

# Souřadnicové výpočty, měření

Souřadnicové výpočty

- délka
- směrník
- polární metoda

Měření úhlů

Měření délek

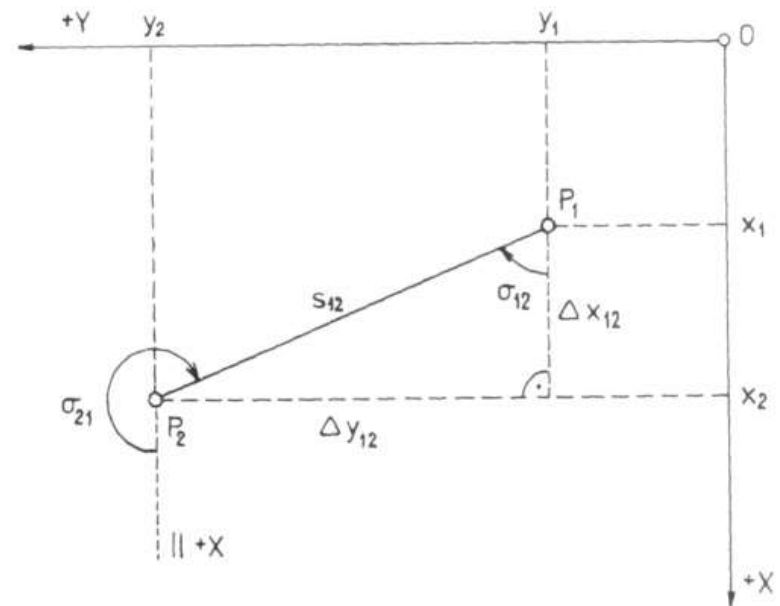
Určování převýšení

# Souřadnicové výpočty

Poloha bodů je dána pravoúhlými rovinnými souřadnicemi  $Y, X$  v daném souřadnicovém systému.

Všechny geodetické souřadnicové systémy jsou pravotočivé (osa  $+Y$  otočena o pravý úhel od osy  $+X$  po směru hodinových ručiček).

V civilním sektoru je u nás používán souřadnicový systém S-JTSK. Jeho osa  $X$  směřuje k jihu a osa  $Y$  směřuje na západ.



# Souřadnicový rozdíl

Souřadnicový rozdíl:

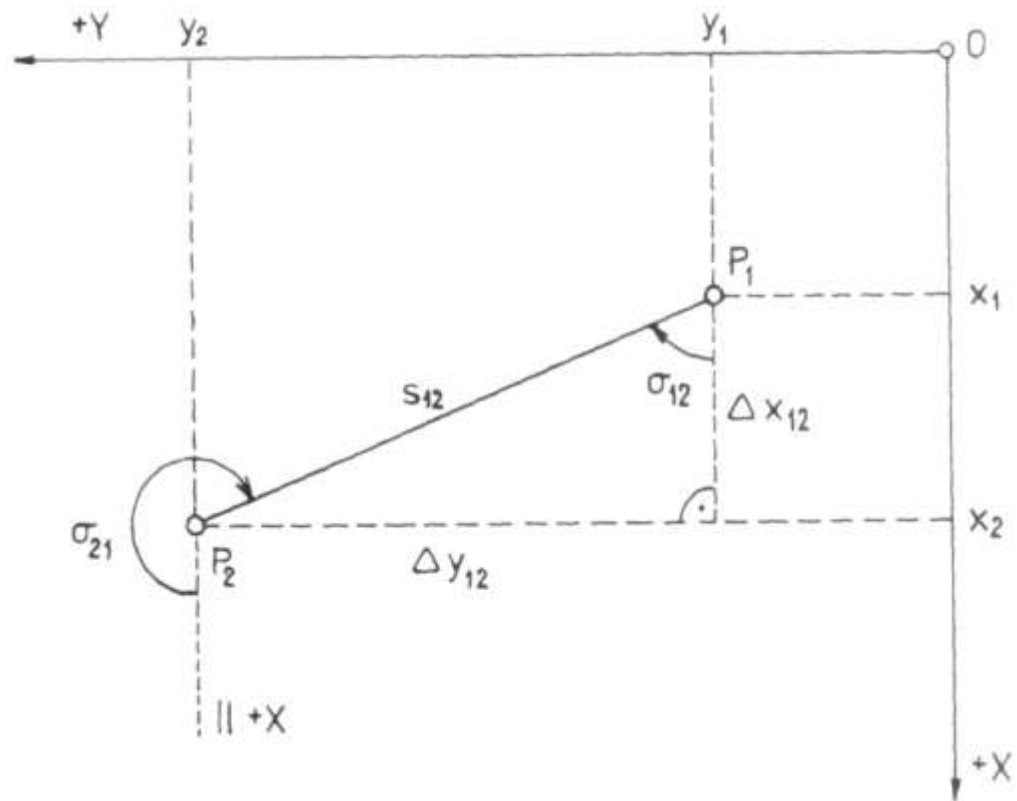
$$\Delta x_{12} = x_2 - x_1$$

$$\Delta y_{12} = y_2 - y_1$$

$$\Delta x_{21} = x_1 - x_2$$

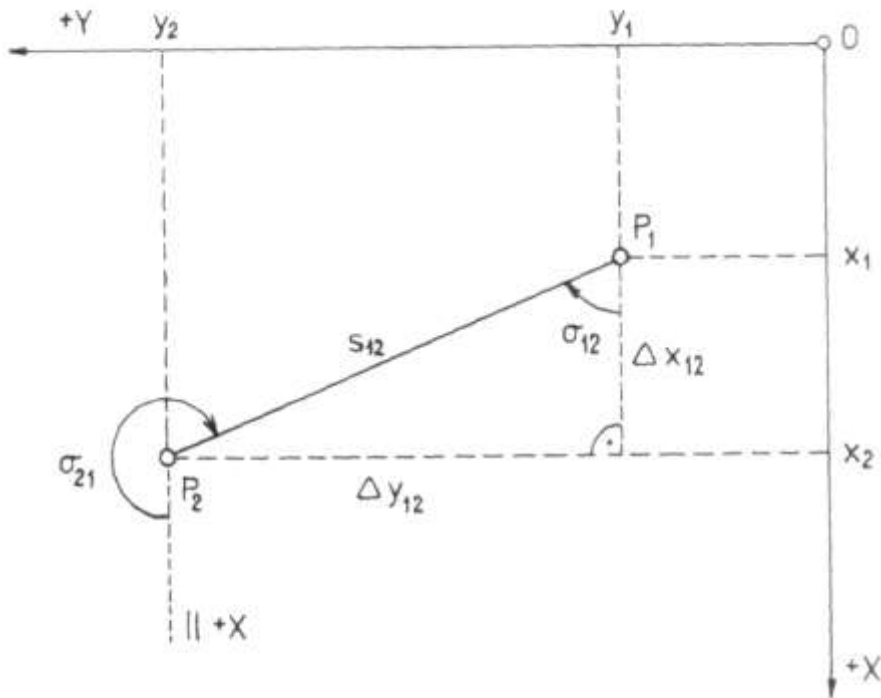
$$\Delta y_{21} = y_1 - y_2$$

Může nabývat kladné i záporné hodnoty.



# Délka

Vzdálenost dvou bodů, platí  $s_{12} = s_{21}$ .  
Znaménko je vždy kladné.



$$s_{12} = \sqrt{\Delta x_{12}^2 + \Delta y_{12}^2},$$

$$s_{12} = \frac{\Delta y_{12}}{\sin \sigma_{12}},$$

$$s_{12} = \frac{\Delta x_{12}}{\cos \sigma_{12}}.$$

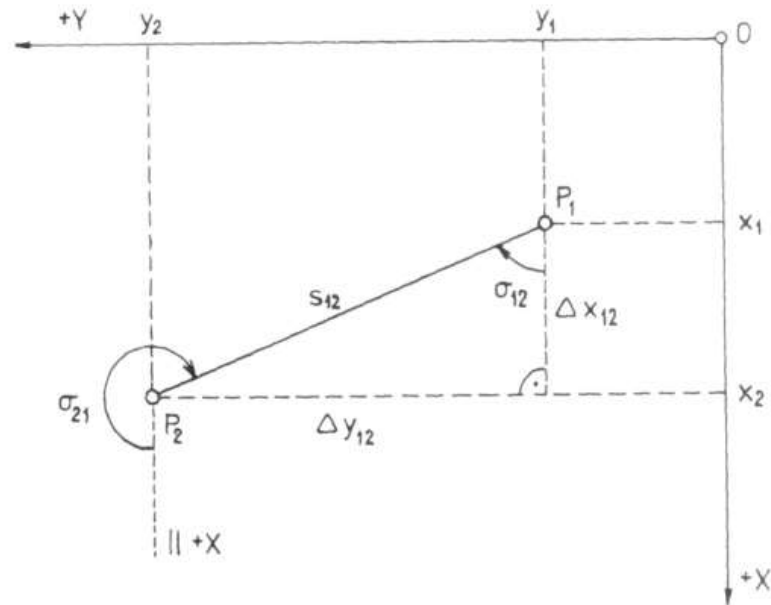
# Směrník

Směrník je orientovaný úhel na výchozím bodě od rovnoběžky s osou +X ke spojnici bodů.

Z obrázku vyplývá:

$$\sigma_{12} = \sigma_{21} + 200 \text{ gon}$$

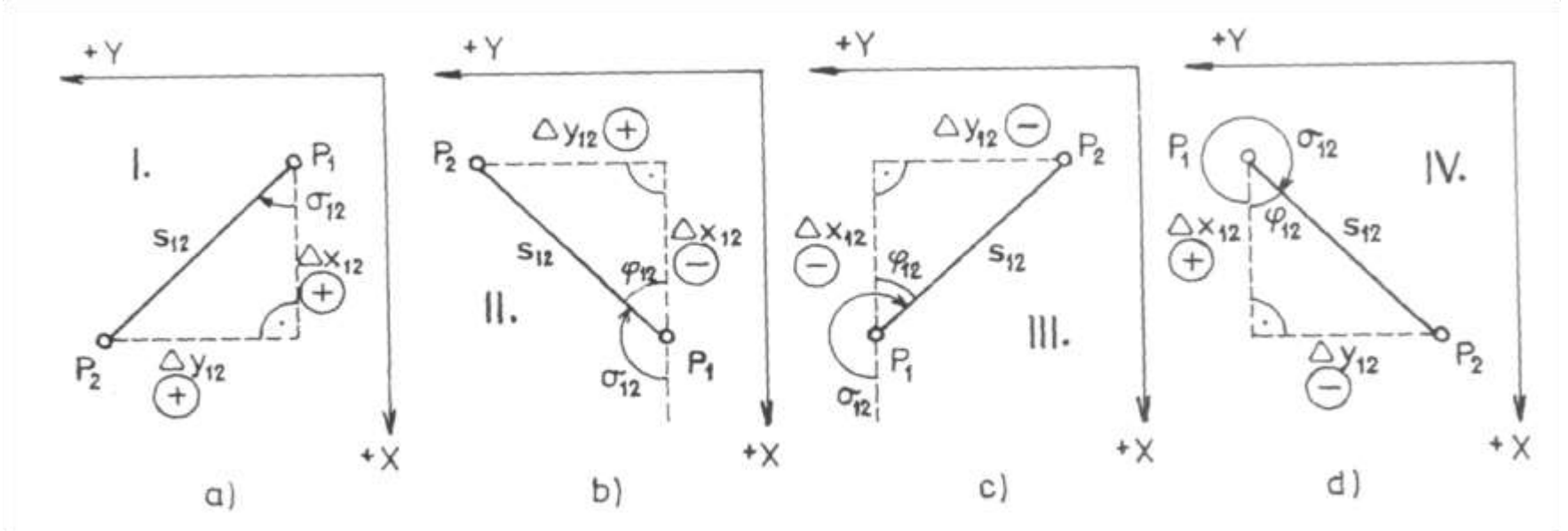
$$\tan \varphi_{12} = \left| \frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}} \right|$$



Úhel  $\varphi$  je třeba přepočítat do správného kvadrantu.

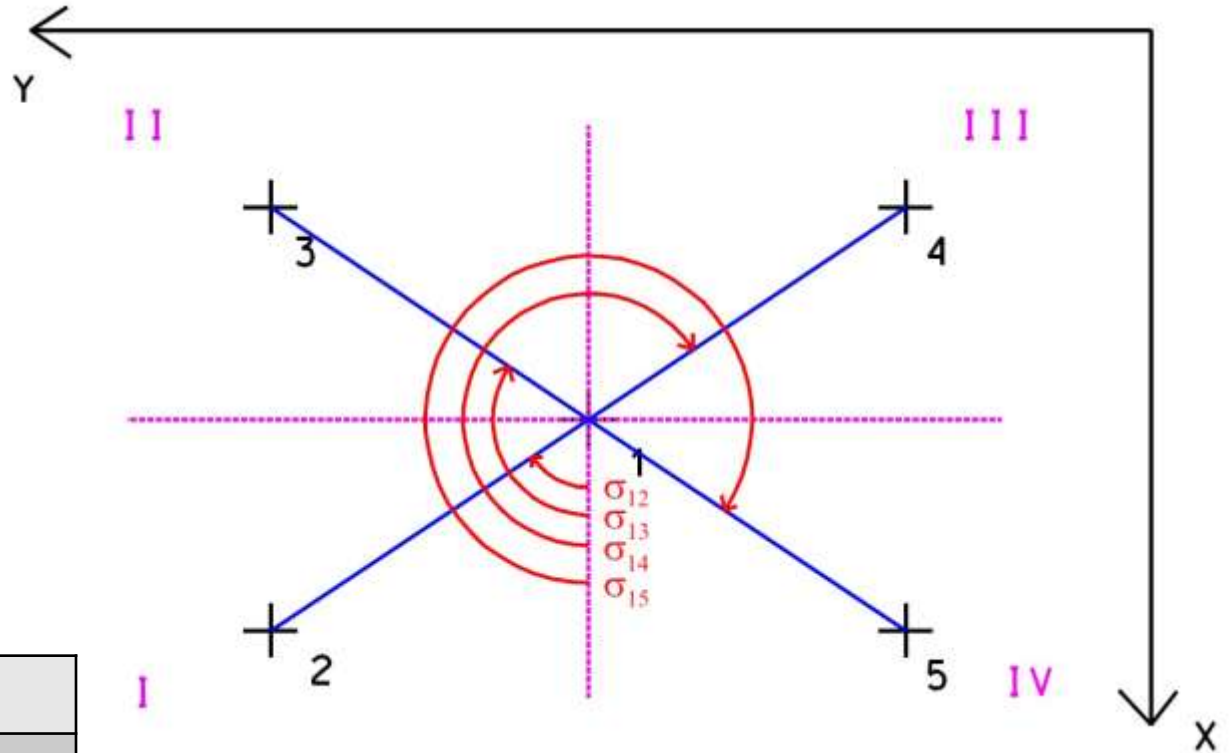
# Směrník

Kvadranty:



Kvadrant	I	II	III	IV
$\Delta y_{12}$	+	+	-	-
$\Delta x_{12}$	+	-	-	+
	$\sigma_{12} = \varphi_{12}$	$\sigma_{12} = 200^\circ - \varphi_{12}$	$\sigma_{12} = 200^\circ + \varphi_{12}$	$\sigma_{12} = 400^\circ - \varphi_{12}$

# Směrník - příklady



Č. bodu	Y [m]	X [m]
1	2000	7000
2	2300	7200
3	2300	6800
4	1700	6800
5	1700	7200

# Směrník – příklady

$$\varphi_{12} = \arctan \frac{|\Delta Y_{12}|}{|\Delta X_{12}|} = \arctan \frac{|+300|}{|+200|} = 62,5666 \text{ gon}$$

$$\sigma_{12} = \varphi_{12} = 62,5666 \text{ gon}$$

$$\varphi_{13} = \arctan \frac{|\Delta Y_{13}|}{|\Delta X_{13}|} = \arctan \frac{|+300|}{|-200|} = 62,5666 \text{ gon}$$

$$\sigma_{13} = 200 \text{ gon} - \varphi_{13} = 137,4334 \text{ gon}$$

$$\varphi_{14} = \arctan \frac{|\Delta Y_{14}|}{|\Delta X_{14}|} = \arctan \frac{|-300|}{|-200|} = 62,5666 \text{ gon}$$

$$\sigma_{14} = 200 \text{ gon} + \varphi_{14} = 262,5666 \text{ gon}$$

$$\varphi_{15} = \arctan \frac{|\Delta Y_{15}|}{|\Delta X_{15}|} = \arctan \frac{|-300|}{|+200|} = 62,5666 \text{ gon}$$

$$\sigma_{15} = 400 \text{ gon} - \varphi_{15} = 337,4334 \text{ gon}$$



# Polární metoda

Slouží k výpočtu souřadnic bodu  $P_3$ , je-li měřeno:  
délka strany  $d_{13}$ , vodorovný úhel  $\omega$ .

Známo:  $P_1[y_1, x_1]$ ,  $P_2[y_2, x_2]$ .

Postup výpočtu:

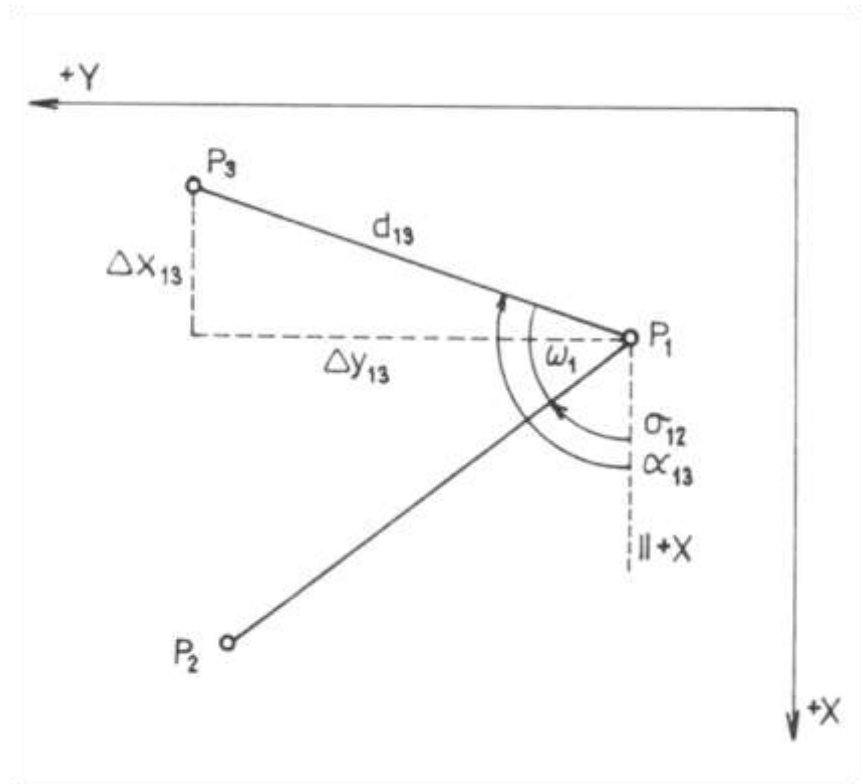
$$\alpha_{13} = \sigma_{12} + \omega$$

$$\Delta y_{13} = d_{13} \cdot \sin \alpha_{13}$$

$$\Delta x_{13} = d_{13} \cdot \cos \alpha_{13}$$

$$y_3 = y_1 + \Delta y_{13} = y_1 + d_{13} \cdot \sin \alpha_{13}$$

$$x_3 = x_1 + \Delta x_{13} = x_1 + d_{13} \cdot \cos \alpha_{13}$$



# Měření úhlů

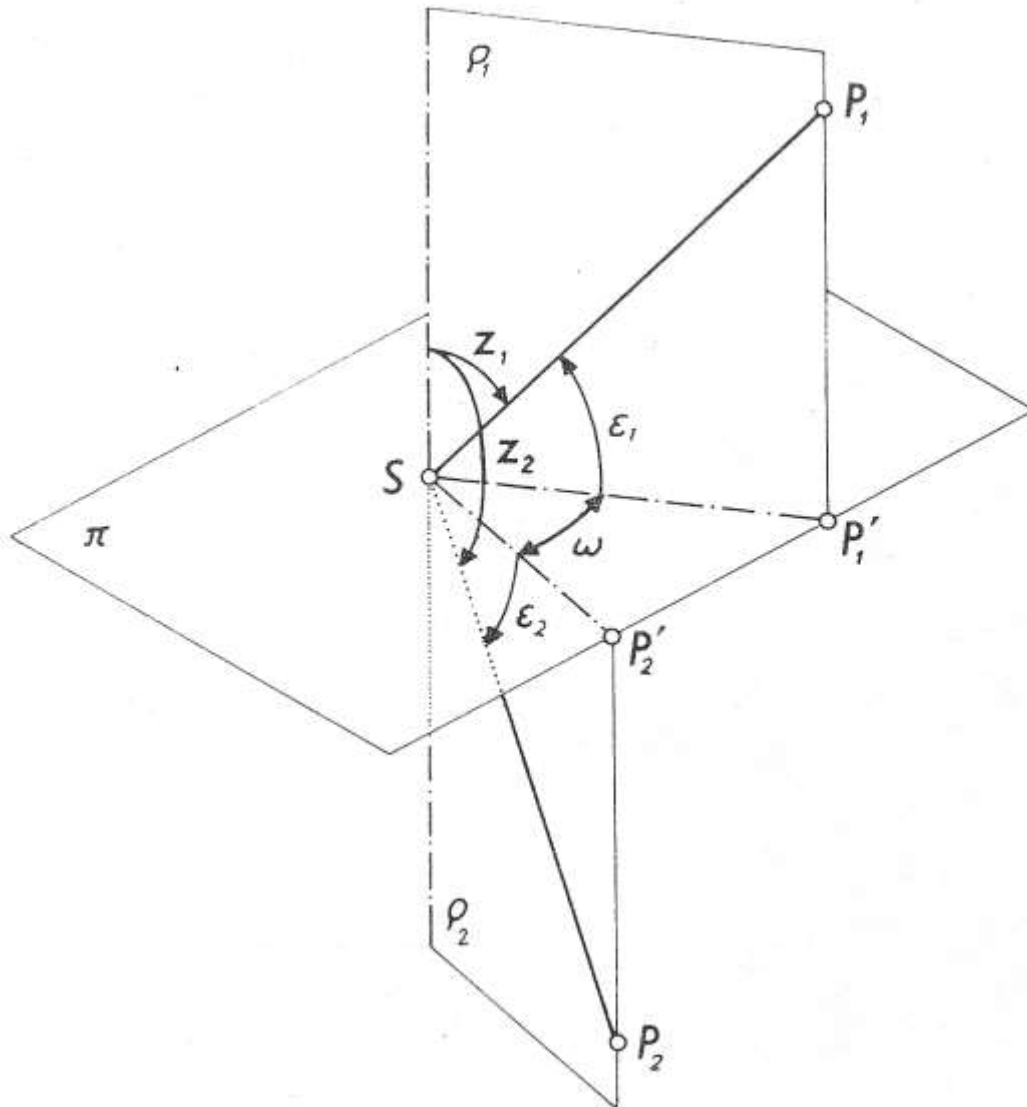
Zákonné měřicí jednotky jsou dány ČSN ISO 1000 (Jednotky SI a doporučení pro užívání jejich násobků a pro užívání některých dalších jednotek, 1997).

Radián (rad) je odvozenou jednotkou SI, je to rovinný úhel sevřený dvěma polopřímkami, které na kružnici opsané z jejich počátečního bodu vytínají oblouk o délce rovné jejímu poloměru. Je bezrozměrný. Vedlejšími jednotkami jsou stupeň ( $^{\circ}$ ), gon (nebo grad,  $^g$ ).

Při měření se v geodézii využívají především gony.

	Plný úhel	Pravý úhel	Části	
Radián	$2\pi$	$\pi/2$	---	
Stupeň	$360^{\circ}$	$90^{\circ}$	$1' = 1^{\circ}/60$	$1'' = 1^{\circ}/3600$
Gon/Grad	$400^g$	$100^g$	$1^c = 1^g/100$	$1^{cc} = 1^g / 10000$

# Základní pojmy

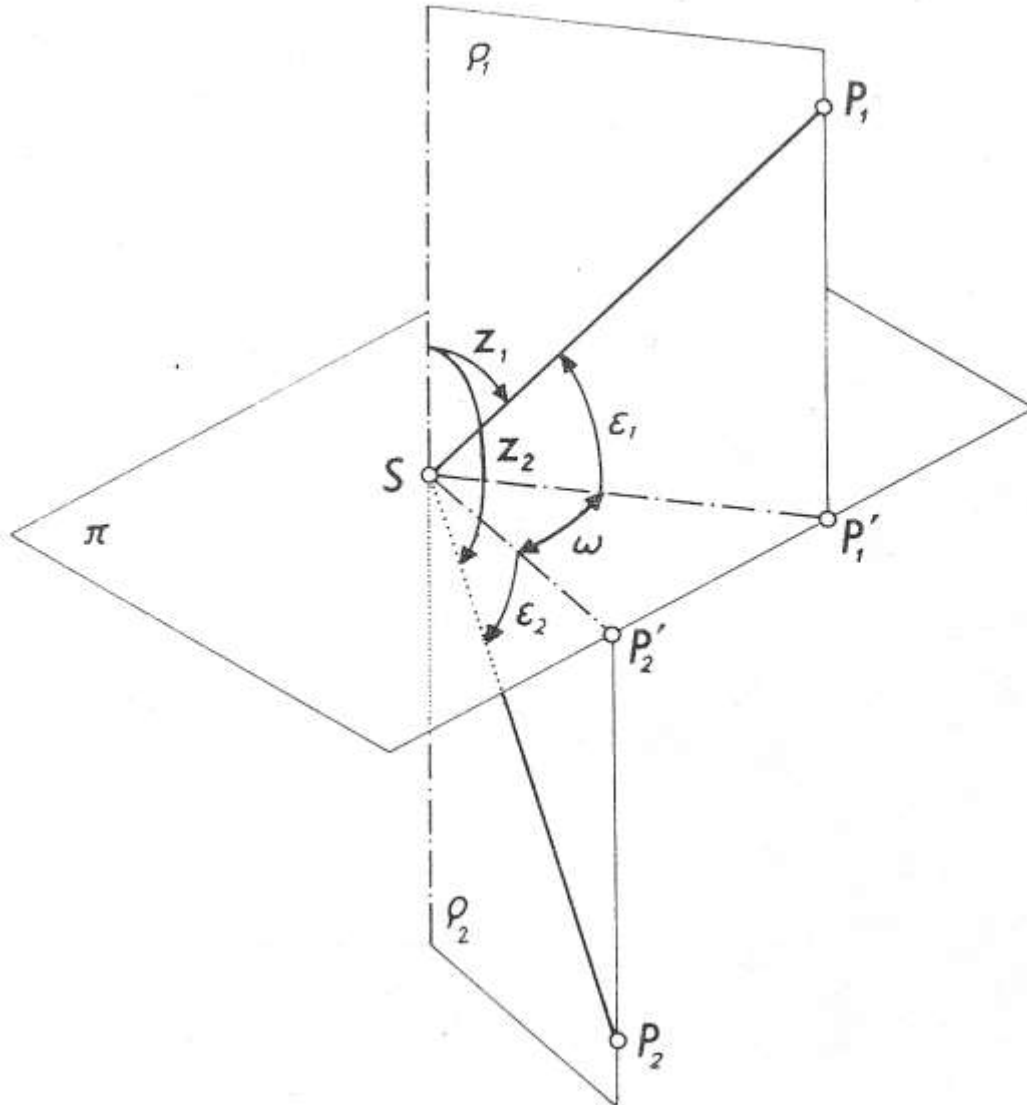


**Záměrná přímka** je spojnice bodů  $S$  a  $P$ .

**Vodorovný směr  $\varphi$**  je směr průsečnice svislé roviny  $\rho$  proložené body  $S$  a  $P$  a vodorovné roviny  $\pi$  proložené bodem  $S$ .

**Vodorovný úhel  $\omega$**  je úhel sevřený průsečnicemi svislých rovin  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  a vodorovné roviny  $\pi$ .

# Základní pojmy



**Svislý úhel  $\varepsilon$**  – úhel ve svislé rovině  $\rho$  měřený od průsečnice s vodorovnou rovinou ke spojnici bodů S a P.

výškový (nad vodorovnou rovinou), znaménko + ( $\varepsilon_1$ )

hloubkový (pod vodorovnou rovinou), znaménko - ( $\varepsilon_2$ )

**Zenitový úhel  $z$**  - úhel ve svislé rovině  $\rho$  měřený od svislice ke spojnici bodů S a P

# Teodolit

Vodorovné směry a zenitové úhly se měří přístrojem zvaným **teodolit**.



# Teodolit

Vodorovné směry a zenitové úhly se měří přístrojem zvaným **teodolit**.



# Teodolit - součásti

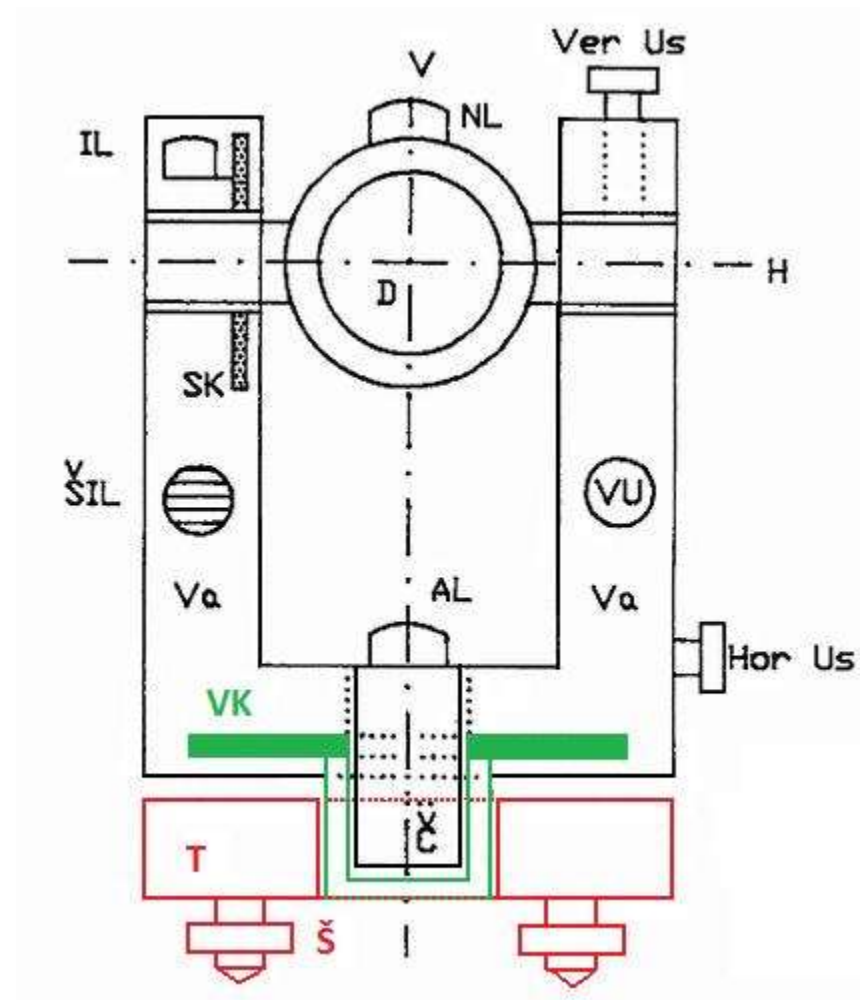
Teodolit se používá na měření vodorovných směrů a svislých (zenitových) úhlů.

Skládá se ze tří hlavních částí:

**Trojnožka** – umožňuje postavení teodolitu na stativ nebo jinou podložku.

**Limbus** – spodní část, která při měření zůstává nehybná. Jeho součástí je vodorovný kruh.

**Alhidáda** – vrchní část, která se při měření otáčí.



# Osy teodolitu

Z – záměrná osa

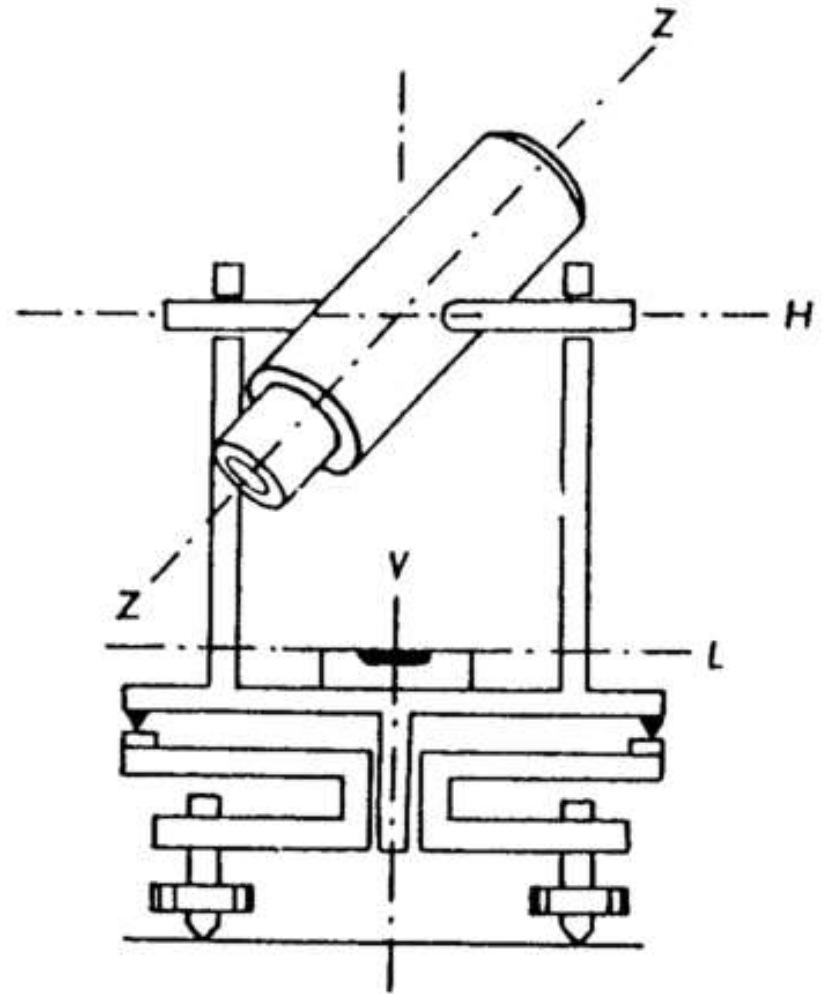
V – svislá osa (osa alhidády)

H – vodorovná osa (točná osa dalekohledu)

L – osa alhidádové libely

Při měření musí být teodolit zcentrován a zhorizontován a musí splňovat tzv. osově podmínky:

- $L \perp V$
- $Z \perp H$
- $H \perp V$





# Elektronické teodolity, totální stanice

- Elektronické teodolity mají často vestavěný elektronický dálkoměr a obsahují geodetický software. Tento typ přístroje se nazývá totální stanice.
- Napájeny proudem z vestavěných nebo externích baterií.
- Měřené hodnoty se zobrazují v digitální formě na displeji.
- Měřená data mohou být ukládána na paměťová média.
- Mají řadu funkcí, např. nastavení libovolné hodnoty vodorovného kruhu do požadovaného směru, volbu úhlových jednotek.
- Některé přístroje umožňují vkládání doplňkových informací k měřeným hodnotám.
- Některé přístroje jsou motorizované a umožňují samočinné cílení přístroje.
- Výrobci: Leica, Topcon, Trimble, ...

# Elektronické teodolity, totální stanice



# Měření délek

## Definice délky

Délka je definována jako vzdálenost dvou bodů ve smyslu definované metriky, délka je tedy popsána v jednotkách, tj. v násobcích dohodnutého normálu. Normálem je pro nás 1 metr, což je délka dráhy, kterou urazí světlo ve vakuu za 1/299 792 458 sekundy (1983). Metr je jednotkou SI (Le **S**ystème International d'Unités ).

<b>kilo-</b>	km	$10^3$	<b>hekto-</b>	hm	$10^2$
<b>mili-</b>	mm	$10^{-3}$	<b>deka-</b>	dam	$10^1$
<b>mikro-</b>	$\mu\text{m}$	$10^{-6}$	<b>deci-</b>	dm	$10^{-1}$
<b>nano-</b>	nm	$10^{-9}$	<b>centi-</b>	cm	$10^{-2}$

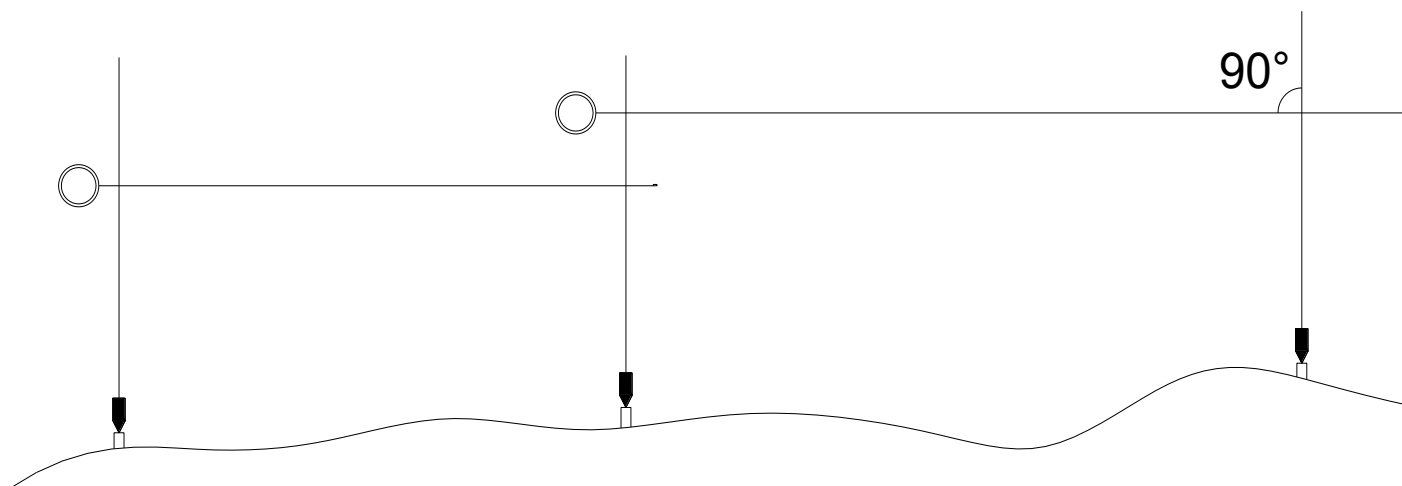
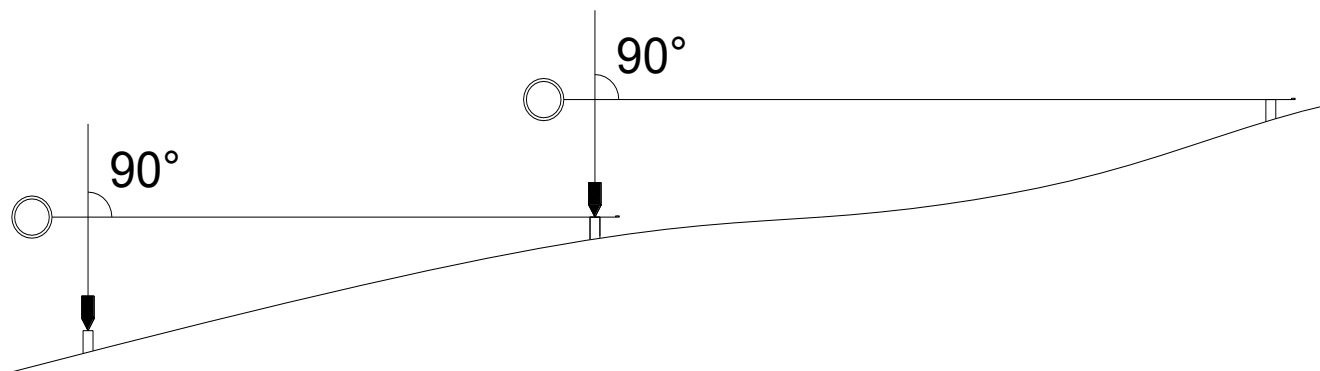
# Měření délek pásmem

- délka pásem 20 – 50 m, nejmenší dílek 1 mm
- pásma z oceli, invaru (Ni, Fe), umělé hmoty
- měřená vzdálenost se rozdělí na úseky kratší než délka pásma, aby body takto vytvořené ležely v přímce, výsledná vzdálenost je pak součtem jednotlivých délek („kladů“ pásma)
- měřená trasa musí být v celé délce přístupná
- měří se délka vodorovná (zajišťuje se pomocí olovnice)
- měření se provádí **vždy 2x**, v rovinném terénu tam a zpět, ve svažitém terénu ve směru sklonu s odsazením (**po svahu**)
- rozdíl dvou měření se posuzuje příslušným mezním rozdílem  $\Delta_M$ , například dle metodického návodu pro tvorbu Základní mapy ČSSR:

$$\Delta_M = 0,012 \cdot \sqrt{s}$$

- Přesnost délek měřených pásmem je přibližně 3 cm na 100 m

# Měření délek pásmem



# Chyby při měření délek pásmem

- **ze skutečné délky:** není znám skutečný rozměr pásma, je třeba mít pásmo kalibrované,
- **z teplotní roztažnosti:** se změnou teploty se mění délka pásma, u přesných měření je třeba zavádět opravu:

$$\Delta d_t = (t - t_0) \cdot \alpha \cdot d$$

kde  $d$  - měřená délka,

$\alpha$  - součinitel teplotní délkové roztažnosti,

$t$  - teplota měřidla,  $t_0$  - teplota při kalibraci

- **z vybočení ze směru:** přesnost zařazení mezilehlých pomocných bodů do přímky,
- **z nesprávného napnutí:** podle pásma silou 50 N až 100 N,
- **z nevodorovnosti,**
- **z průhybu:** i při použití správné síly u delších pásem dojde k prověšení a je třeba zavést početní opravu,
- **z přiřazení:** chybné čtení hodnoty.



KALIBRAČNÍ LABORATOŘ č. 2292

AUTORIZOVANÉHO METROLOGICKÉHO STŘEDISKA  
VÝZKUMNÝ ÚSTAV GEODETICKÝ, TOPOGRAFICKÝ A KARTOGRAFICKÝ  
250 66 ZDIBY 98

## KALIBRAČNÍ LIST č.: 18 393/2002

Datum vystavení: 1. 10. 2002

List 1 ze 2 listů

Zadavatel: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra speciální geodézie  
Datum přijetí měřidla: 26. 9. 2002  
Měřidlo: Pracovní měřidlo nestanovené, 30 m ocelové pásmo PAR, žluté, s mm dělením, v pouzdře, s nulou v průběhu pásma  
Inventurní číslo: 4780907  
Použitý etalon: Helio – neonový laser 633 nm, Laser Head, Model 5519A, Ser.No. 3627A00792, kalibrační list č. 818-KL-1190/00  
Napínací síla: 50,0 N  
Předpisy: Kalibrace byla provedena dle následujících předpisů:  
Pracovním postupem dle ČSN ISO 8522-2/1994 – Geometrická přesnost ve výstavbě - Určování přesnosti měřicích přístrojů - část 2: Měřická pásma, dle ČSN 251105 – Měřická pásma. Kalibračním postupem KP - č. 1: Měřická pásma.  
B - ocelová, umělohmotná a tkaninová pásma.  
EA-4/02 Metodika vyjadřování nejistot měření při kalibracích.  
Podmínky pro kalibraci: laboratorní, teplota 20,0° C ± 0,3°C, tlak 973,3 hPa

Kalibrační list č. 18 393/2002

list 2 ze 2 listů

### Výsledky měření

Nominální hodnota (m)	Odhylka (mm)	Nominální hodnota (m)	Odhylka (mm)
0	0,0	16	-0,7
1	+0,3	17	-0,6
2	+0,4	18	-0,9
3	+0,1	19	-0,8
4	+0,4	20	-0,8
5	-0,1	21	-0,9
6	-0,1	22	-0,9
7	-0,1	23	-0,9
8	-0,3	24	-1,0
9	-0,2	25	-1,0
10	-0,2	26	-0,9
11	-0,4	27	-0,6
12	-0,3	28	-0,7
13	-0,4	29	-0,6
14	-0,6	30	-0,7
15	-0,5		

Poznámka: znaménko + (-) znamená, že pásmo je delší (kratší) nominální délky.

Rozšířená nejistota měření při  $K = 2$  je  $U \leq \pm [0,3 + 0,007 \cdot L(m)]$  mm.

Údaj platí pro koeficient rozšíření  $K = 2$ , tj. pravděpodobnost  $P = 95\%$ .  
Rozšířená nejistota byla stanovena v souladu s dokumentem EA-4/02.

Pásmo vyhovuje ustanovení ČSN 251105 pro přesnost měřicích pássem.

Ve Zdlbech dne 27. 9. 2002 kalibraci provedla: D. Latová



Ing. J. Lechner, CSc.  
vedoucí KL

Kalibrační list může být rozšiřován v celkovém počtu stran beze změn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoří, která dokument vystavila.

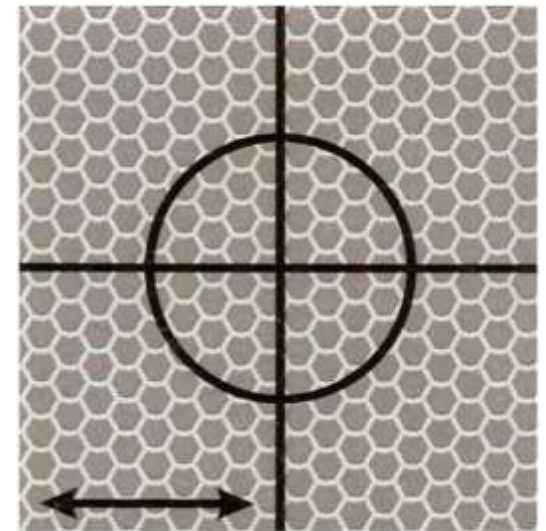
# Elektrooptické určování délek

- Při elektrooptickém určování délek se jako prostředek měření využívá elektromagnetické záření (EMZ).
- Na jednom konci určované délky je vysílač EMZ, na druhém odražeč (vrací signál zpět).
- Odražeč:
  - Koutový hranol
  - Libovolný difúzní povrch
- Dálkoměr měří šikmou délku – délku přímé spojnice dálkoměr – hranol (cíl).



# Koutový hranol, odrazná fólie

- EMZ z něj vychází pod tím samým úhlem, pod kterým do něj dopadlo.
- Každý typ hranolu má svou **součtovou konstantu**, tj. systematický rozdíl mezi délkou měřenou a skutečnou. To je zapříčiněno různým vztažným bodem.
- Odrazná fólie má ty samé vlastnosti, její součtová konstanta je 0.



# Elektrooptické měření délek, přesnost

- Dálkoměr může být ruční (disto), nasazovací (starší konstrukce, nutno počítat s odsazením) nebo zabudovaný, souosý se záměrnou přímkou (totální stanice).
- Přesnost je u elektrooptických dálkoměrů udávána ve tvaru:

$$X + Yppm \cdot D$$

kde  $X$  je konstantní součást směrodatné odchyly,  
 $Y$  je proměnná součást sm. odchyly, závislá na velikosti měřené délky  $D$ .

Např.  $\sigma = 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D$   $D$  je v km

Pro vzdálenost 2 km je  $\sigma$  7 mm (3+2\*2).

# Ruční dálkoměry



# Korekce a redukce měřených délek

**Fyzikální korekce** – u elektronicky měřených délek.

- Vlnová délka elektromagnetického záření závisí na prostředí, kterým záření prochází, tj. na atmosférické teplotě a tlaku.
- Hodnota fyzikální korekce se zadává do dálkoměru (vypočte se ze vzorců, které výrobce uvádí v manuálu), případně přístroj po zadání teploty a tlaku opravu do měřených délek sám zavede.
- Opomenutí zavedení či špatné zavedení fyzikálních korekcí zanáší do měření systematickou chybu v měřítku.

**Matematické redukce** – pro souřadnicové výpočty

- redukce měřené délky do nulového horizontu (redukce z nadmořské výšky).
- Redukce délky v nulovém horizontu do zobrazení.

# Matematické redukce – z nadmořské výšky

Přímo měřené délky (po fyzikální redukci) je nutno redukovat do tzv. nulového horizontu.

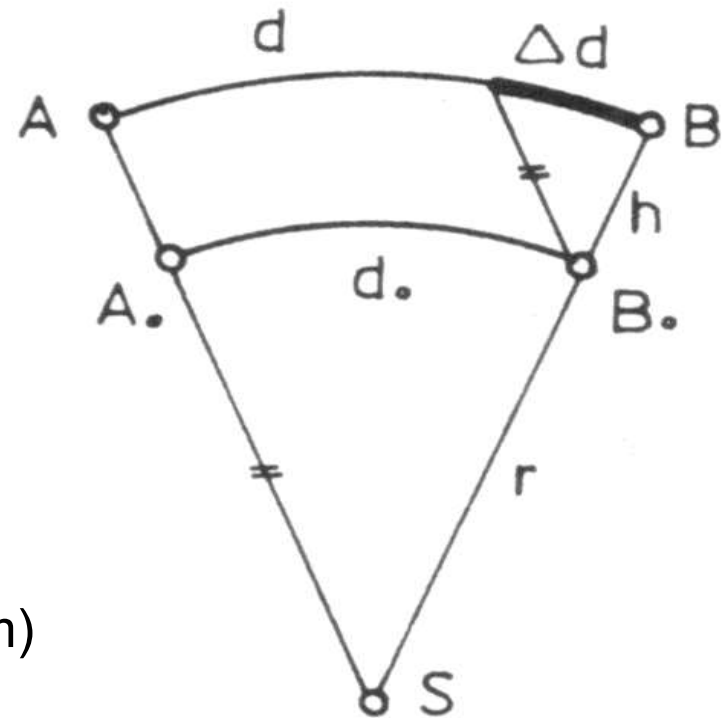
$$d_0 = d - \Delta d,$$

$$\frac{\Delta d}{h} = \frac{d}{r + h},$$

$$\Delta d = d \frac{h}{r + h}.$$

$r$  ... poloměr referenční koule (6380 km)

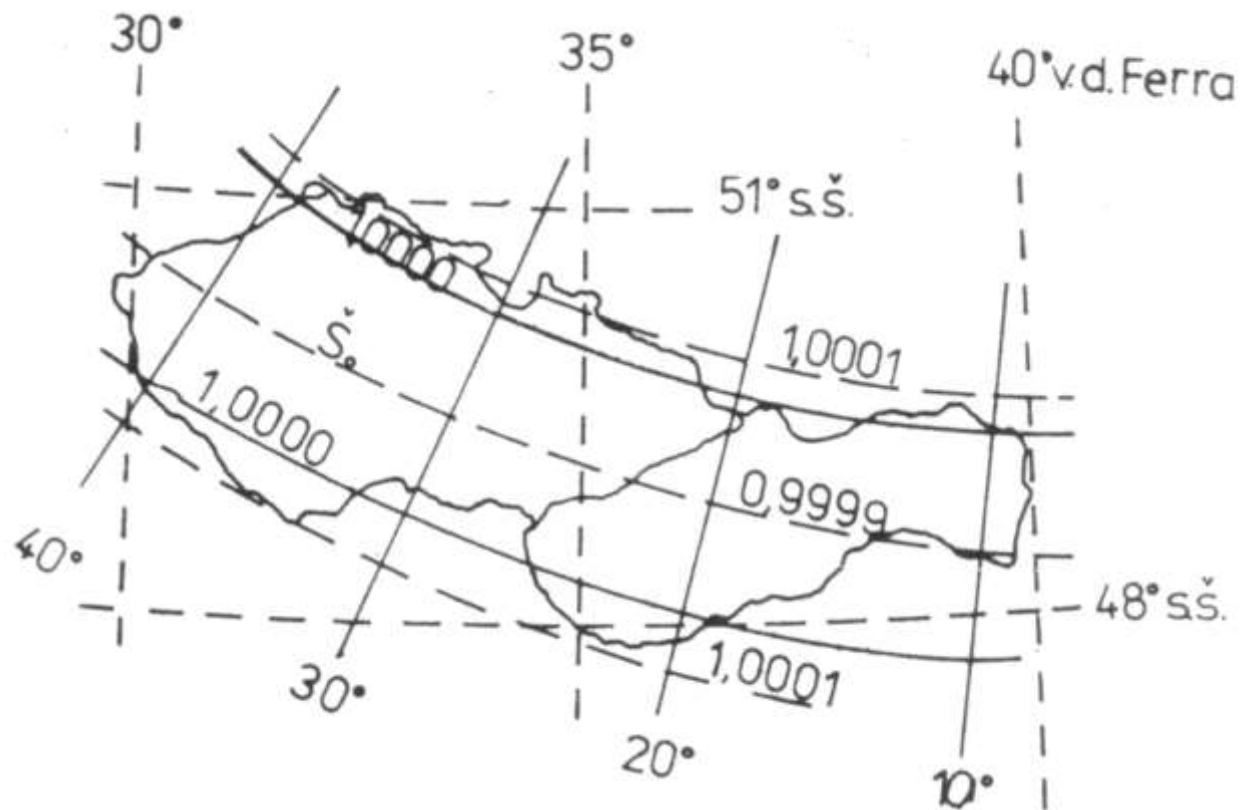
$h$  ... nadmořská výška



# Redukce délky do zobrazení S-JTSK

Pro kratší délky

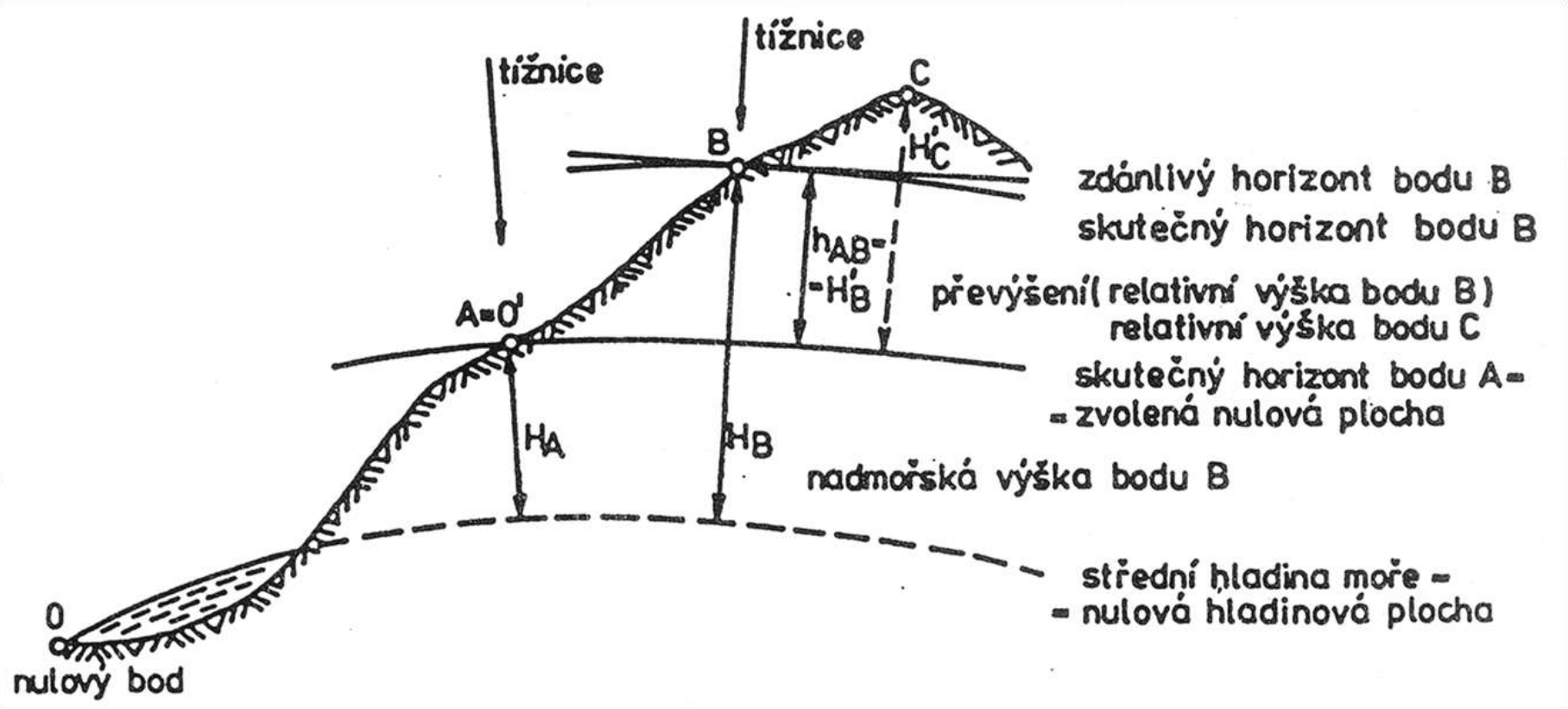
$$s = d_0 \cdot m_A$$



Hodnotu délkového zkreslení  $m$  lze získat výpočtem z rovnic nebo odečíst z mapy izochar kartografického zkreslení.

# Určování výšek

## Základní pojmy



# Základní pojmy

- **Hladinová plocha** je obecně definována jako plocha stejného tíhového potenciálu.
- **Absolutní výška bodu** – výška bodu nad danou *nulovou hladinovou plochou*, střední hladina zvoleného moře → nadmořská výška bodu.
- **Relativní výška bodu** – výška bodu nad hladinovou plochou procházející obecně zvoleným bodem (zvolená nulová plocha, viz obr.).
- Hladinové plochy jsou soustředné plochy a nazýváme je **skutečnými horizonty bodů**.
- **Zdánlivé horizonty bodů** – tečné roviny hladinových ploch v těchto bodech.
- Pro potřeby stavební geodézie považujeme Zemi za homogenní kouli, pak nulová hladinová plocha je kulová plocha procházející nulovým výškovým bodem na střední hladině zvoleného moře.
- Pro práce malého rozsahu (do 200 m) lze Zemi považovat za rovinu → zdánlivé horizonty považujeme za skutečné.



# Základní pojmy

**Sklon terénu  $\alpha$**  (nebo záměry) se vyjadřuje v procentech a platí:

$$\alpha = \frac{h}{d} \cdot 100\%$$

kde  **$h$**  je převýšení a  **$d$**  je vodorovná délka.

Předmětem měření nejsou výšky, ale **výškové rozdíly (převýšení)** skutečných horizontů:

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

# Výškové systémy v ČR

Výškové systémy používané na území ČR jsou závazně dány NV č.159/2023 Sb. V současné době je závazný pro dokumentaci výsledků zeměměřických činností využívaných ve veřejném zájmu **výškový systém Baltský – po vyrovnání (Bpv)**. Výchozí výškový bod je nula stupnice mořského vodočtu v Krondštadt.

Dříve byl používán výškový systém Jaderský, jehož výchozí bod se nachází na molu Sartorio v Terstu.

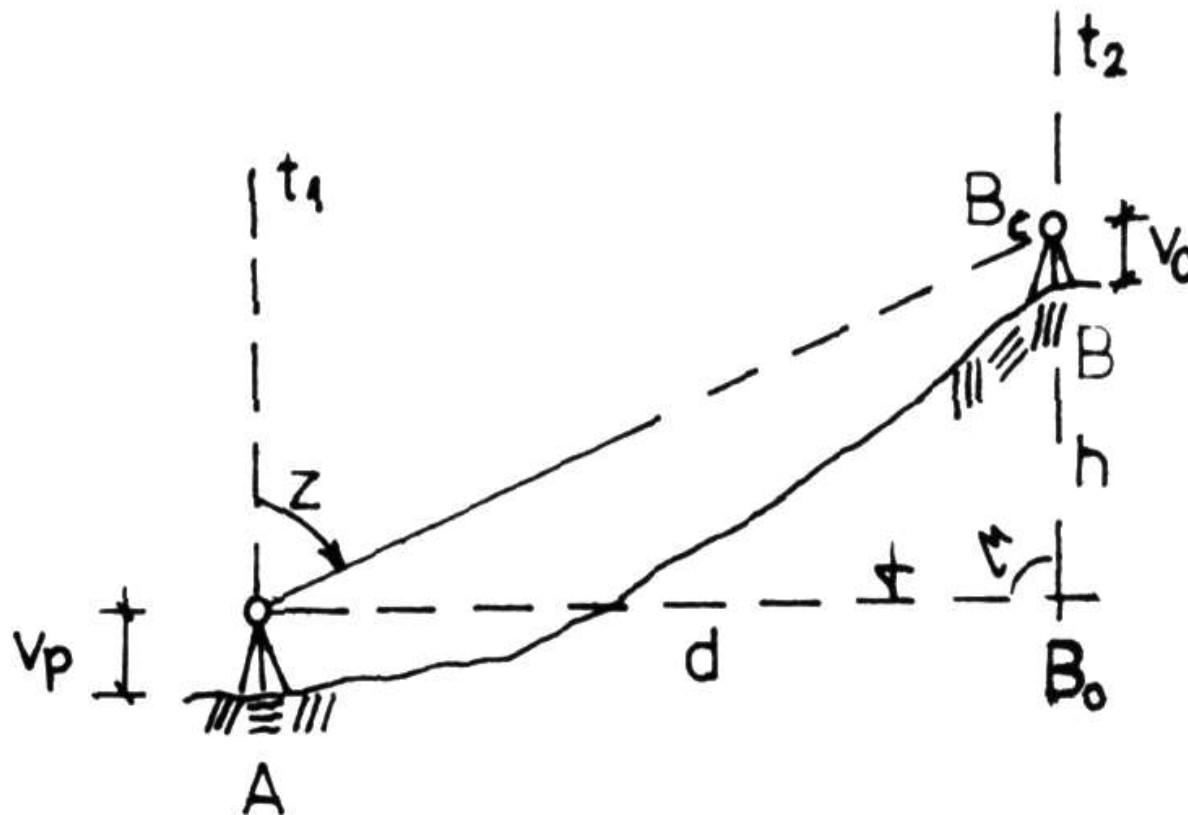
Rozdíl mezi těmito systémy je kolem 40 cm. Výšky v Bpv jsou menší. Rozdíl je způsoben odlišným vyrovnáním a odlišným typem výšek.

# Metody určování převýšení

- **Trigonometrická metoda**
  -
- **Geometrická nivelace**
  -
- **GNSS (Globální Navigační Satelitní Systémy)**

# Trigonometrická metoda

Převýšení dvou bodů se určuje na základě řešení trojúhelníka (pravoúhlého nebo obecného). Princip metody je zřejmý z obrázku. Přesnost je srovnatelná s technickou nivelací. Přesnost je se vzrůstající vzdáleností výrazně zhoršována refrakcí, resp. její vertikální složkou.

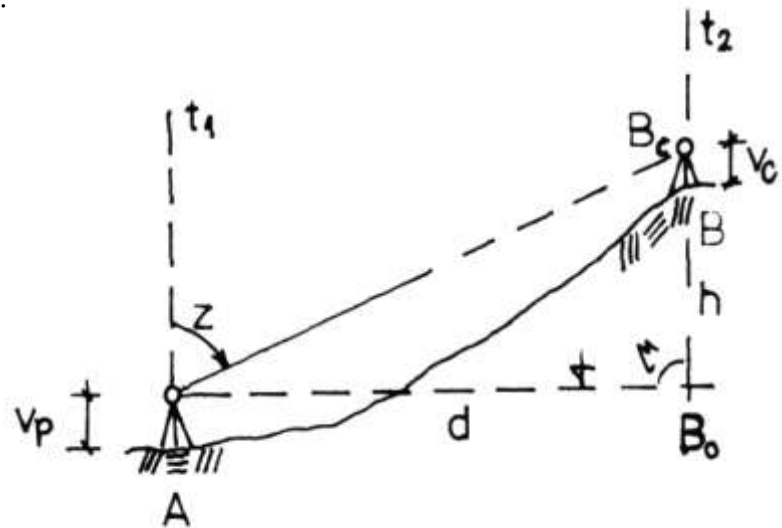


# Trigonometrická metoda

Na bodě A se známou výškou  $H_A$  je totální stanicí, jejíž výška nad bodem A je  $v_p$ , změřen zenitový úhel  $z$  a šikmá vzdálenost  $d_s$  na cíl, který je postaven na bodě B ve výšce  $v_c$ . Poté je určovaná výška  $H_B$  bodu B:

$$H_B = H_A + v_p + h - v_c$$

$$H_B = H_A + v_p + d_s \cdot \cos(z) - v_c$$



# Trigonometrická metoda – prostorová polární metoda

Stanovisko A, určovaný bod B, směrník  $\alpha_{AB}$ , výška přístroje  $v_p$ , měřen zenitový úhel  $z$  a šikmá vzdálenost  $d_s$  na cíl, který je postaven na bodě B ve výšce  $v_c$ . směrník  $\alpha_{AB}$ :

$$Y_B = Y_A + \Delta y_{AB} = Y_A + d_s \cdot \sin \alpha_{AB} \cdot \sin z$$

$$X_B = X_A + \Delta x_{AB} = X_A + d_s \cdot \cos \alpha_{AB} \cdot \sin z$$

$$Z_B = Z_A + \Delta z_{AB} = Z_A + d_s \cdot \cos z + v_p - v_c$$

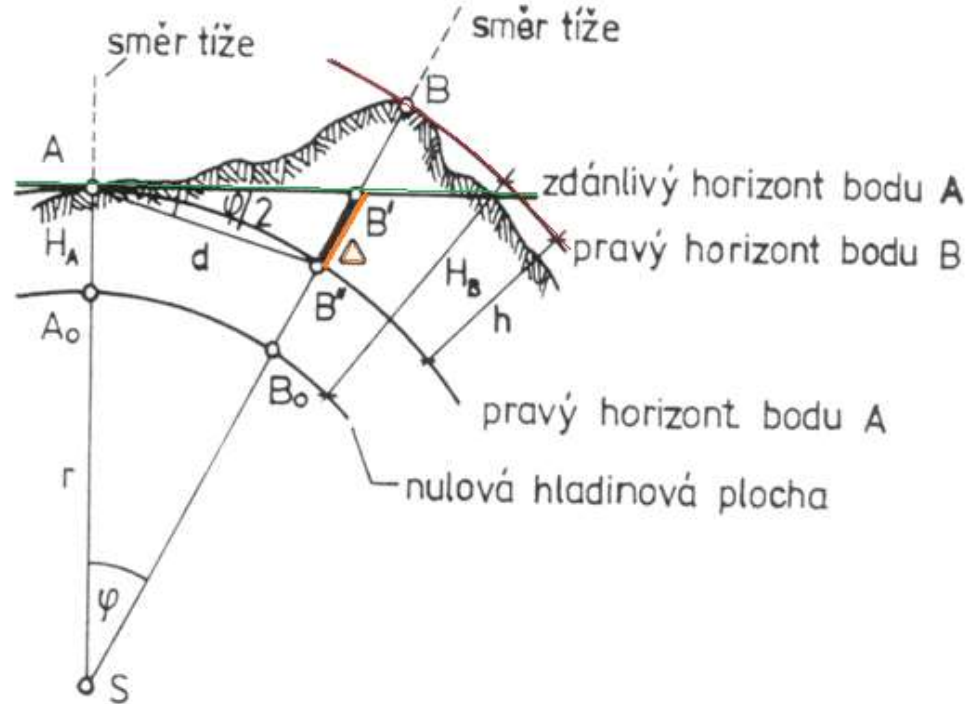
# Trigonometrická metoda

Trigonometrická metoda (pokud dostačuje přesností) je výhodná v členitém terénu. Ale při použití na větší vzdálenosti je třeba zavádět opravu ze zakřivení Země.

$$\Delta \cong d \cdot \frac{\varphi}{2},$$

$$\frac{\varphi}{2} = \frac{d}{2 \cdot r},$$

$$\Delta = \frac{d^2}{2 \cdot r}.$$



# Trigonometrická metoda

Oprava ze zakřivení Země (poloměr Země 6381 km):

d [m]	$\Delta$ [mm]
50	0
100	1
250	5
300	7
350	10
1000	78
5000	1959



# Geometrická nivelace ze středu, princip

Je to základní, nepoužívanější a nejpřesnější běžně dostupná metoda. Výšková bodová pole a jejich stabilizace byly navrženy a realizovány pro geometrickou nivelaci.

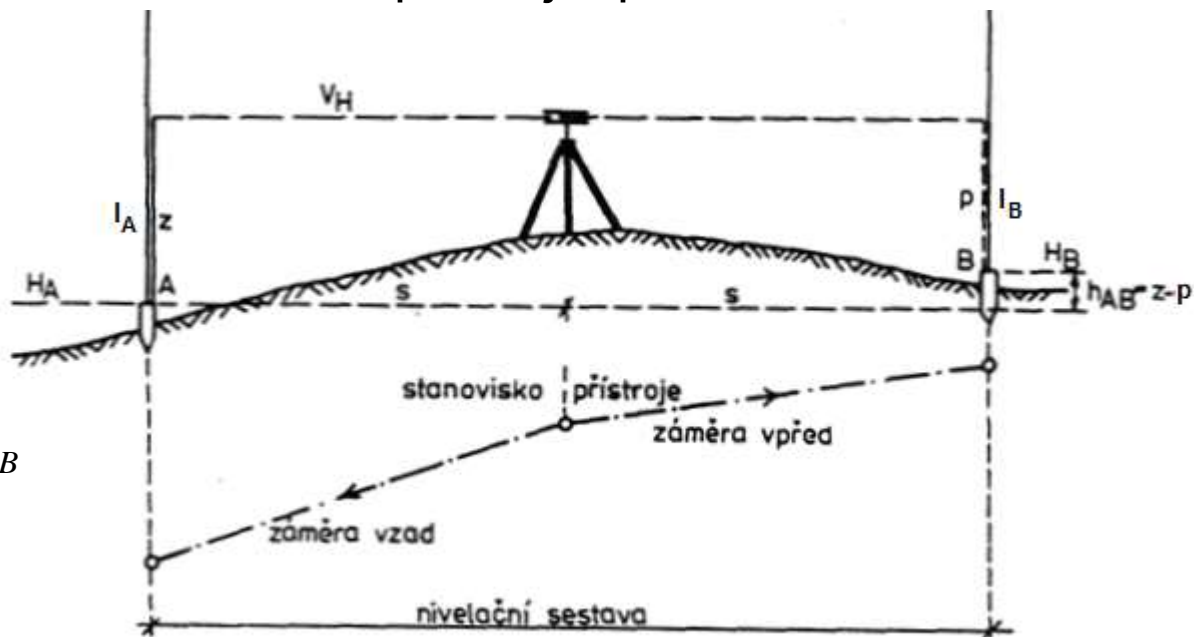
V podstatě jde o určení převýšení dvou bodů z rozdílu výškových odlehlostí od vodorovné roviny, která je buď vytyčena přístrojem nebo jinou pomůckou.

**Nivelační sestava** – zadní lať + nivelační přístroj + přední lať

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

$$h_{AB} = l_A - l_B$$

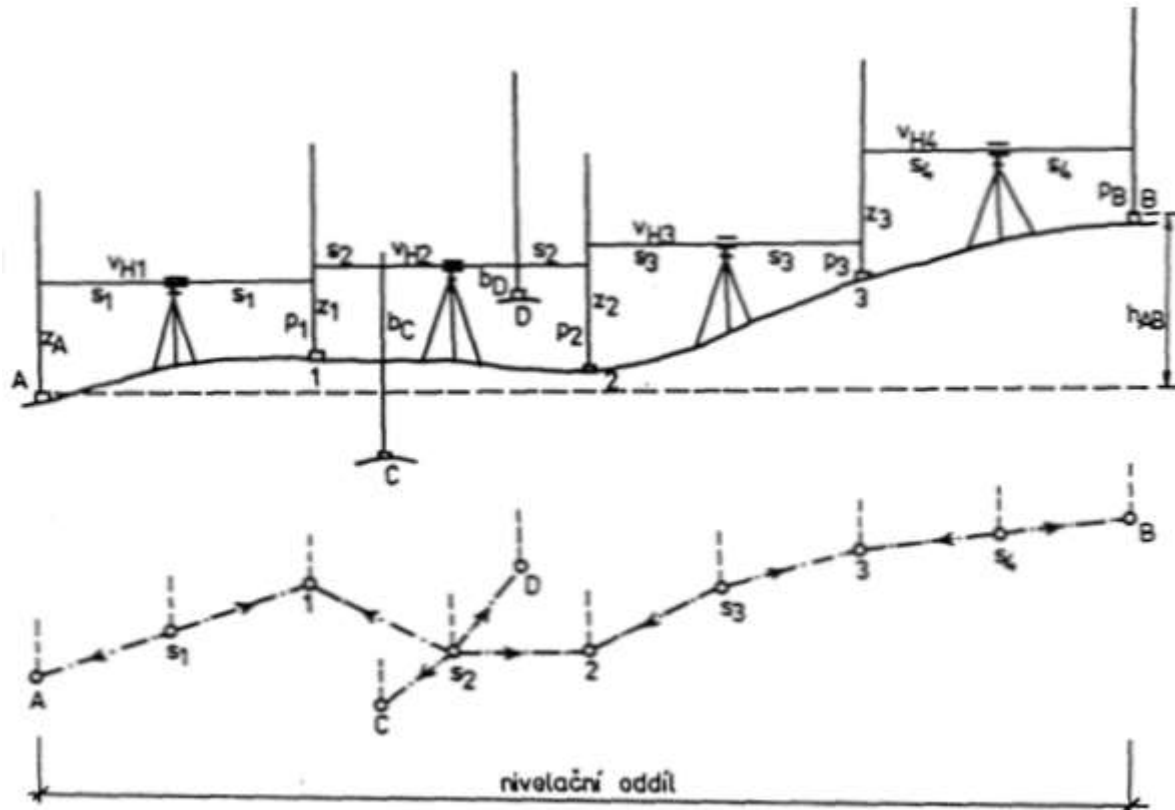
$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + l_A - l_B$$



# Geometrická nivelace

V případě větší vzdálenosti bodů A a B nebo většího převýšení se celková vzdálenost rozdělí na několik nivelačních sestav. Pak platí:

$$h_{AB} = \sum z - \sum p$$

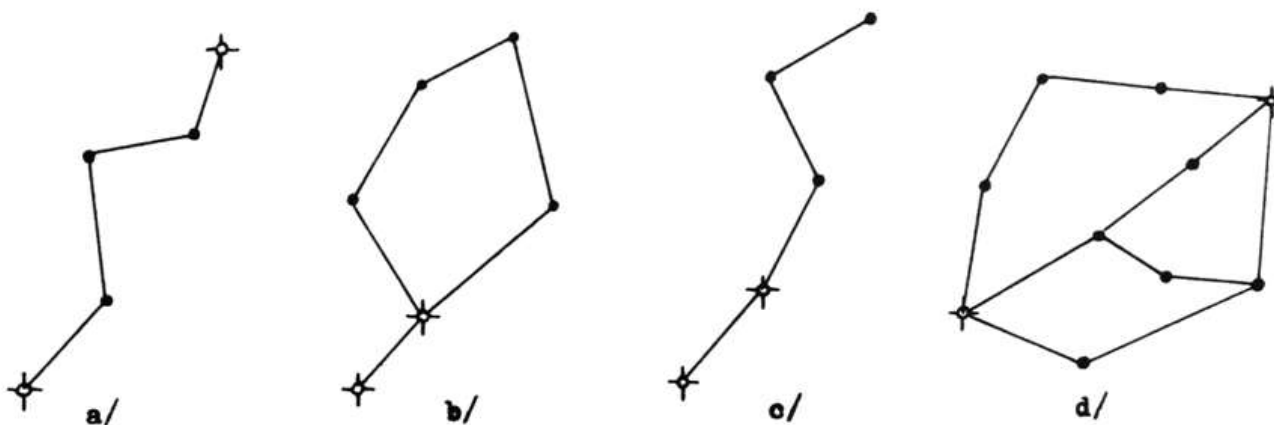


# Geometrická nivelace

Nivelační sestavy mezi dvěma sousedními body tvoří nivelační oddíly, ty pak tvoří nivelační pořad.

Nivelační pořady:

- a) vložené – začíná a končí na dvou známých bodech,
- b) uzavřené – začíná a končí na stejném bodě,
- c) volné – začíná na známém bodě,
- d) tvořící plošnou nivelační síť – zahrnuje alespoň dva známé body a řadu určovaných bodů.



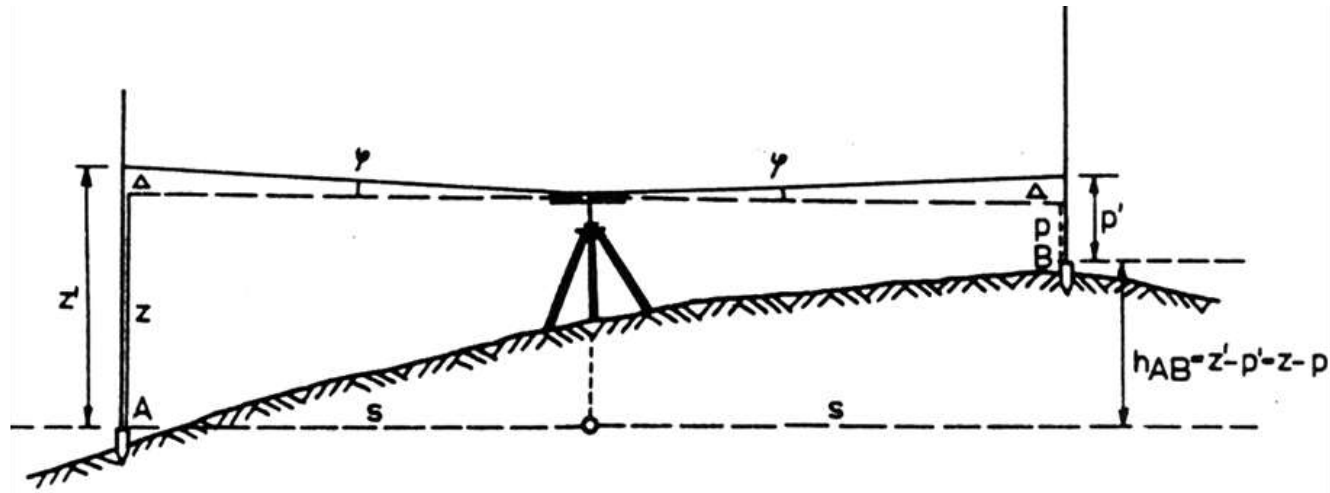
# Výhody geometrické nivelace ze středu

Metodou geometrické nivelace ze středu se eliminuje odklon záměry od vodorovné roviny a rozdíl mezi zdánlivým a skutečným horizontem (zakřivení Země). Odklon záměry může být způsoben nerektifikovanou nivelační libelou nebo nepřesnou funkcí kompenzátoru. I při skloněné záměře dostaneme při měření správnou hodnotu převýšení, pokud přístroj stojí uprostřed mezi oběma latěmi.

$$h_{AB} = z' - p'$$

$$z' = z + \Delta$$

$$p' = p + \Delta$$



$$h_{AB} = (z + \Delta) - (p + \Delta) = z - p + \Delta - \Delta = z - p$$

# Dělení nivelace dle přesnosti

1. Zvlášť přesná nivelace (ZPN);  $\Delta_M \leq 1,5 \cdot \sqrt{R}$ .
2. Velmi přesná nivelace (VPN);  $\Delta_M \leq (1,5-2,25) \cdot \sqrt{R}$ .
3. Přesná nivelace (PN);  $\Delta_M \leq (3-5) \cdot \sqrt{R}$ .
4. Technická nivelace (TN);  $\Delta_M \leq (20-40) \cdot \sqrt{R}$ .

R je délka nivelačního pořadu v km,  $\Delta_M$  je v mm.

Každému typu nivelace je předepsán postup měření a výpočtů, požadavky na přístroje a nivelační latě, a také kritéria přesnosti (mezní rozdíl dvakrát měřeného převýšení).

Typ nivelace je charakterizován směrodatnou kilometrovou odchylkou obousměrně měřeného převýšení  $\sigma_{km}$ .

PN se ve stavební praxi často používá pro přesná měření ( $\sigma_{km} \leq 1$  mm).

TN je ve stavební geodézii nejčastější.

# Nivelační přístroje pro TN

Nivelační přístroje vytyčují vodorovnou rovinu a dělí se na:

- 1) optické,
- 2) elektronické (digitální),
- 3) laserové.

# Nivelační přístroje - optické



# Nivelační přístroje - digitální



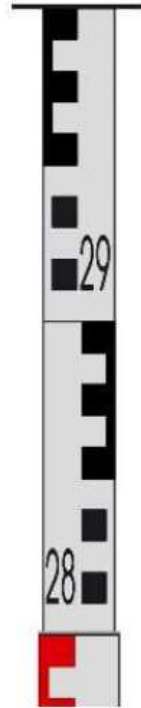


# Nivelační přístroje - laserové



# Nivelační přístroje - příslušenství

nivelační latě, nivelační podložky



Děkuji za pozornost