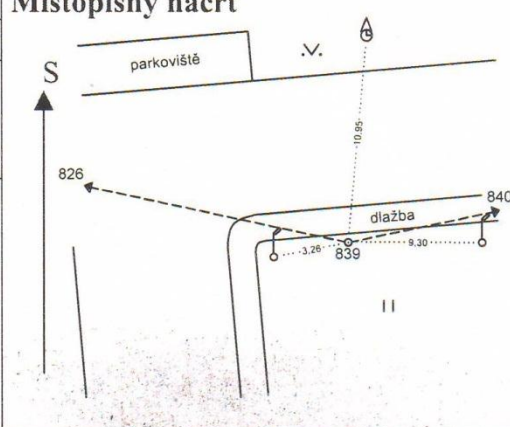


Číslo bodu		Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu přístroje	Nadmořská výška bodu		Staničení [m]	Poznámka
přesta- vového	bočné- ho	vzad +	vpřed -	bočně -		přestavového	určeného bočně		
818		1,138 <sup>-1</sup>				278,050		22	typ přístroje: NIKON Ax-2s
	848			1,182					výr. číslo přístroje: 0902325
			1,120					22	měřeno dne: 13.3.2013
		0,856						62	měřil: Palas
	848			0,919					
	847			2,400					zapsal: Melichar
			2,405					62	
		0,596						35	vypočetl: Palas
	847			0,589					
	846			1,766					viditelnost: Dobrá
			1,827					35	zkouška přístroje:
		0,301						50	$a_1 = 1,330$ $a_2 = 1,322$
	846			0,243					$b_1 = 1,328$ $b_2 = 1,320$
	845			2,213					$h_1 = a_1 - b_1 = 0,002$
			2,215					50	$h_2 = a_2 - b_2 = 0,002$
		0,394						40	$h = h_1 - h_2 = 0 \text{ mm}$
	845			0,391					
			2,145					40	
		0,619						35	
	844			1,827					
			1,819					35	
		1,475						28	
	844			1,485					
			0,782					28	
		1,594						18	
	843			0,973					
			1,024					18	
		2,559						50	
	843			2,508					
			0,241					50	
		1,828						25	
	842			1,073					
			0,764					25	
		1,622						30	
	842			1,930					
	841			0,629					
			0,448					30	
		1,645						30	
	841			1,828					
	840			1,224					
			1,203					30	
		1,558						60	
	840			1,578					
			0,930					60	
		1,535 <sup>-1</sup>						45	
839			0,833			278,012		45	
	$\Sigma$	17,720	17,756					R=788	$\Delta h = 40 \cdot \sqrt{2} = \pm 36 \text{ mm}$
									$h = -0,038 \text{ m}$
									$h' = -0,036 \text{ m}$
									$0_h = h - h' = -0,002 \text{ m}$
									$0_h < \Delta h$

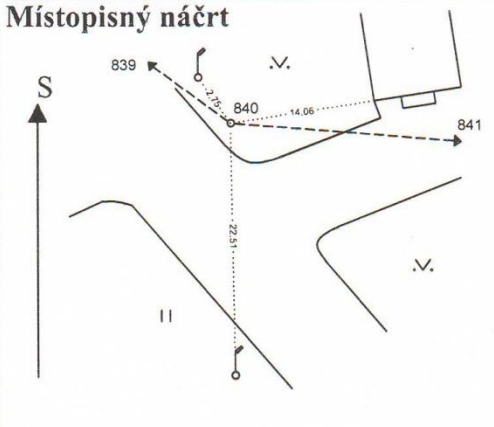
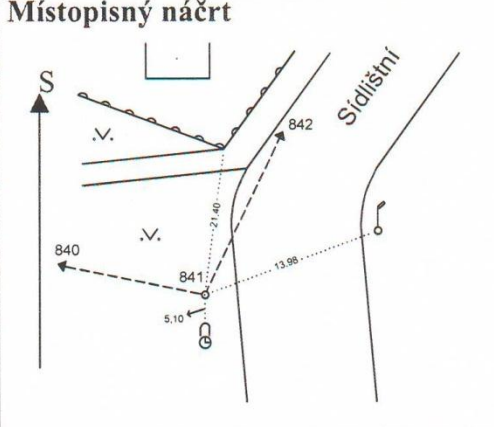
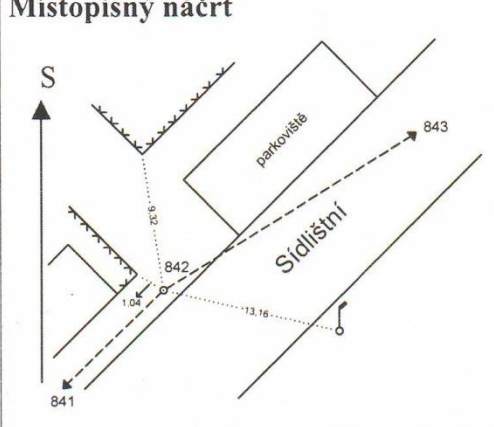
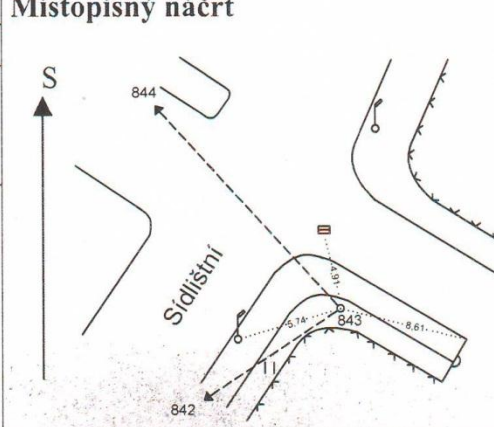
Pro výuku předmětu GEODEZIE



## GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

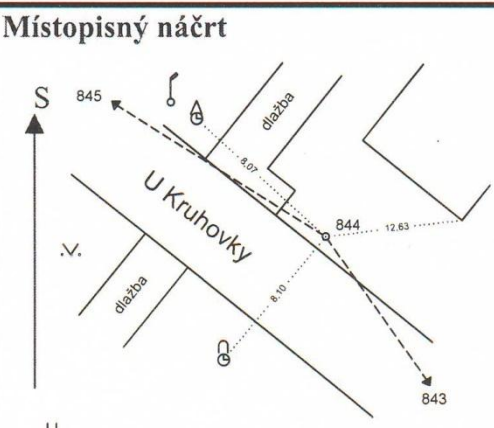
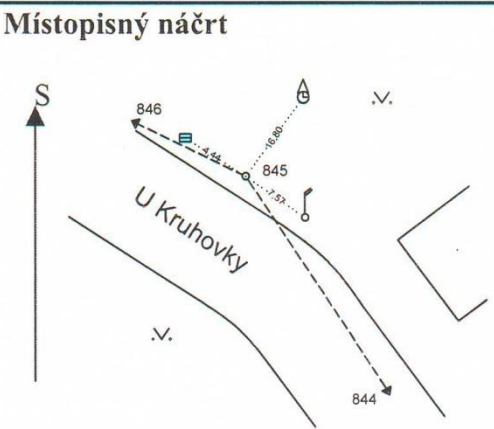
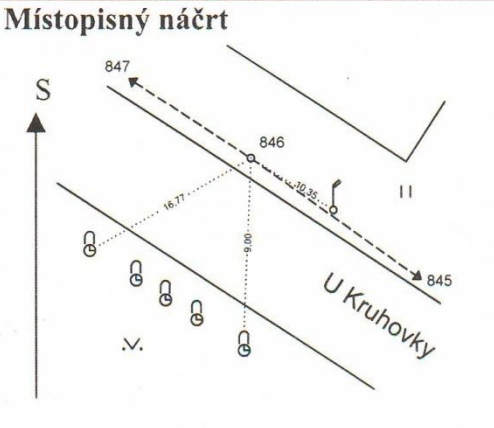
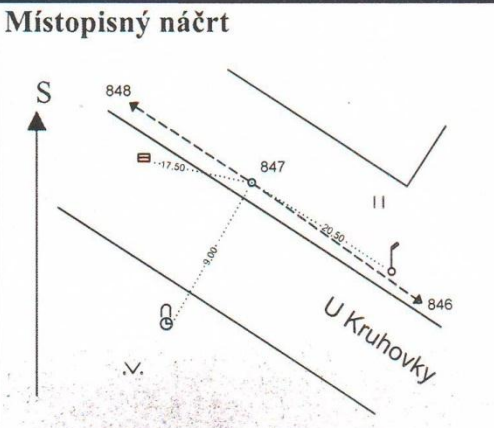
<b>Bod</b> 817	<b>Bod zřídila: ČZU</b> org., rok 2009			Y	745 384,36	<b>Místopisný náčrt</b> 
				X	1 037 660,59	
<b>Orientační jižník na bod</b>				Nadmořská výška (Bpv)	278,75	
818	249 <sup>g</sup>	53 <sup>c</sup>	93 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>  Železná trubka  Bod určen polygonovým pořadem					<b>Nárys nebo detail</b>	
<b>Bod</b> 818	<b>Bod zřídila: ČZU</b> org., rok 2009			Y	745 321,25	<b>Místopisný náčrt</b> 
				X	1 037 596,56	
<b>Orientační jižník na bod</b>				Nadmořská výška (Bpv)	278,05	
819	267 <sup>g</sup>	98 <sup>c</sup>	48 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>  Železná trubka  Bod určen polygonovým pořadem					<b>Nárys nebo detail</b>	
<b>Bod</b> 826	<b>Bod zřídila: ČZU</b> org., rok 2009			Y	745 445,58	<b>Místopisný náčrt</b> 
				X	1 037 916,65	
<b>Orientační jižník na bod</b>				Nadmořská výška (Bpv)	278,55	
827	382 <sup>g</sup>	23 <sup>c</sup>	29 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>  Železná trubka  Bod určen polygonovým pořadem					<b>Nárys nebo detail</b>	
<b>Bod</b> 839	<b>Bod zřídila: ČZU</b> org., rok 2012			Y	745 382,44	<b>Místopisný náčrt</b> 
				X	1 037 986,87	
<b>Orientační jižník na bod</b>				Nadmořská výška (Bpv)	278,01	
826	153 <sup>g</sup>	37 <sup>c</sup>	66 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>  Železná trubka  Bod určen polygonovým pořadem					<b>Nárys nebo detail</b>	

## GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

<b>Bod 840</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	<b>Y</b>	745 246,83	<b>Místopisný náčrt</b> 
		<b>X</b>	1 038 115,00	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	276,67	
841	304 <sup>g</sup> 89 <sup>c</sup> 38 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>				<b>Nárys nebo detail</b>
Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod 841</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	<b>Y</b>	745 170,36	<b>Místopisný náčrt</b> 
		<b>X</b>	1 038 120,89	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	276,06	
840	104 <sup>g</sup> 89 <sup>c</sup> 38 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>				<b>Nárys nebo detail</b>
Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod 842</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	<b>Y</b>	745 114,17	<b>Místopisný náčrt</b> 
		<b>X</b>	1 038 068,53	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	274,76	
841	52 <sup>g</sup> 24 <sup>c</sup> 53 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>				<b>Nárys nebo detail</b>
Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod 843</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	<b>Y</b>	745 016,43	<b>Místopisný náčrt</b> 
		<b>X</b>	1 037 999,10	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	271,74	
844	185 <sup>g</sup> 38 <sup>c</sup> 30 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>				<b>Nárys nebo detail</b>
Železná trubka Bod určen polygonovým pořadem				

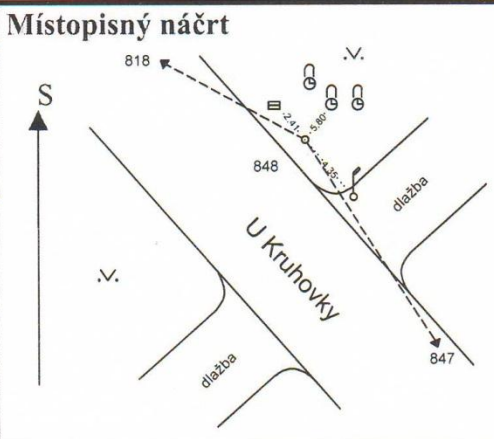
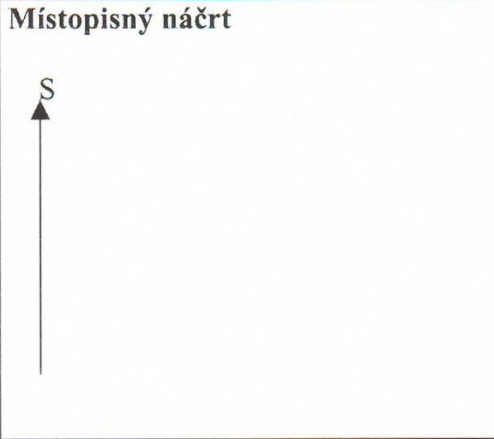
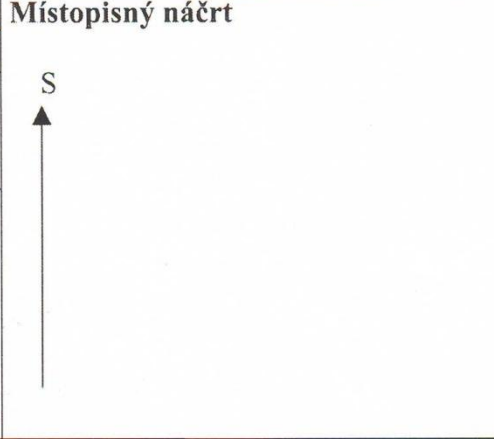
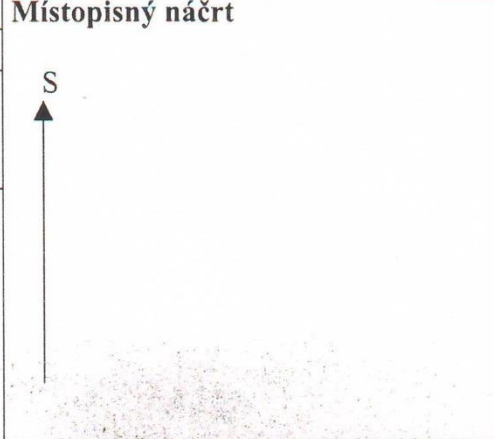


## GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

<b>Bod 844</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	Y	745 033,16	<b>Místopisný náčrt</b> 
		X	1 037 927,52	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	270,41	
843	385 <sup>g</sup> 38 <sup>c</sup> 30 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
Železná trubka				
Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod 845</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	Y	745 103,41	<b>Místopisný náčrt</b> 
		X	1 037 814,40	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	273,38	
846	151 <sup>g</sup> 80 <sup>c</sup> 61 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
Železná trubka				
Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod 846</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	Y	745 163,50	<b>Místopisný náčrt</b> 
		X	1 037 750,80	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	275,35	
847	151 <sup>g</sup> 78 <sup>c</sup> 97 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
Železná trubka				
Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod 847</b>	Bod zřídila: ČZU org., rok 2013	Y	745 206,01	<b>Místopisný náčrt</b> 
		X	1 037 705,83	
<b>Orientační jižník na bod</b>		Nadmořská výška (Bpv)	276,53	
846	351 <sup>g</sup> 78 <sup>c</sup> 97 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
Železná trubka				
Bod určen polygonovým pořadem				



## GEODETICKÉ ÚDAJE O PBPP

<b>Bod</b> 848	<b>Bod zřídila:</b> ČZU org., rok 2013	<b>Y</b> 745 283,68	<b>X</b> 1 037 622,70	<b>Místopisný náčrt</b> 
<b>Orientační jižník na bod</b>		<b>Nadmořská výška (Bpv)</b> 278,01		
818	138 <sup>g</sup> 69 <sup>c</sup> 88 <sup>cc</sup>			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
Železná trubka				
Bod určen polygonovým pořadem				
<b>Bod</b>	<b>Bod zřídila:</b> org., rok	<b>Y</b>		<b>Místopisný náčrt</b> 
<b>Orientační jižník na bod</b>		<b>Nadmořská výška (Bpv)</b>		
	g c cc			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
<b>Bod</b>	<b>Bod zřídila:</b> org., rok	<b>Y</b>		<b>Místopisný náčrt</b> 
<b>Orientační jižník na bod</b>		<b>Nadmořská výška (Bpv)</b>		
	g c cc			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		
<b>Bod</b>	<b>Bod zřídila:</b> org., rok	<b>Y</b>		<b>Místopisný náčrt</b> 
<b>Orientační jižník na bod</b>		<b>Nadmořská výška (Bpv)</b>		
	g c cc			
<b>Popis, způsob stabilizace a určení bodu</b>		<b>Nárys nebo detail</b>		