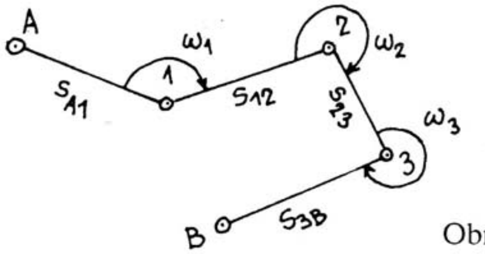
# KURZ DŮLNÍHO MĚŘICTVÍ
# PŘÍBRAM 2003

## POLYGONOVÝ POŘAD

### Vetknutý polygonový pořad

Známe: souřadnice bodů A, B
Měříme: levostranné úhly $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$, ...; délky $s_{A1}$, $s_{12}$, $s_{13}$, $S_{3B}$
Určujeme: polohu bodů 1, 2, 3




Obr.14e

Pořad si nakreslíme samostatně na průsvitku (bod A, 1, 2, 3, B) a průsvitku položíme na body A a B vynesené v mapě tak, aby se tyto ztotožnily s body A a B na průsvitce.

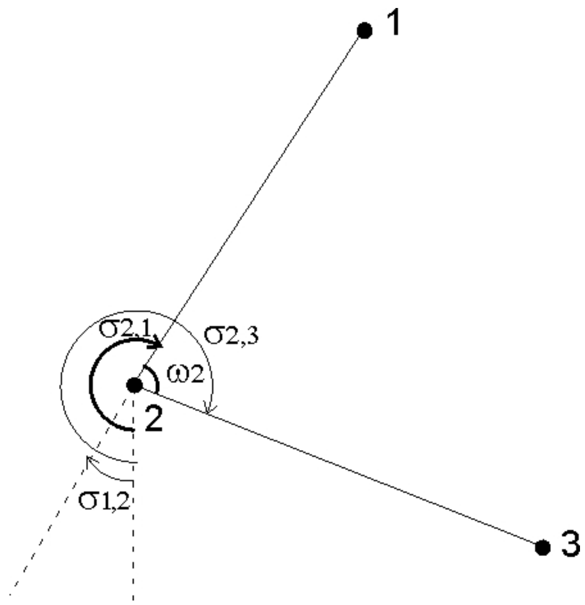
Tento typ pořadu nám umožňuje kontrolu délky $s_{AB}$ změřené (vynesené na průsvitce) s délkou $s'_{AB}$ zadanou (nakreslenou v mapě). Je-li pořad zalomený tak, že koncový bod pořadu B je i bodem počátečním A, dostaneme tzv. uzavřený polygonový pořad.

**Výpočet jižníků**

$\sigma_{2,3} = \sigma_{2,1} + \omega_2$
$\sigma_{2,3} = \sigma_{1,2} + \omega_2 - 200^g \quad (\pm 400^g)$

**Výpočet souřadnic**

viz. kapitola souřadnicové úlohy



Měření vodorovných úhlů a směrů

## Měření vodorovných úhlů teodolitem

- Teodolit na stanovišti dostředíme a zhorizontujeme
- Při uvolněných ustanovkách zacílíme na 1. bod, nejdříve přes dalekohled, pak utáhneme hrubou ustanovku a zacílení zpřesníme jemným šroubem ustanovky. Polohu záměrné roviny odečteme na limbové stupnici.
- Uvolníme hrubou ustanovku, zaměříme přibližně, pak přesně pomocí ustanovek na bod 2 a opět odečteme.
- Rozdíl obou čtení nám udá velikost zaměřovaného úhlu.

## Jednoduché měření úhlů

- Dostředíme a zhorizontujeme stroj.
- Zaměříme na bod, utáhneme hrubou ustanovku, zaměříme na cíl jemnou ustanovkou a odečteme na horizontálním děleném kruhu.
- Uvolníme hrubou ustanovku, otočíme ve směru hodinových ručiček na další bod, zaměříme zhruba a nakonec doladíme jemnou ustanovku, odečteme na stupnici.
- Rozdíl obou čtení udává hodnotu měřeného úhlu.
- Uvolníme hrubou ustanovku a proložíme dalekohled.
- Zaměříme na cíl vpravo a odečteme hodnotu na stupnici.
- Uvolníme hrubou ustanovku, otočíme stroj proti směru hodinových ručiček na levý bod a odečteme hodnotu.
- Rozdíl obou čtení udává hodnotu měřeného úhlu.
- Aritmetický průměr těchto měření nám dá přesnější výsledek.

| ***1. měření*** | | ***po proložení dalekohledu*** |
|---|---|---|
| levý bod: | 36° 15´ 25´´ | -216° 14´ 30´´ |
| pravý bod: | 197° 44´ 10´´ | 17° 43´ 30´´ |
| rozdíl: | 161° 28´ 45´´ | 161° 29´ 00´´ |

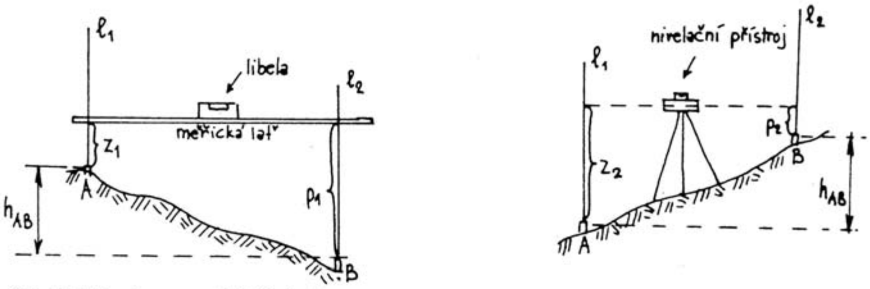
***výsledek měření:*** **161° 28´ 52,5´´**

# NIVELACE

1. *Geometrická nivelace*

Geometrická nivelace patří v geodézii k nejčastějším a také nejpřesnějším metodám určování výšek. Její princip je velmi jednoduchý a rovněž výpočet převýšení či výšky je u této metody triviální. Při použití speciálních přístrojů vysoké přesnosti, dalších pomůcek a dodržení technologie měření, lze geometrickou nivelací zaměřit převýšení mezi dvěma body s přesností asi ± 1 mm. Technickou nivelací můžeme dosáhnout přesnosti v určení převýšení mezi 2 body asi ± 1 cm na vzdálenost obou bodů 1 km.

Při geometrické nivelaci určujeme výškový rozdíl $h_{AB}$ mezi body A a B odměřením svislých úseků z, p od bodů A, B k tzv. srovnávací rovině (vodorovné rovině) viz obr.15.




Obr.15 Princip geometrické nivelace

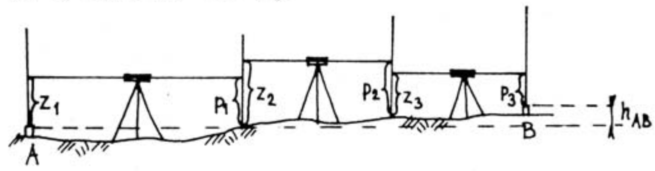
Vodorovnou srovnávací rovinu můžeme realizovat buď mechanicky - latí opatřenou libelou (15a) nebo opticky - **nivelačním přístrojem** - přístroj s dalekohledem, který je do vodorovné roviny urovnáván citlivou nivelační libelou nebo samočinně pomocí kompenzátoru (15b). Svislé úseky z, p se měří na svisle postavených nivelačních latích $l_1$, $l_2$. Latě jsou opatřeny stupnicemi, u kterých je nula dole a číslování roste směrem nahoru. Po urovnání vodorovné latě nebo nivelačního přístroje do vodorovné roviny odečteme na svislých latích s požadovanou přesností hodnoty z, p. Výpočet převýšení realizujeme podle jednoduchého vzorce $h_{AB} = z - p$.

Ze vzorce dostaneme i znaménko převýšení. Znaménko převýšení závisí i na zvoleném směru měření (z bodu A k bodu B). Je-li $z \rangle p$, bude druhý bod (B) výše než bod první (A). Na obr.15a bude převýšení $h_{AB}$ záporné, neboť $z_1 \langle p_1$. Na obr.15b bude naopak kladné, neboť $z_2 \rangle p_2$.

Vzdálenost bodu A od bodu B je limitována nejen délkou vodorovné latě (2 až 3 m či dosahem nivelačního přístroje - až 100 m), ale též velikostí převýšení (svislé latě bývají maximálně 4 m dlouhé) a půdorysnou členitostí jeskyně.

Nelze-li měřit převýšení mezi body A, B přímo (najednou), vhodně zvolíme pomocné mezibody (1, 2, ...) - obr.16 a postup opakujem. Výsledné převýšení $h_{AB}$ získáme jako součet dílčích převýšení $h_{AB} = h_{A1}+h_{12}+h_{2B}$, kde $h_{A1} = z_1-p_1$, $h_{12} = z_2-p_2$, $h_{2B} = z_3-p_3$. Vzorec pro výpočet převýšení $h_{AB}$ lze pak zjednodušit

$$h_{AB} = z_1 - p_1 + z_2 - p_2 + z_3 - p_3 = \Sigma z - \Sigma p.$$



Obr.16 Nivelační pořad

I když je princip geometrické nivelace velmi jednoduchý a měřický postup velmi rychlý, je nutno se vyvarovat mnoha chybám, kterých se můžeme při měření dopustit. Patří mezi ně zejména: špatná rektifikace nivelační libely, šikmé postavení nivelačních latí, nestabilní postavení přístroje či latí během měření, chybné odečtení úseků na latích apod. Z kontrolních důvodů nivelační měření vždy opakujeme, popř. při měření vyjdeme z bodu o známé výšce a měření ukončíme na bodě, jehož výšku rovněž známe.

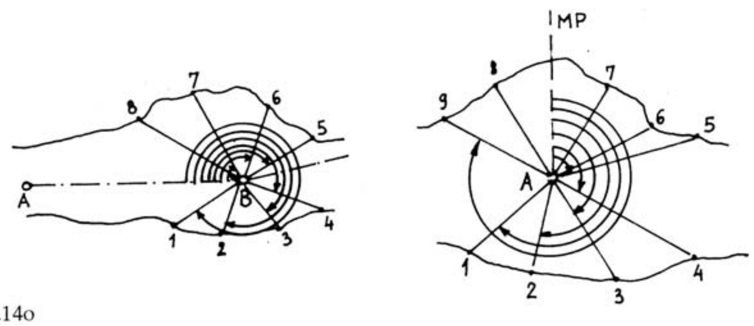
Příklad měření:

| stanov. | bod | vzad | vpřed | převýšení | výška bodu |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 0,719 | | | 252,36 |
| | 2 | | 1,355 | -0,636 | 251,72 |
| B | 2 | 0,935 | | | 251,72 |
| | 3 | | 1,349 | -0,414 | 251,31 |

## METODY POLOHOPISNÉHO MAPOVÁNÍ

**Polární metoda –** pro měření úhlů používáme teodolity, úhly se měří v jedné řadě (najednou z jednoho stanoviště). Po skončení měření úhlů se měří vodorovné vzdálenosti. Pro měření vzdáleností se používá pásmo nebo nitkové, diagramové či elektrooptické dálkoměry.

a) **metoda polární** (opakovaný rajon), při které měříme vždy úhel (nebo směr) a délku ze známého bodu na určovaný bod.

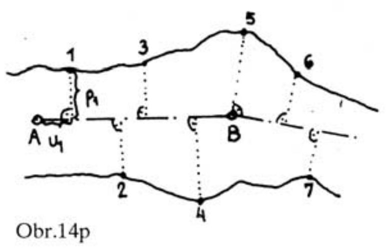



Obr.14o

Body 1, 2, 3, ... vynášíme úhloměrem a pravítkem.

**Ortogonální metoda –** používá se pro zmapování dlouhých důlních děl. Je doplňkem polární metody. Délky měřené po měřické přímce od začátku se nazývají staničení a délky k měřické přímce kolmé – kolmice. Staničení i kolmice se píší ve směru měření. Délky se měří pásmem, skládacím dvoumetrem. Kolmice se vytyčují hranolem. Délky kolmic nesmí být větší jak délka měřické přímky.

b) **metoda ortogonální**, při které měříme pouze délkové údaje **úsečku** (u) - délka po měřické přímce a **pořadnici** (p) - délka kolmice. Kolmý směr vytyčujeme co nejjednodušším způsobem, nejčastěji od oka nebo jednoduchými pomůckami (pravítkem, pásmem, pentagonem apod.).

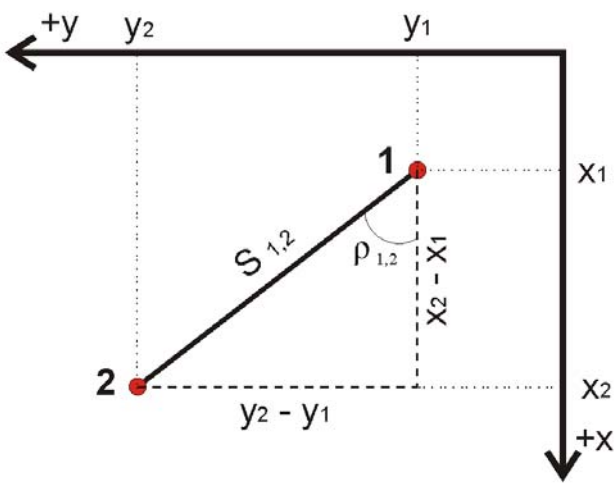



Vykreslení bodů 1, 2, 3, ... realizujeme pouze pravítkem.

Obr.14p

## SOUŘADNICOVÉ ÚLOHY

**2. Souřadnicová úloha –** určuje vzdálenost mezi dvěma body a jižník jejich spojnice, známe-li souřadnice obou bodů.



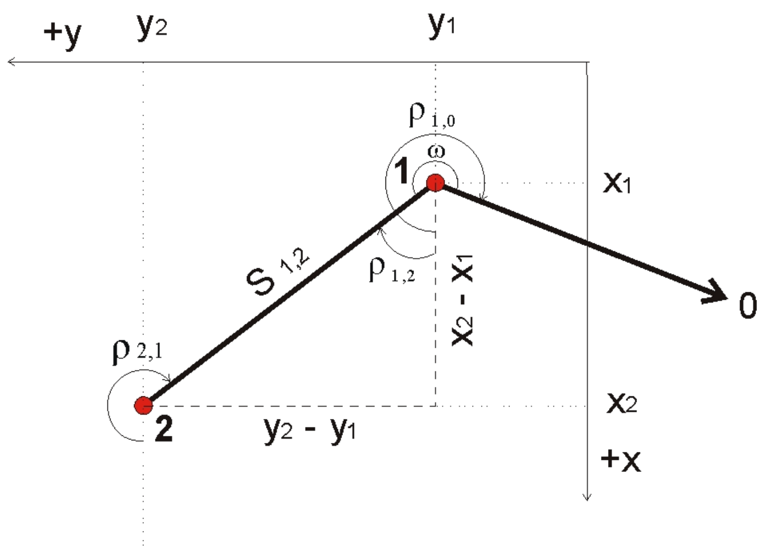

$$\mathbf{tg}\,\boldsymbol{\rho}_{\mathbf{1,2}} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$\mathbf{s}_{\mathbf{1,2}} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \rho_{1,2}}$$

$$\mathbf{s}_{\mathbf{1,2}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \rho_{1,2}}$$

| Velikost směrníku v jednotlivých kvadrantech | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | 2. | 3. | 4. |
| **tg ρ 1,2 = y2 – y1/ x2 – x1** | | | |
| **+/+** | **+/–** | **–/–** | **–/+** |
| σ = φ | σ = 200–φ | σ = φ+200 | σ = 400–φ |

**1. Souřadnicová úloha –** určuje souřadnice jednoho bodu přímky, známe-li souřadnice druhého bodu přímky a známe-li mezi nimi vzdálenost a jižník.




$$\sin \rho_{1,2} = \frac{y_2 - y_1}{s_{1,2}}$$

$$s_{1,2} \text{ x } \sin \rho_{1,2} = \mathbf{y_2 - y_1}$$

$$\underline{\mathbf{y_2 = y_1 + s_{1,2} \text{ x } \sin \rho_{1,2}}}$$

$$\cos \rho_{1,2} = \frac{x_2 - x_1}{s_{1,2}}$$

$$s_{1,2} \text{ x } \cos \rho_{1,2} = \mathbf{x_2 - x_1}$$

$$\underline{\mathbf{x_2 = x_1 + s_{1,2} \text{ x } \cos \rho_{1,2}}}$$

# COLLINSŮV BOD

## 1.) Výpočet stran a směrníků ze souřadnic

$$\mathrm{tg}\,\sigma_{K1\text{-}K2} = \frac{\Delta Y_{K2\text{-}K1}}{\Delta X_{K2\text{-}K1}} \qquad S_{K1\text{-}K2} = \frac{\Delta Y_{K2\text{-}K1}}{\sin \sigma_{K1\text{-}K2}} = \frac{\Delta X_{K2\text{-}K1}}{\cos \sigma_{K1\text{-}K2}}$$

$$\mathrm{tg}\,\sigma_{K2\text{-}K3} = \frac{\Delta Y_{K3\text{-}K2}}{\Delta X_{K3\text{-}K2}} \qquad S_{K2\text{-}K3} = \frac{\Delta Y_{K3\text{-}K2}}{\sin \sigma_{K2\text{-}K3}} = \frac{\Delta X_{K3\text{-}K2}}{\cos \sigma_{K2\text{-}K3}}$$

$$\mathrm{tg}\,\sigma_{K1\text{-}K3} = \frac{\Delta Y_{K3\text{-}K1}}{\Delta X_{K3\text{-}K1}} \qquad S_{K1\text{-}K3} = \frac{\Delta Y_{K3\text{-}K1}}{\sin \sigma_{K1\text{-}K3}} = \frac{\Delta X_{K3\text{-}K1}}{\cos \sigma_{K1\text{-}K3}}$$

## 2.) Jelikož známe úhly $\omega_1$ a $\omega_2$ v dalších trojúhelnících (podobnost), můžeme protínáním vpřed z úhlů vypočítat souřadnice Collinsova bodu C.

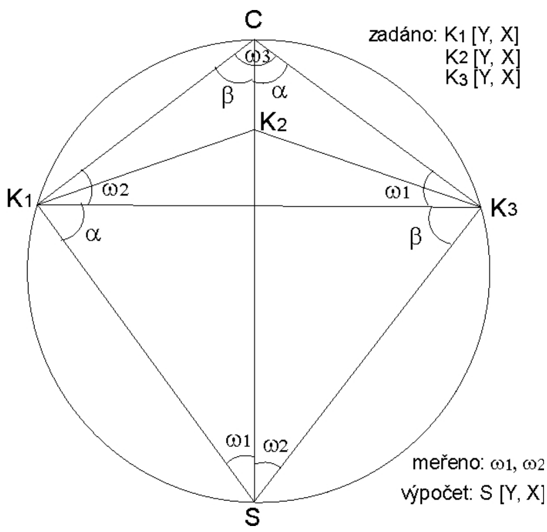
$$\sigma_{K1\text{-}C} = \sigma_{K1\text{-}K3} - \omega_2 \qquad \sigma_{K3\text{-}C} = \sigma_{K3\text{-}K1} + \omega_1 \qquad \omega_3 = 200 - (\omega_1+\omega_2)$$

$$S_{K1\text{-}C} = S_{K1\text{-}K3} \times \frac{\sin \omega_1}{\sin \omega_3} \qquad S_{K3\text{-}C} = S_{K1\text{-}K3} \times \frac{\sin \omega_2}{\sin \omega_3}$$

**<u>souřadnice:</u>**
$$Y_C = Y_{K1} + \sin \sigma_{K1\text{-}C} \times S_{K1\text{-}C} = Y_{K3} + \sin \sigma_{K3\text{-}C} \times S_{K3\text{-}C}$$
$$X_C = X_{K1} + \cos \sigma_{K1\text{-}C} \times S_{K1\text{-}C} = X_{K3} + \cos \sigma_{K3\text{-}C} \times S_{K3\text{-}C}$$

## 3.) Výpočet směrníku $\sigma_{C\text{-}K2}$

$$\sigma_{C\text{-}K2} = \sigma_{C\text{-}S} = \sigma_{K2\text{-}S} \qquad \mathrm{tg} = \sigma_{C\text{-}K2} = \frac{\Delta Y_{K2\text{-}C}}{\Delta X_{K2\text{-}C}}$$




## 4.) Výpočet úhlů α, β

$$\alpha = \sigma_{C\text{-}K2} - \sigma_{C\text{-}K3} \qquad \beta = \sigma_{C\text{-}K1} - \sigma_{C\text{-}K2}$$

## 5.) Výpočet stran a směrníků z bodů $K_1$ a $K_3$ na bod S

$$\sigma_{K1\text{-}S} = \sigma_{K1\text{-}K3} + \alpha \qquad \sigma_{K3\text{-}S} = \sigma_{K3\text{-}K1} - \beta$$

$$S_{K1\text{-}S} = S_{K1\text{-}K3} \times \frac{\sin \beta}{\sin \omega_1+\omega_2} \qquad S_{K3\text{-}S} = S_{K1\text{-}K3} \times \frac{\sin \alpha}{\sin \omega_1+\omega_2}$$

## 6.) Výpočet souřadnic hledaného bodu S

$$Y_S = Y_{K1} + \sin \sigma_{K1\text{-}S} \times S_{K1\text{-}S} = Y_{K3} + \sin \sigma_{K3\text{-}S} \times S_{K3\text{-}S}$$
$$X_S = X_{K1} + \cos \sigma_{K1\text{-}S} \times S_{K1\text{-}S} = X_{K3} + \cos \sigma_{K3\text{-}S} \times S_{K3\text{-}S}$$