

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra biotechnických úprav krajiny



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

### **Obnova polohového bodového pole v areálu ČZU v Praze**

Autor práce: Zdeněk Pazdera

Vedoucí práce: Ing. Jiří Loula

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zdeněk Pazdera

Vodní hospodářství

Název práce

**Obnova polohového bodového pole v areálu ČZU v Praze**

Název anglicky

**Restoring positional point field in the Campus of CULS Prague**

---

### Cíle práce

Obnovení a doplnění polohového bodového pole v areálu ČZU v Praze pro účely výuky a předmětů geodézie a OEPP.

### Metodika

V teoretické části bude proveden rozbor metod použitých při měření a výpočtech. V praktické části bude provedeno samostatné měření metodou polygonových pořadů, GPS a následné určení souřadnic nových bodů. Výpočty budou provedeny v systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). Výsledky budou zobrazeny v grafické části. Pro nově vzniklé body budou vyhotoveny geodetické údaje.

**Doporučený rozsah práce**

cca 30 stran + přílohy

**Klíčová slova**

Měřická síť, souřadnice, GPS, S-JTSK, polygonový pořad

---

**Doporučené zdroje informací**

BLAŽEK R., SKOŘEPA Z., 1997: Geodézie 30. ČVUT, Praha, 93 s., ISBN 80-010-1598-X  
CHAMOUT L., SKÁLA P., 2003: Geodézie. Česká zemědělská univerzita, Praha, 196 s., ISBN 80-213-1049-9.  
KAVANAGH, Barry F., 1992: SURVEYING: principles and applications. 8th ed. Upper Saddle River, N.J.:  
Pearson/Prentice Hall, xv, 791 p. ISBN 01-323-6512-X.  
KRUMPHANZL V., MICHALČÁK O., 1975: Inženýrská geodézie II. Kartografie, n. p., Praha, 719 s..  
NEVOSÁD Z., VITÁSEK J., 2000: Geodézie III. VUTIUM, Brno, 140 s., ISBN 80-214-1774-9.  
RATIBORSKÝ J., 2000: GEODÉZIE 10.ČVUT, Praha, 234 s., ISBN 80-010-2198-X.  
RATIBORSKÝ J., 2002: Geodézie 20.ČVUT, Praha, 133 s., ISBN 80-010-2635-3.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jiří Loula

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 31. 3. 2016

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 1. 4. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 10. 04. 2016

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci "Obnova polohového bodového pole v areálu ČZU v Praze" vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Jiřího Louly a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

.....

Zdeněk Pazdera

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Loulovi, za poskytnutí odborných rad, za ochotu a vstřícný přístup při zpracování této práce. Dále bych velice rád poděkoval mé měřické skupině, která mi pomohla při zpracování praktické části bakalářské práce.

V Praze dne

.....

Zdeněk Pazdera

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je obnovení a doplnění polohového bodového pole v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Nově vzniklé body budou využívány v budoucích geodetických cvičeních. Pro zaměření sítě byla použita totální stanice TOPCON GTS 105N. Výsledné souřadnice jsou určeny v závazném systému souřadnic S-JTSK.

Nejdříve bylo nutné rekognoskovat terén, zvolit vhodné umístění bodů a poté je stabilizovat. Po těchto úkonech bylo přistoupeno k samotnému měření.

Grafická část obsahuje podkladové údaje, tedy popis, umístění zájmové lokality a okolnosti projektu.

Teoretická část obsahuje historii a vývoj geodetického měření, popis souřadnicových systémů a měřických pomůcek. Následuje metodika, kde jsou vysvětleny použité metody měření a výpočtů.

V praktické části je ve formě příloh zobrazeno samostatné měření, včetně zápisníků a výsledků. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v geodetických údajích nově vzniklých měřických bodů.

## **Klíčová slova**

Polohové bodové pole, souřadnice, Měřická síť, S-JTSK, GPS

## **Abstract**

The purpose of this bachelor thesis is the renewal and supplement positional point field in the area of the Czech Agricultural University in Prague. The newly formed points will be used in future surveying exercises. For focus on network was used total station Topcon GTS 105N. The resulting coordinates are determined in obligatory coordinate system S-JTSK.

At first was necessary to explore the terrain and choose the suitable location of points and then those points stabilize. After these operations were approached to measurement.

Graphic section contains background information, including a description, location and placement location of interest in this project.

The theoretical part includes the history and development of geodetic measurements, description of coordinate systems and measuring devices. Following the methodology which explains the methods of measurement and calculation.

In the practical part are in attachments independent measurements which are including notebooks and results. The resulting values are presented in geodetic data newly developed measuring points.

## **Keywords**

positional point field, coordinates, surveying network, S-JTSK, GPS

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Cíl práce</b> .....	<b>10</b>
<b>3. Podkladové údaje</b> .....	<b>11</b>
3.1 Popis zájmového území.....	11
3.2 Okolnosti projektu.....	13
<b>4. Polohopisné geodetické základy</b> .....	<b>13</b>
4.1 Souřadnicové systémy .....	14
4.1.1 Souřadnicový systém Rakouského stabilního katastru .....	14
4.1.2 Vojenská triangulace.....	15
4.1.3 Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální .....	15
4.1.4 Systém S – 42.....	17
4.1.5 Systém WGS – 84 .....	17
<b>5. Bodová pole</b> .....	<b>17</b>
5.1 Stabilizace bodového pole polohového .....	18
5.2 Signalizace bodového pole polohového pole .....	19
5.3 Geodetické údaje .....	20
<b>6. Přístroje a pomůcky</b> .....	<b>20</b>
6.1 Totální stanice .....	20
6.2 Odrazné systémy .....	22
6.3 Stativ.....	23
<b>7. Metodika</b> .....	<b>23</b>
7.1 Úvod do geodézie .....	23
7.2 Historie geodézie .....	24
7.3 Volba nových bodů .....	26
7.4 Měření úhlů .....	27
7.4.1 Chyby při měření úhlů .....	28
7.5 Měření délek.....	29
7.5.1 Přímé měření délek .....	29
7.5.2 Nepřímé měření délek.....	29
7.6 Metoda polygonových pořadů.....	30
<b>8. Výpočetní práce a výsledky</b> .....	<b>32</b>



8.1 Výpočetní práce pomocí softwaru KOKES	32
8.2 Vyrovnání metodou nejmenších čtverců	34
8.3 Výsledné souřadnice	35
<b>9. Diskuze</b>	<b>37</b>
<b>10. Závěr</b>	<b>37</b>
<b>11. Přehled literatury a použitých zdrojů</b>	<b>38</b>

## **1. Úvod**

V areálu České zemědělské univerzity, která se nachází v Praze – Suchdole, byla v letech 1962 a 1975 vybudována kombinovaná měřická síť. Tato síť slouží k rozšiřování nebo úpravě stavebních prvků na území univerzity. K určení souřadnic této sítě bylo využito systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální. Nadmořské výšky byly určeny ve výškovém systému Balt po vyrovnání.

Tato práce se soustředí výhradně na úsek polohové měřické sítě. Tato síť bude doplněna o nové body. Tyto body budou využívány pro účely výuky geodetických předmětů a geodetické praxe stávajících i budoucích studentů České zemědělské univerzity. Nové body budou mít využití také při rozšiřování stavebních prvků na území univerzity.

Doplnění a obnovení bodů měřické sítě proběhlo v blízkosti Fakulty lesnické a dřevařské (FLD) a Fakulty životního prostředí (FŽP), kde se geodetické předměty vyučují. Díky tomuto projektu tak budou studenti mít v blízkosti teoretické části výuky i část praktickou.

## **2. Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je doplnění a obnovení měřické sítě v areálu České zemědělské univerzity. Tato síť se nachází v blízkosti Fakulty lesnické a dřevařské a Fakulty životního prostředí. Na tomto území bude probíhat výuka geodetických předmětů.

Měřická síť bude zaměřena totální stanicí TOPCON GTS 105N s použitím optického hranolu a trojpodstavcové soupravy.

Následující kapitoly budou věnovány grafické části, ve které bude popsán tento projekt a zájmové území, kde dojde k doplnění sítě. Teoretická část se bude věnovat geodetickým základům na území České Republiky, vývojem geodézie, stabilizací bodů, popisu metod, přístrojů a pomůckami, které budou využity při měření, výpočtům a závěrečným výsledkům.

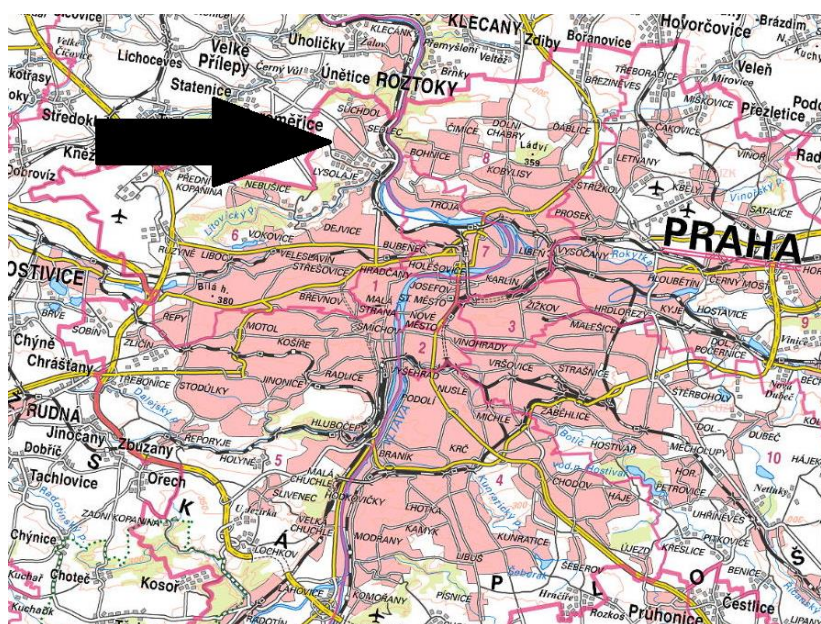
Praktická část této práce bude zpracována v přílohouvé části a bude obsahovat protokoly o výpočtu a geodetické údaje stávajících i nově vzniklých bodů.

### 3. Podkladové údaje

Tato kapitola popisuje zájmové území, kde je projekt realizován a popisuje okolnosti projektu, které měly vliv na výsledek této práce.

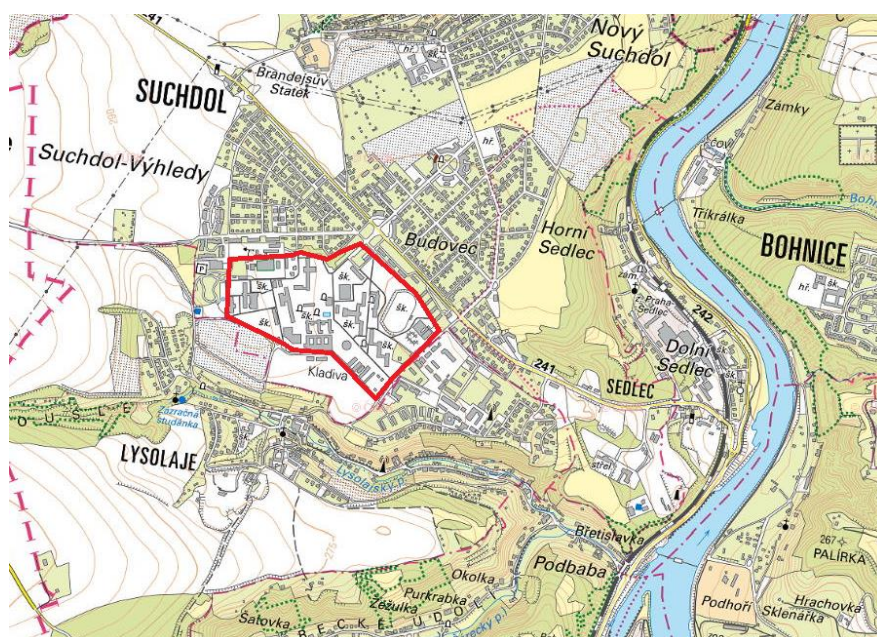
#### 3.1 Popis zájmového území

Zájmové území se nachází na severním okraji Prahy, v katastrálním území Suchdol v areálu České zemědělské univerzity. Lokalita se nachází na levém břehu Vltavy. Nadmořská výška je přibližně 280 m. n. m.



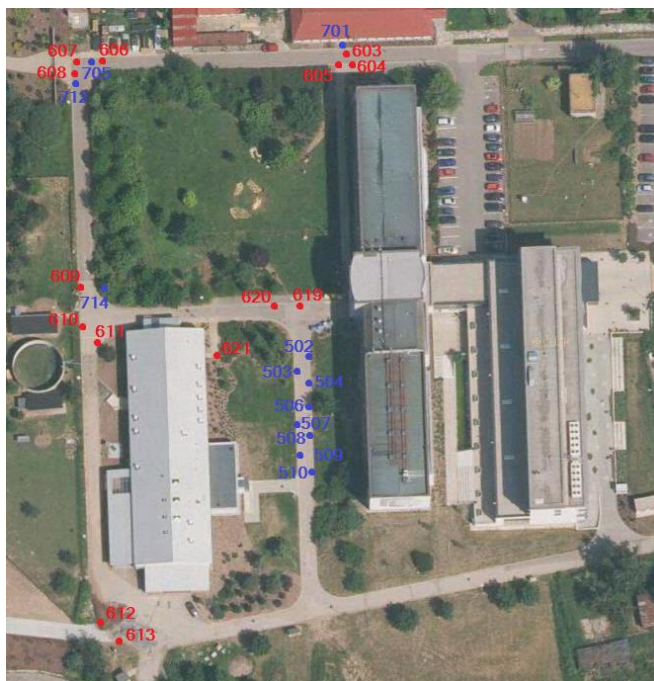
Obr. č. 1 – Umístění lokality (geoportal.cuzk.cz)

Česká zemědělská univerzita byla založena roku 1952, v Suchdole sídlí od první poloviny šedesátých let. Tato okrajová část Prahy je dobře dostupná jak autobusovými spoji MHD, tak železniční dopravou.



Obr. č. 2 – Umístění České zemědělské univerzity v Praze - Suchdole  
(geoportal.cuzk.cz)

Zaměřované území se nachází v západní části kampusu v blízkosti Fakulty lesnické a dřevařské a Fakulty životního prostředí.



Obr. č. 3 – Stávající bodové pole a nově vzniklé body (geoportal.cuzk.cz)

### 3.2 Okolnosti projektu

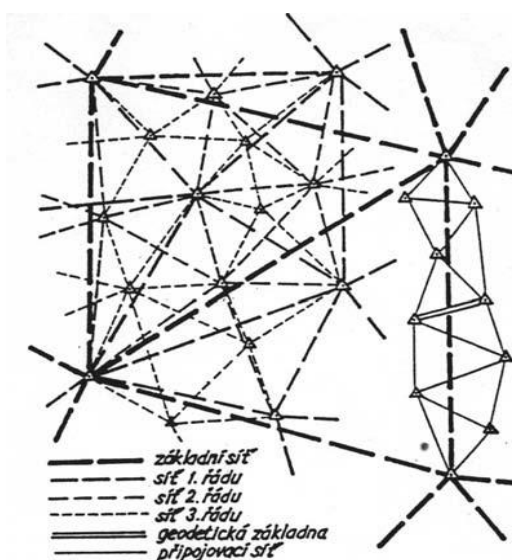
Jedním z prvních úkolů tohoto projektu byla stabilizace nových bodů. Ke stabilizaci došlo dne 8.dubna 2014. O stabilizaci bodů pojednává blíže kapitola 5.1 Stabilizace bodového pole polohového.

V druhé polovině května roku 2014 byla zahájena výstavba nové budovy Fakulty životního prostředí společně s výstavbou parkoviště a budovy Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Staveniště značně omezilo původní záměr - rozšířit bodové pole i před budovu Fakulty životního prostředí.

## 4. Polohopisné geodetické základy

*Při zaměřování větších územních celků je potřeba si uvědomit, že při všech měřeních se vyskytují nevyhnutelné chyby. Proto se musí při měřických pracích, zejména většího rozsahu, dodržovat takový postup, který omezuje hromadění chyb nebo alespoň snižuje jejich vliv na nejmenší míru. (Ratiborský, 2002)*

Vždy je proto důležité dodržovat postup, že jdeme z velkého do malého. Každé měření proto musí být připojeno na již vybudovanou síť základních bodů, tzv. geodetické základy.



Obr. č. 4 – Trigonometrická síť (Chamout a Skála, 2003)

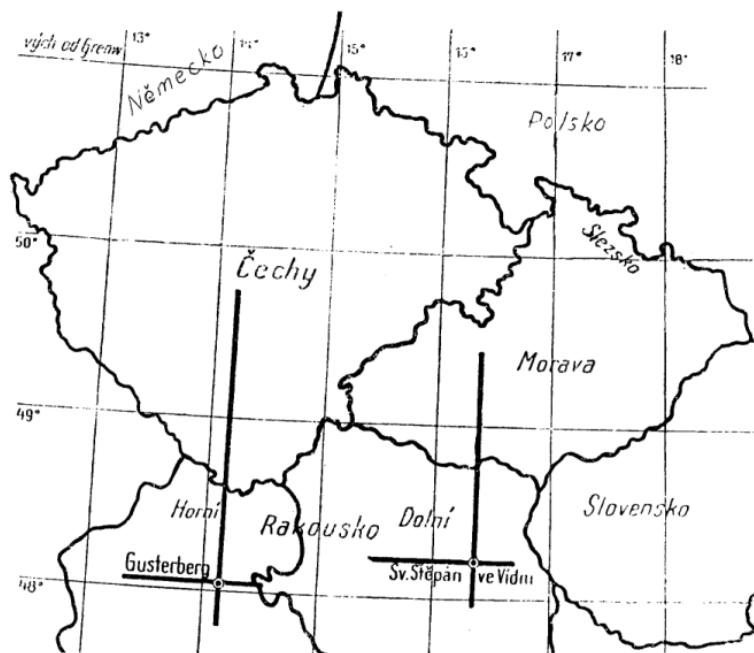
Polohopisný geodetický základ tvoří trigonometrická síť, která je mimo jiné tvořena trigonometrickými body. Trigonometrické body nám vytváří Základní polohové bodové pole.

#### 4.1 Souřadnicové systémy

Každý stát si volí pro zobrazení celého území vhodný souřadnicový systém. Pro mapování na našem území bylo v průběhu vývoje katastru nemovitostí použito těchto souřadnicových systémů:

##### 4.1.1 Souřadnicový systém Rakouského stabilního katastru

Tato síť byla vybudována na území tehdejšího Rakouska – Uherska v letech 1821 až 1840. Kvůli velkému zkresení bylo území rozděleno do 7 menších systémů. Území dnešní České republiky se nacházelo v systému Gusterberském a Svatoštěpánském (Vídeňském). Pro zobrazení do roviny bylo použito Cassini-Soldnerovo zobrazení. Mapy byly vyhotoveny v měřítku 1:2880.



Obr. č. 5 – Rakouský stabilní katastr (<http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html>)

Velká část republiky je dodnes pokryta mapami Rakouského stabilního katastru. Body se označovaly písmeny K.V., což znamená Katastral Vermessung (katastrální měření).

#### **4.1.2 Vojenská triangulace**

Jedná se o vojenskou síť vybudovanou v letech 1862 až 1898. Vyznačuje se velkou přesností. Byl použit Besselův elipsoid a poloha bodů byla vyjádřena jen v zeměpisných souřadnicích. Pro výpočet souřadnic se vycházelo z trigonometrického bodu Hermannskogel, který se nachází nedaleko Vídně. Body byly označeny písmeny M.T., což je zkratka Militär – Triangulierung (vojenská triangulace).

#### **4.1.3 Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální**

Označuje se zkratkou S-JTSK. Jedná se o souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální, který je závazným polohovým souřadnicovým systémem pro Českou republiku. Tento systém je definován Besselovým elipsoidem, převzatými částmi dřívější sítě vojenské triangulace, jednotnou trigonometrickou sítí katastrální a Křovákovým zobrazením.

Křovákovo zobrazení bylo navrženo pro Československo v roce 1922 Ing. Josefem Křovákem.

Principem Křovákova zobrazení je konformní zobrazení Besselova elipsoidu na kouli a konformní zobrazení této koule, jejíž poloměr byl redukován koeficientem 0,9999, na tečný kužel v obecné poloze.

Počátek souřadnicového systému je ve vrcholu kužele. Kladná osa X směřuje k jihu. Kladná osa Y směřuje k západu.





#### **4.1.4 Systém S – 42**

Tento systém je definován jako příčné konformní válcové zobrazení v šestistupňových poledníkových pásech. Každý pás má svůj vlastní souřadnicový systém. Počátkem souřadnicového systému je vždy průsečík základního poledníku s rovníkem. Systém S – 42 je v České republice využíván hlavně ve vojenském sektoru.

#### **4.1.5 Systém WGS – 84**

Je využíván pro Globální polohový systém, který je družicovým navigačním systémem a je budován od roku 1973. Tvoří ho 3 základní segmenty:

- a.) Řídící (sledovací stanice na zemi)
- b.) Kosmický (24 družic)
- c.) Uživatelský (přijímače signálu GPS)

Největší výhodou GPS je možnost měření, aniž by byla mezi body přímá viditelnost.

## **5. Bodová pole**

Bodová pole dělíme na:

- a.) Polohové
- b.) Výškové
- c.) Tíhové

Jednotlivá bodová pole můžeme dále rozdělit na základní a podrobné.

Základní bodové pole polohové tvoří:

- a.) Body referenční sítě nultého řádu
- b.) Body Astronomicko – geodetické sítě (AGS)
- c.) Body České státní trigonometrické sítě (ČSTS)

#### d.) Body geodynamické sítě

Do podrobného bodového pole polohového patří zhušťovací body a ostatní body. Polohové bodové pole je podkladem pro další polohová měření, proto je nutné zajistit trvalou polohu bodů neboli stabilizaci.

### 5.1 Stabilizace bodového pole polohového

Stabilizace bodů se provádí podle zásad, které upravuje Příloha k Vyhlášce ČÚZK č. 31/1995 Sb. Příklady různých druhů stabilizací jsou: kamenné hranoly, žulové desky, hřebové nivelační značky, ocelové trubky, plastové značky, hřeby.



*Obr. č. 8 – Stabilizace bodu hřebem (<http://static.panoramio.com>)*

U některých bodů se zřizují ochranné znaky. Ty chrání body před poškozením a zároveň slouží ke snadnějšímu vyhledání bodu. Mezi ochranné znaky patří např.: ochranné tyče s výstražnou tabulkou a nápisem, betonové skruže, ochranné kopce.



*Obr. č. 9 – Ochranná tyč s druhem bodu a výstražným nápisem*

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Zhušťovací\\_bod](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Zhušťovací_bod))

## **5.2 Signalizace bodového pole polohového**

Podle potřeb se na navržených bodech zřizuje signalizace. Dříve se budovaly dřevěné pyramidy nebo měřické věže. Dnes se používá už jen signalizace ve formě věží kostelů a dočasná signalizace výtyčkou nebo reflexním terčem.



*Obr. č. 10 – Měřická věž (<http://merime.sweb.cz>)*

### 5.3 Geodetické údaje

Ke každému bodu polohového pole se vyhotovují geodetické údaje. Geodetické údaje obsahují tyto údaje:

- a.) Název a číslo bodu
- b.) Označení mapového listu, údaje o územních jednotkách
- c.) Souřadnice Y a X, nadmořská výška a místo ke kterému se vztahuje, výškový systém
- d.) Místopisný popis, schématický náčrt, obrázek cíle pro zacílení
- e.) Použitá signalizace a stabilizace
- f.) Údaje o vlastnících pozemku, na kterém je bod umístěn
- g.) Údaje o zřizovateli bodu a rok zřízení

GEODETIKÉ ÚDAJE O BODECH PODROBNÉHO POLOHOVÉHO BODOVÉHO POLE			
Kat. území 702013 Nečtiny		Strana: 5	
Obec 559261 Nečtiny			
Bod 583	Bod zřídil (jméno, rok) GEOREAL, spol. s r.o., Pízeň 2010	Y 834 138.86	SM5 MANĚTÍN 3-I
Verze I	Platnost od 18.2010	X 1 042 681.75	Místopisný náčrt
Popis, způsob stabilizace a určení bodu Bodem je umělohm. mezník 12x12cm, u pravého kraje silnice II. tř. 201 z Nečtin směrem na Brezín. Vzdálen cca 630m ZJZ od kostela v Nečtinech. Určen metodou GNSS, Jiří Holota		Nadm. výška (Bpv) 483.00	
		Nárys nebo detail	
Poznámka			

Obr. č. 11 – Geodetické údaje bodu

(<http://www.georeal.cz/cz/katastr-nemovitosti/bodova-pole>)

## 6. Přístroje a pomůcky

### 6.1 Totální stanice

Totální stanice jsou elektronické geodetické přístroje. Do praxe byly uvedeny v devadesátých letech. Slouží k měření vodorovných a svislých úhlů, měření délek,

vytyčování a k registraci měřených dat. Totální stanice vznikly spojením elektronického teodolitu, elektrooptického světelného dálkoměru a počítače s registračním zařízením. Předními výrobci jsou Leica (Švýcarsko), Topcon, Nikon, Pentax (Japonsko) a Trimble (USA).



Obr. č. 12 – Totální stanice (<http://www.geoserver.cz>)

Totální stanice používá jako zdroj elektrický akumulátor, který se nabíjí pomocí nabíječky. Totální stanice tak vydrží v nepřetržitém provozu několik hodin. Měření není po zaškolení nijak obtížné. Ceny těchto přístrojů se pohybují v řádech sta tisíců.

Totální stanice umožňují registrovat naměřená data do vnitřní paměti případně na paměťovou kartu. Po propojení se naměřená data přenesou do počítače. Většina moderních totálních stanic má možnost řešení geodetických úloh, např. určování výměr, určení nepřístupné výšky atd. Samozřejmostí jsou matematické operace jako převod polárních souřadnic na pravoúhlé nebo převod šikmé vzdálenosti na vodorovnou.

*Nejdražší modely jsou ovládány automaticky od odrazného systému pomocí servomotorků a vytváří tak „stanici jednoho muže“.* (Chamout a Skála, 2003)

Délky se měří buď pomocí odrazného hranolu a nebo v tzv. bezhranolovém módu odrazem přímo o povrch zaměřovaného předmětu. K měření délek se používají světelné dálkoměry. Dálkoměr se nachází přímo v dalekohledu a má dosah od 500 m do 5 km,

výjimečně do 15 km. Obecně platí, že s měřenou vzdáleností klesá přesnost. Dříve se využívaly tzv. dálkoměry fázové, které měří fázový rozdíl. Dnes se již používají dálkoměry pulzní, kde se měří tranzitní čas nebo dálkoměry kombinované.

Pro naše měření byla použita totální stanice Topcon GTS 105N s klasickým hranolem, doplněna o trojpodstavcovou soupravu.

## 6.2 Odrazné systémy

- a.) Bezhranol
- b.) Klasický hranol
- c.) Všesměrový hranol
- d.) Přesný vytyčovací a monitorovací minihranol
- e.) Odrazný štítek



Obr. č. 11 – Všesměrový hranol, klasický hranol a odrazný štítek  
(<http://gpprague.cz/eshop/images>)

### 6.3 Stativ

Skládá se z hlavy stativu, která má uprostřed otvor, a třech noh. Nohy mohou být vyrobeny z jednoho kusu nebo mohou být vysouvací. Mohou být dřevěné nebo kovové.

## 7. Metodika

### 7.1 Úvod do geodézie

Slovo geodézie pochází z latiny a vzniklo spojením slov geo – Země a daiomai – dělit.

*„Geodézie je vědní obor, který se zabývá měřením Země. Její základní úlohou je určit tvar a velikost Země a dále pak stanovit vzájemnou polohu jednotlivých bodů povrchu zemského, a to jak horizontálně, tak vertikálně.“* (Pokora a kolektiv, 1984)

Konečným výstupem geodetických prací je plán nebo mapa části zemského povrchu v daném měřítku.

*„Polohopisné měření se týká určení vzájemné polohy bodů ve směru vodorovném a jejich průmětu do roviny. Poloha bodů (situace) je dána rovinnými souřadnicemi vzhledem k počátku soustavy.“* (Ratiborský, 2000)



Obr. č. 13 – Starý zeměměřický přístroj

(<http://img.ceskyinternet.cz/clanky/odstavce/20468-541700-1>)

Geodézii můžeme rozdělit podle pracovní náplně a druhu činnosti na:

- a.) Geodézie nižší (rovinná)
  - Zaměrování menších územních celků. Lze zanedbat zakřivení Země a tudíž považovat zemský povrch za rovinný.
- b.) Geodézie vyšší
  - Určování tvaru a rozměrů Země. Souvisí s geofyzikou a astronomií.
- c.) Matematická kartografie
- d.) Kartografie
  - Zabývá se tvorbou a reprodukováním mapových děl.
- e.) Fotogrammetrie a DPZ
  - Moderní část geodézie. Využití snímků pořízených ze Země nebo z atmosféry k tvorbě map nebo průzkumné činnosti. Dálkový průzkum Země je proces sbírání dat z družice nebo letadla a následné zpracování těchto dat.

## 7.2 Historie geodézie

Geodézie je vědní obor, který patří mezi ty nejstarší. První základy tohoto oboru se utvářely během Starověku ve starém Egyptě při obnovování hranic pozemků po pravidelných záplavách, ale také při stavbě pyramid, paláců. Zeměměřické práce byly potřeba i v dalších vyspělých říších té doby např. Čína, Mezopotámie, Indie, Řecko a Řím, kde dodnes stojí mohutné akvadukty.

Mezi nejznámější první zeměměřiče patřili Pythágoras, jeho žák Platón, Aristotelés, Eratosthenés, Ptoleimaios. Základ moderní geodézie položili vědci své doby Mikuláš Koperník, Galileo Galilei, Jan Kepler, kteří prosazovali své heliocentrické názory.

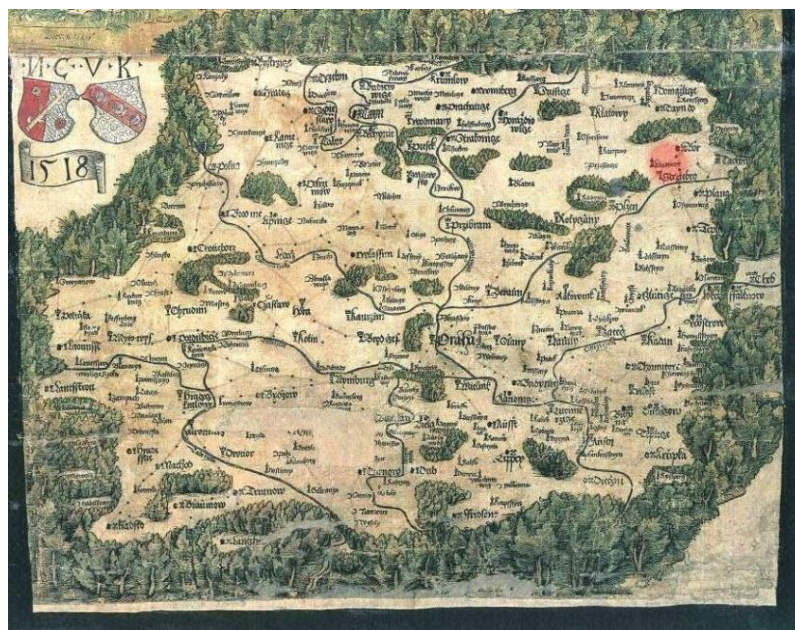




*Obr. č. 14 – Aquadukt Pont du Gard*

(<http://www.lartvues.com/wp-content/uploads/2016/01>)

Období renesance přineslo nový přístup k zeměměřictví v Evropě. Nejvíce se o to zasloužili učenci jako Giovanni Domenico Cassini, Carl Friedrich Gauss nebo Pierre Simon Laplace.



*Obr. č. 15 – část Klaudyánovy mapy*

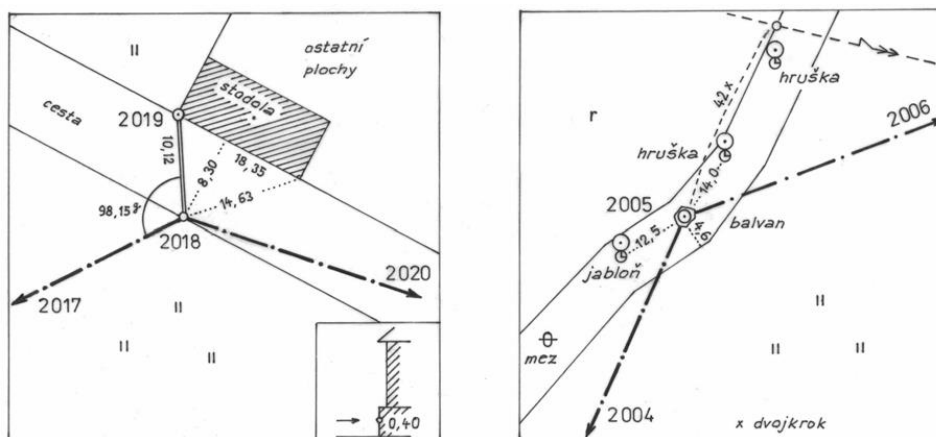
(<http://www.kladruby.cz/share/cache/image/900x650/outsidebox/historie>)

Na rozvoji geodézie se podíleli i Češi, např. Jan Amos Komenský, který napsal latinský spis „Geometrie Kosmografie“ nebo Komenského mapa Moravy. Další významnou osobností byl Šimon Podolský a jeho „Knižka o měřích zemských“ nebo Mikuláš Klauďán, který v roce 1517 sestavil první mapu Čech (tzv. Klauďánova mapa).

### 7.3 Volba nových bodů

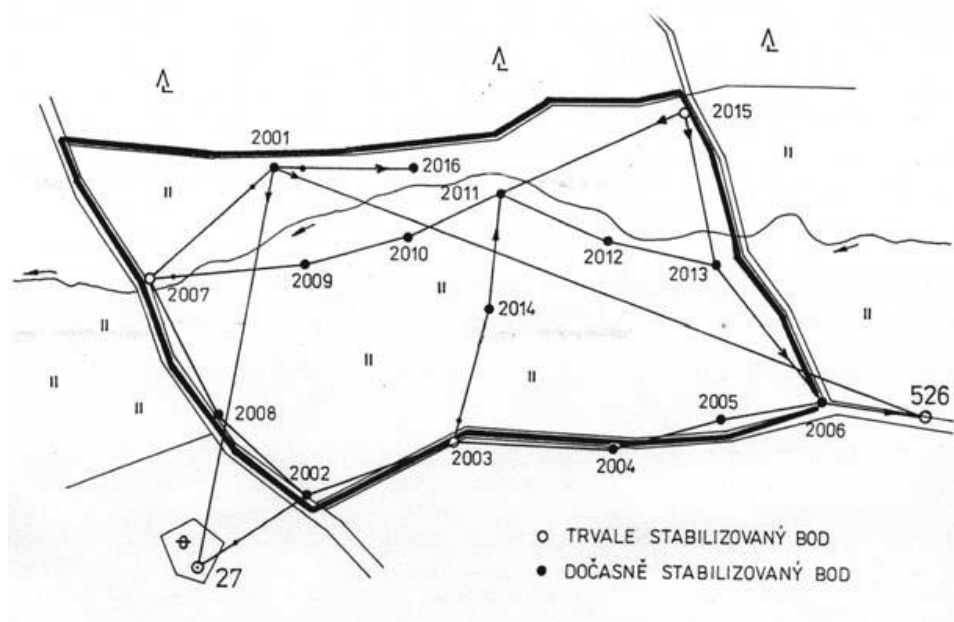
Pro volbu nových bodů je nutné dodržet několik následujících zásad:

- a.) Mezi body musí být dobrá viditelnost
- b.) Umístění na chráněná místa, která nejsou ohrožena dopravou, těžbou, orbou atd.
- c.) V okolí bodu musí být prostor pro postavení a obsluhu přístroje
- d.) Body volíme na pevném podloží
- e.) V blízkosti bodu by se měly vyskytovat pevné předměty, od kterých se vyhotoví místopis bodu
- f.) Z bodu by měla být dobrá viditelnost na zájmové území
- g.) Po stabilizaci je potřeba bod obarvit barvou nebo nastříkat sprejem a vyhotovit místopis
- h.) V případě že je bod nutné umístit do ohroženého prostoru, pokusit se bod ochránit kulem, lavičkou apod.



Obr. č. 17 – Místopis bodu (Chamout a Skála, 2003)

Po vyhotovení místopisů se vyhotoví přehledka měřické sítě. Nové body měřické sítě se očíslovují. Nejprve očíslovujeme body hlavních polygonových pořadů, a dále body určené protínáním.



Obr. č. 18 – Příklad přehledky měřické sítě (Chamout a Skála, 2003)

#### 7.4 Měření úhlů

Úhlová měření jsou pro geodetické práce jedním ze základních úkonů. Rozdělení úhlů:

##### a.) Vodorovné úhly ( $\omega$ )

- Měří se v úrovni horizontu totální stanice nebo teodolitu. Jsou to úhly sevřené svislými rovinami, které jsou proloženy záměrným paprskem.

##### b.) Svislé úhly

- Výškové ( $\epsilon_1$ ) – měří se od vodorovné roviny ve svislé rovině k záměrnému paprsku, který leží nad vodorovnou rovinou.
- Hloubkové ( $\epsilon_2$ ) – měří se od vodorovné roviny ve svislé rovině k záměrnému paprsku, který leží pod vodorovnou rovinou.



- Chyby přístroje, nesprávné odečítání úhlových hodnot, chyba z nepřesného zacílení, špatná centrace a horizontace.

## 7.5 Měření délek

Každý přístroj nebo pomůcka, se kterými se provádí měření délek musí být komparovány, tzn. porovnány se základním měřítkem.

### 7.5.1 Přímé měření délek

#### a.) Krokováním

- Nejjednodušší způsob, malá přesnost, použití je možné pouze v rovinném terénu

#### b.) Pásmem

- Nejčastější způsob přímého měření délek
- Pásma mají různé délky: 20 m, 30 m, 50 m
- Mohou mít různé nosiče: na kruhu, na vidlici, v pouzdře
- Liší se použitým materiálem: textilní, ocelová, invarová, eslonová

### 7.5.2 Nepřímé měření délek

Je využíváno speciálních přístrojů, které se nazývají dálkoměry. Tyto přístroje určují vzdálenost pomocí fyzikálních metod.

#### a.) Optické měření

- Pomocí nitkového dálkoměru, paralaktické měření délek – dřívější způsoby, dnes již nahrazeny elektronickým dálkoměrem

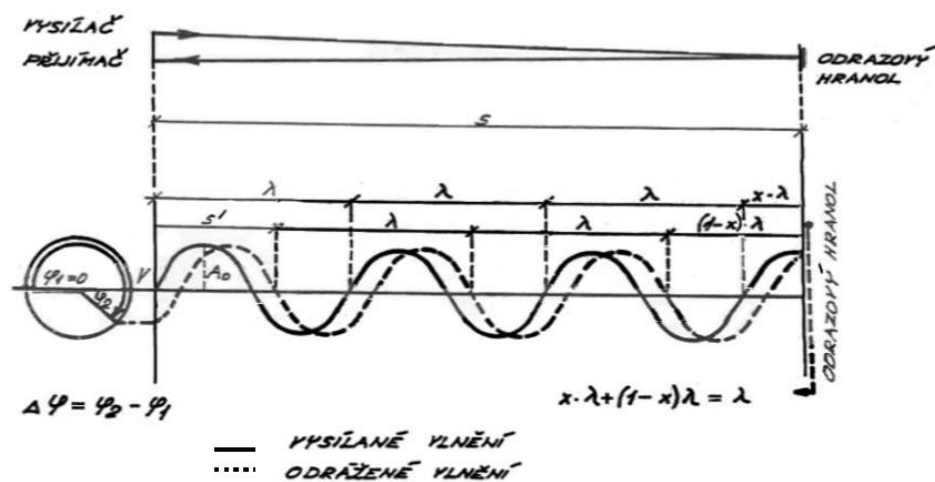
#### b.) Elektrooptické měření (světelné a radiové dálkoměry)

- **metoda měření tranzitního času  $t'$**  – měří se takzvaný tranzitní čas, za který projde impuls dvojnásobnou vzdáleností.

$$2s = v \cdot t'$$

$v$  je rychlost elektromagnetického záření v daném prostředí

- metoda měření fázového rozdílu (nejčastější)



Obr. č. 20 – Měření fázového rozdílu (Chamout a Skála, 2003)

- měřená vzdálenost se určuje z fázového rozdílu vyslaných a přijatých vln. Výsledná dvojnásobná vzdálenost je tedy:

$$2s = n \cdot \lambda + s'$$

## 7.6 Metoda polygonových pořadů

Metoda polygonových pořadů je jednou z nejdůležitějších metod určování souřadnic bodů. Při této metodě se měří levostranné vrcholové úhly a délky.

Polygonové pořady můžeme rozdělit podle způsobu připojení na:

- Hlavní
- Vedlejší

Podle délky stran je můžeme dělit na:

- S dlouhými stranami (300 až 1500 m)
- S krátkými stranami (60 až 300 m)

Podle zaměření rozdělujeme polygonové pořady na:

- a.) Oboustranně připojené a orientované (viz. obr. 4.4)

Známe souřadnice bodů A, P, K, B a souřadnice bodů 1, 2, 3 určíme. Nejvíce používaný typ polygonového pořadu.

- b.) Oboustranně připojené jednostranně orientované

Není k dispozici bod B, tudíž není možno změřit úhel na bodě K.

- c.) Oboustranně připojené neorientované (vetknuté)

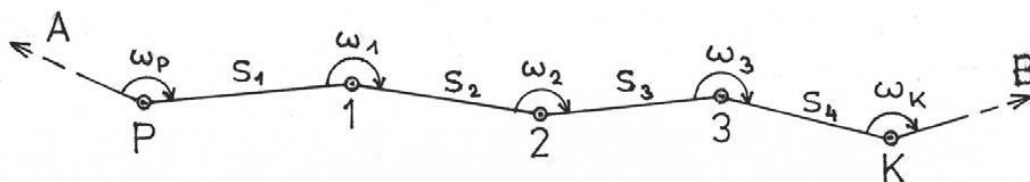
Není k dispozici bod A a B, tudíž chybí úhly na bodech P a K.

- d.) Jednostranně připojené a orientované (volné)

Zde známe bod A a P. Body K a B nejsou k dispozici. Volný polygonový pořad, který má jen jednu stranu, se nazývá rajón.

- e.) Uzavřené

Body P a K splývají. Je nutné znát bod A.



Obr. č. 16 – Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad

(Chamout a Skála, 2003)

Z hlediska přesnosti a kontrol je nejlepší používat oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad.

Při používání metody polygonových pořadů je nutné dodržovat tzv. geometrické parametry:

- Mezní délka stran (většinou 300 m)
- Mezní poměr délek sousedních stran (většinou 1:2)
- Mezní poměr délek celého pořadu (zpravidla 1:3)

- d.) Maximální vybočení pořadu (součet všech délek by neměl překročit 1,5 násobek spojnice počátečního a koncového bodu)
- e.) Maximální odklon strany od spojnice ( $50^{\text{s}}$  –  $60^{\text{s}}$ )
- f.) Maximální počet vrcholů (17 – 25)
- g.) Maximální délka pořadu (u hlavních pořadů 2000 – 2500 m, u vedlejších pořadů 1200 – 1600 m)

Dále jsou pro jednotlivé třídy přesnosti stanovena kritéria přesnosti, způsobu připojení a základních středních chyb. Mezi tato kritéria patří:

- a.) Mezní odchylka úhlového uzávěru
- b.) Mezní odchylka polohového uzávěru
- c.) Základní střední chyba měřených úhlů
- d.) Základní střední chyba měřených délek
- e.) Mezní rozdíl dvou měření délek stran

Obecně platí, že čím vyšší jsou nároky na přesnost, tím budou kritéria a parametry polygonových pořadů přísnější. Podle toho také volíme použité přístroje a pomůcky. Pro tuto práci jsme zvolili geodetickou totální stanicí, kterou jsme doplnili trojpodstavcovou soupravou, která nám zajišťuje tzv. nucenou centraci.

## **8. Výpočetní práce a výsledky**

V této kapitole bude popsán postup výpočtu v programu Kokeš a odvozena metoda nejmenších čtverců.

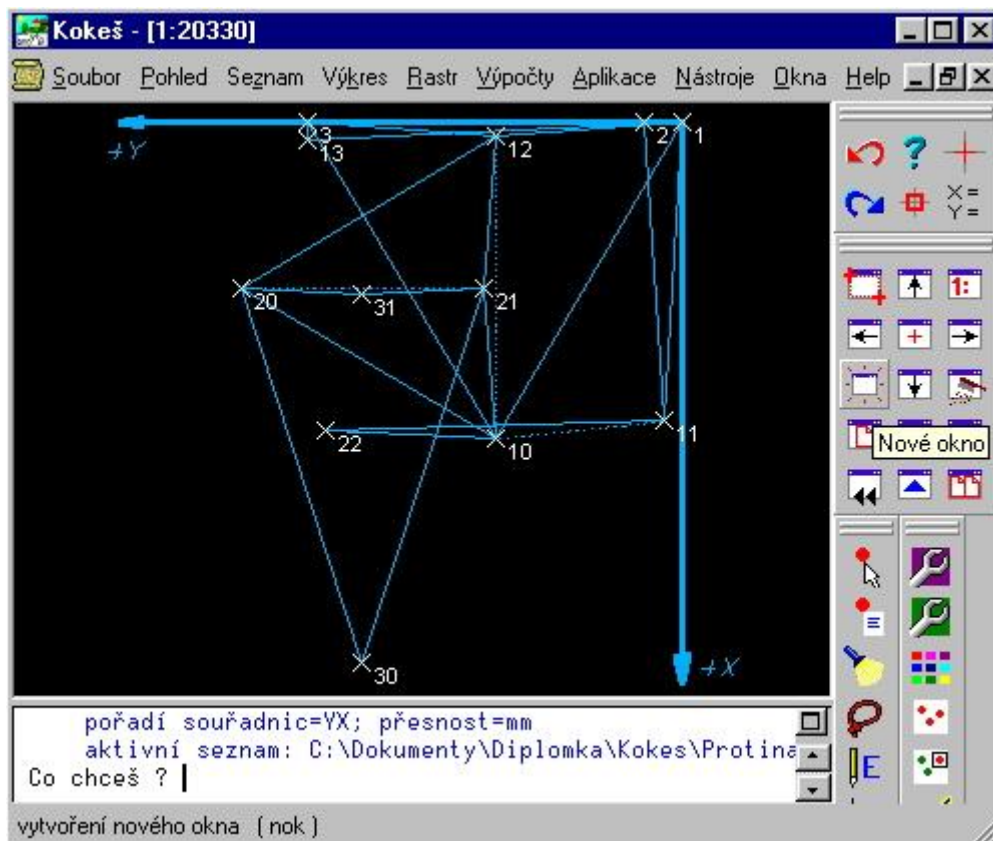
### **8.1 Výpočetní práce pomocí softwaru KOKEŠ**

Výpočetní práce byly provedeny pomocí geodetického programu Kokeš

**základní informace:**



Kokeš je vhodným nástrojem pro běžné geodetické práce. Program obsahuje moduly pro zpracování měření z terénu, geodetické výpočty, nástroje kontroly a další. Operace jsou protokolovány a odpovídají požadavkům katastrálních úřadů.



Obr. č. 21 – Uživatelské prostředí software Kokeš  
(<http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/fulin/Kokes>)

Software je produktem firmy Gepro spol. s.r.o.

### Postup výpočetních prací:

- 1.) Založení 3 seznamů souřadnic (nové, přibližné a vyrovnané).
- 2.) Do nového seznamu načtena data, která byla poskytnuta Ing. Jiřím Loulou. Jedná se o souřadnice bodů, které byly zjištěny metodou GPS.
- 3.) Poté byla spuštěna funkce zpracování měřených dat. Zde byl vybrán zápisník z totální stanice, který byl upraven do formátu mapa2.

- 4.) Byly nastaveny střední chyby přístroje, typ délek a ukládání výsledků do cílového souboru.
- 5.) Výpočet orientací.
- 6.) Následně bylo přistoupeno k samotnému vyrovnání sítě. Byly zvoleny 3 seznamy souřadnic (nové, přibližné a vyrovnané). Byla provedena kontrola všech bodů.
- 7.) Spočítány a uloženy přibližné souřadnice.
- 8.) Spuštěn výpočet vyrovnání MNČ.
- 9.) Kontrola protokolu o vyrovnání. Úprava vybraných středních chyb.
- 10.) Opakovaný výpočet vyrovnání MNČ.
- 11.) Uložení protokolu o vyrovnání.
- 12.) Výpočet bodů 801, 802, 805, 806.

## 8.2 Vyrovnání metodou nejmenších čtverců

Autorem této metody je Karl Friedrich Gauss

Následuje odvození základního schéma, ze kterého výpočty vychází:

$$v = a_{(x)} - l = a_{(x_0+dx)} - l = a_{(x_0)} + A \cdot dx - l = A \cdot dx + \underbrace{a_{(x_0)} - l}_L$$

Po upravení tedy platí:

$$v = A \cdot dx + L$$

Chceme:

$$[v^2] = \min$$

$$v^T = (A \cdot dx)^T + L^T = dx^T \cdot A^T + L^T$$

$$v^T \cdot v = (dx^T \cdot A^T + L^T) \cdot (A \cdot dx + L)$$

$$= dx^T \cdot A^T \cdot A \cdot dx + L^T \cdot L + dx^T \cdot A^T \cdot L + L^T \cdot A^T \cdot dx$$

Pak:

$$v^T \cdot v = dx^T \cdot A^T \cdot A \cdot dx + L^T \cdot L + 2 \cdot dx^T \cdot A^T \cdot L$$

Doplníme váhy a aplikujeme podmínku MNČ:

$$v^T \cdot P \cdot v = \min$$

$$v^T \cdot P \cdot v = dx^T \cdot A^T \cdot P \cdot A \cdot dx + L^T \cdot P \cdot L + 2 \cdot dx^T \cdot A^T \cdot P \cdot L = \min$$

$$0 = 2 \cdot A^T \cdot P \cdot A \cdot dx + 0 + 2 \cdot A^T \cdot P \cdot L$$

$$0 = A^T \cdot P \cdot A \cdot dx + A^T \cdot P \cdot L$$

$$A^T \cdot P \cdot A \cdot dx = -A^T \cdot P \cdot L$$

$$\underbrace{(A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot P \cdot A)}_E \cdot dx = -(A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot P \cdot L)$$

*E*

Výsledný vztah:

$$dx = -(A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot P \cdot L)$$

### 8.3 Výsledné souřadnice

ČB	Y	X
502	745825.633	1037840.464
503	745827.455	1037843.719
504	745825.546	1037845.580
506	745824.873	1037851.633
507	745827.188	1037853.670

508	745824.975	1037855.489
509	745826.583	1037856.840
510	745824.546	1037859.625
603	745817.358	1037755.835
604	745816.146	1037758.959
605	745818.193	1037759.041
606	745881.538	1037758.002
607	745884.781	1037758.063
608	745884.572	1037761.245
609	745882.542	1037821.816
610	745882.449	1037825.146
611	745878.629	1037831.059
612	745879.757	1037901.154
613	745875.664	1037905.164
619	745825.239	1037820.113
620	745828.955	1037820.259
621	745848.636	1037832.768
701	745817.714	1037754.514
705	745883.221	1037758.909
712	745884.854	1037762.480
713	745880.715	1037762.923
714	745878.802	1037815.270
801	745925.310	1037657.362
802	745902.232	1037661.578
805	745793.464	1037594.389
806	745793.311	1037597.644
807	745859.273	1037886.564
811	745861.331	1037828.118
812	745808.724	1037836.269
813	745806.646	1037836.178
814	745804.053	1037836.087

## 9. Diskuze

Pro výpočet tohoto projektu bylo použito vyrovnání metodou nejmenších čtverců. Bylo dosaženo poměru mezi  $m_0'$  aposteriorní /  $m_0$  apriorní: 2,198. Maximální studentizovaná oprava 1.77 nepřesahuje kritickou hodnotu 1.95.

Souřadnice bodů 801, 802, 805 a 806 byly vypočítány metodou protínání z úhlů.

Dle mého názoru jsou zvolené metody dostatečně přesné a vyhovující požadavkům pro další využívání bodů sítě ve výuce geodetických předmětů.

## 10. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo obnovit a doplnit měřickou síť, která se nachází v blízkosti Fakulty lesnické a dřevařské a Fakulty životního prostředí v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Body této sítě mají následně sloužit pro výuku geodetických předmětů a pro účely dalšího rozšiřování stavebních prvků na území České zemědělské univerzity. Cíl bakalářské práce byl tedy splněn.

Všechny body byly určeny s přesností na milimetry, tudíž bude dosažena vyšší přesnost při dalších výpočetních pracích s body této měřické sítě.

## 11. Přehled literatury a použitých zdrojů

- BLAŽEK R., SKOŘEPA Z., 1997: Geodézie 30. Vydavatelství ČVUT, Praha, 93 s.
- CHAMOUT L., SKÁLA P., 2003: Geodézie. Česká zemědělská univerzita, Praha, 196 s.
- KAVANAGH, Barry F., 1992: SURVEYING: principles and applications. 8th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, xv, 791 p.
- RATIBORSKÝ J., 2002: Geodézie 20. ČVUT, Praha, 133 s.
- KRUMPHANZL V., MICHALČÁK O., 1975: Inženýrská geodézie II. Kartografie, n. p., Praha, 719 s.
- ŠTREIBL J. 1986: Geodézie. Editační středisko ČVUT, Praha, 152 s.
- ČUZK, 2013, Praha online: [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz)
- GP PRAGUE, 2007, Praha, online: [www.gpprague.cz/cs/ingex.html](http://www.gpprague.cz/cs/ingex.html) [cit. 2016-02-02]
- GEOPORTAL ČUZK, 2010, Praha, online: [www.geoportal.cuzk.cz](http://www.geoportal.cuzk.cz) [cit. 2016-02-15]
- GEOMATIKA, 2012, Plzeň, online: [www.gis.zcu.cz](http://www.gis.zcu.cz) [cit. 2016-01-28]
- GEODÉZIE, 2013, Brno, online: [www.uhulag.mendelu.cz](http://www.uhulag.mendelu.cz) [cit. 2016-03-16]
- POKORA M., KOL., 1984: Geodézie pro stavební fakulty. Geodetický a kartografický podnik v Praze, Praha, 432 s.
- RATIBORSKÝ J., 2000: Geodézie 10, Vydavatelství ČVUT, Praha, 234 s.
- NEVOSÁD Z., VITÁSEK J., 2000: Geodézie III. VUTIUM, Brno, 140 s.
- ŘÍHA J., 2014: Moderní přístrojová technika. © spszememericka, Praha.
- ÚPLNÉ ZNĚNÍ (ÚZ), 2010: Vyhláška č. 31/1995 Sb. Příloha k vyhlášce.

## **Seznam obrázků**

- Obr. č. 1 – Umístění lokality
- Obr. č. 2 – Umístění České zemědělské univerzity v Praze - Suchdole
- Obr. č. 3 – Stávající bodové pole a nově vzniklé body
- Obr. č. 4 – Trigonometrická síť
- Obr. č. 5 – Rakouský stabilní katastr
- Obr. č. 6 – Jednotná trigonometrická síť katastrální
- Obr. č. 7 – Zkreslení Křovákova zobrazení
- Obr. č. 8 – Stabilizace bodu hřebem
- Obr. č. 9 – Ochranná tyč s druhem bodu a výstražným nápisem
- Obr. č. 10 – Měřická věž
- Obr. č. 11 – Geodetické údaje bodu
- Obr. č. 12 – Totální stanice
- Obr. č. 13 – Starý zeměměřický přístroj
- Obr. č. 14 – Aquadukt Pont du Gard
- Obr. č. 15 – část Klauďánovy mapy
- Obr. č. 16 – Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad
- Obr. č. 17 – Místopis bodu
- Obr. č. 18 – Příklad přehledky měřické sítě
- Obr. č. 19 – Vodorovné, výškové, hloubkové a zenitové úhly
- Obr. č. 20 – Měření fázového rozdílu
- Obr. č. 21 – Uživatelské prostředí software Kokeš

## Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Protokol o vyrovnání
- Příloha č. 2 – Geodetické údaje: bod 701, 705, 712
- Příloha č. 3 – Geodetické údaje: bod 713, 714, 502
- Příloha č. 4 – Geodetické údaje: bod 503, 504, 506
- Příloha č. 5 – Geodetické údaje: bod 507, 508, 509
- Příloha č. 6 – Geodetické údaje: bod 510, 603, 604
- Příloha č. 7 – Geodetické údaje: bod 605, 606, 607
- Příloha č. 8 – Geodetické údaje: bod 608, 609, 610
- Příloha č. 9 – Geodetické údaje: bod 611, 612, 613
- Příloha č. 10 – Geodetické údaje: bod 619, 620, 621
- Příloha č. 11 – Grafické znázornění elips chyb