

Prostorová dokumentace interiérů (155YPDI)

Část 1: Geodézie a měření

Přednášky (**A229**)

1. **Geodézie** (Prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.)
2. **Úvod do geodetických metod** (doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.)
3. **Laserové skenování, princip, metody, zařízení a možné výstupy**
(Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.)

Cvičení (Ing. Tomáš Suk, **B971**)

1. **Jednoduché geodetické pomůcky**
2. **Totální stanice**
3. **3D skenování a nivelace**

Zápočet

- aktivní účast na cvičení, odevzdání požadovaných drobných úloh

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 hlavně **gony**.
- Délka je 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).

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

Teodolity – přístroj pro úhlové měření

Dělení dle konstrukce:

- a) Optickomechanické.
- b) Elektronické (většinou mají vestavěný dálkoměr, tzv. totální stanice).

Dělení dle přesnosti:

- a) Minutové teodolity – nejmenší dílek stupnice je 1 nebo 2 minuty (šedesátinné nebo setinné).
- b) Vteřinové teodolity – nejmenší dílek je 1 nebo 2 vteřiny (šedesátinné nebo setinné).
- c) Triangulační teodolity – nejpřesnější, lze číst desetiny vteřiny.

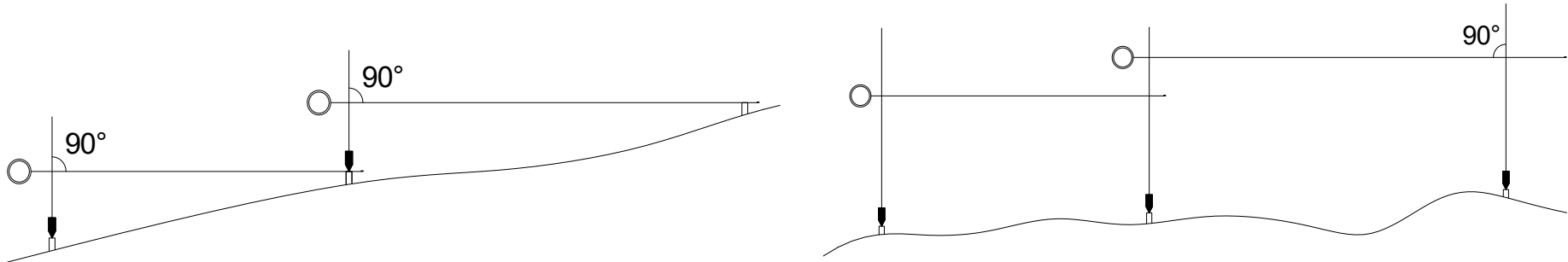


Elektronické teodolity, totální stanice

- Napájeny proudem z vestavěných nebo externích baterií.
- Měřené hodnoty se zobrazují v digitální formě na displeji.
- Přesnější přístroje mají vestavěný kompenzátor polohy osy V.
- Oprava indexové chyby může být zaváděna do měřených hodnot automaticky.
- 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 popisných nebo číselných informací.
- Některé přístroje jsou motorizované a umožňují samočinné cílení přístroje.
- Elektronické teodolity mají často vestavěný elektronický dálkoměr a obsahují geodetický software. Tento typ přístroje se nazývá totální stanice.
- Výrobci: Leica, Topcon, Trimble, ...

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 Δ_M , který je dle metodického návodu pro tvorbu Základní mapy ČSSR:

- Přesnost délek měřených pásmem je přibližně 3 cm na 100 m $\Delta_M = 0,012 \cdot \sqrt{s}$

Kalibrační list pásma



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 pásma 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 8322-2/1994 – 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 může být rozšiřován v celkovém počtu stran beze změn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoři, která dokument vystavila.

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 pásma 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.

Pásma vyhovuje ustanovení ČSN 251105 pro přesnost měřicích pásem.

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



Ing. J. Lechner, CSc.
vedoucí KL

Elektrooptické měření délek

- Při elektrooptickém měření délek se jako prostředek měření využívá elektromagnetické záření (EMZ).
- Na jednom konci měřené délky je vysílač EMZ, na druhém odražeč (vrací signál zpět).

- Odražeč:

- Koutový hranol
- Libovolný difúzní povrch

- Princip určení vzdálenosti:

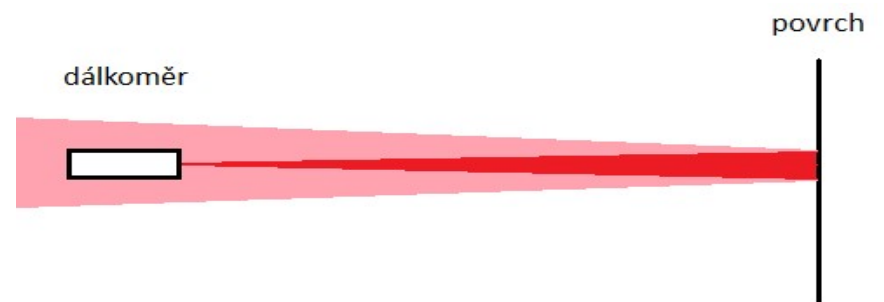
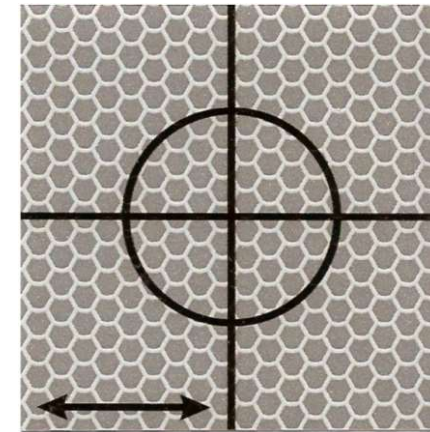
- Vyhodnocení fáze nebo frekvence modulovaného EMZ
- Měření tranzitního času EMZ

- Dálkoměr měří šikmou délku – délku přímé spojnice dálkoměr – hranol

- Přesnost: X (konstantní) + $Y * D$ ppm (proměnná) „**p**ico **p**er **m**ilion“

(3mm + 2ppm*D = 7mm/2km)

- Signál diverguje (rozbíhá se)



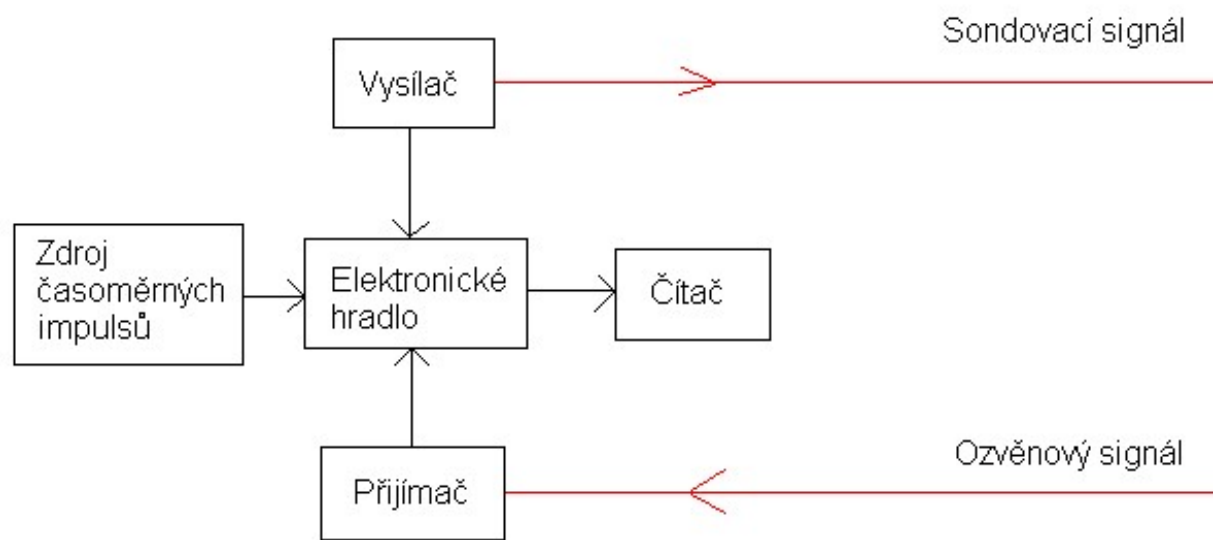
Dálkoměr měřící tranzitní čas

Dálkoměr vyšle záření, při jeho návratu určí dobu t , za kterou záření absolvovalo vzdálenost rovnou dvojnásobku měřené délky (tam a zpět).

$$2D = v \cdot t \Rightarrow D = \frac{v \cdot t}{2}$$

v... rychlost elektromagnetického záření v daném prostředí

Vysoké nároky na přesnost měření času, 1 milimetr vzdálenosti urazí světlo ve vakuu za 3,3 ps, vzdálenost 10 km za 33 ms.



Korekce a redukce měřených délek

Měřené délky je třeba opravit tak, aby vyhovovaly požadovanému účelu. U elektronicky měřených délek je nutné zavést fyzikální korekce, které postihují vliv změn prostředí (atmosféry) na měření, pro použití v souřadnicových výpočtech je poté třeba aplikovat ještě matematické korekce.

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 (v ČR je to JT SK)

Vliv nadmořské výšky na měřenou délku

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

$$d_0 = d - \Delta d$$

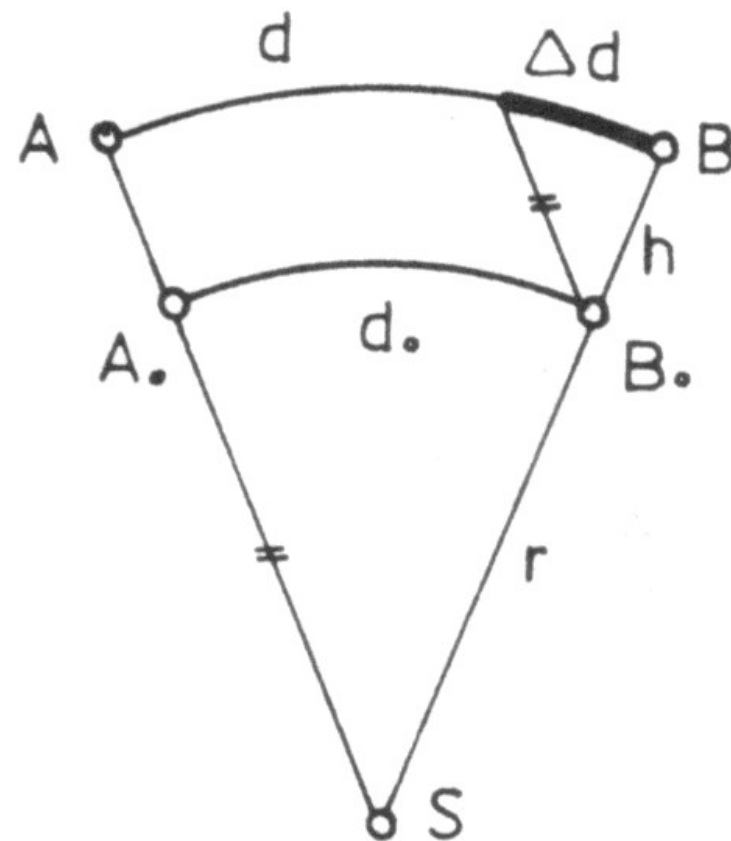
$$\frac{\Delta d}{h} = \frac{d}{(r+h)}$$

$$\Delta d = d \cdot \frac{h}{(r+h)} \cong d \cdot \frac{h}{r}$$

r ... poloměr referenční koule (6380 km)

h ... nadmořská výška

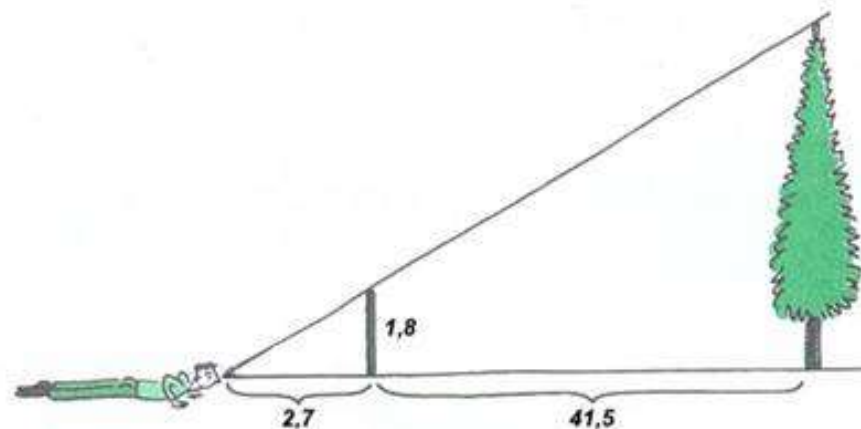
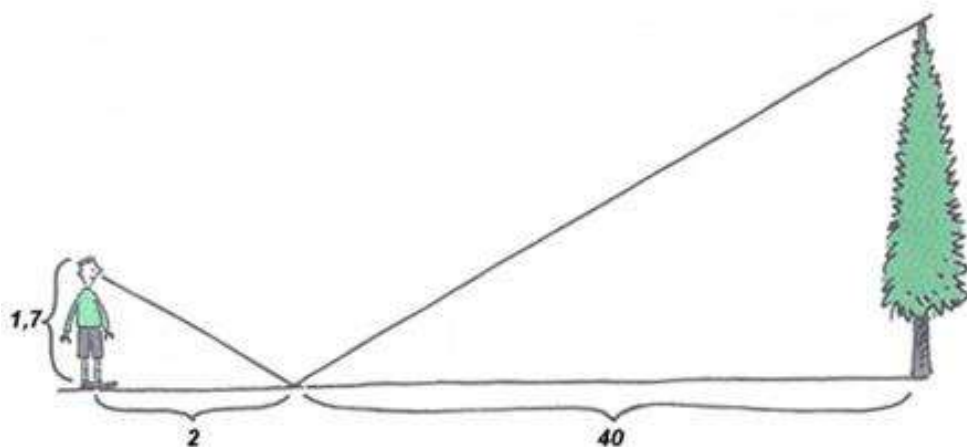
$$d_0 = d \cdot \frac{R}{R + H}$$



Metody určování převýšení

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

Nejpoužívanější metodou pro přesná měření je **geometrická nivelace** a **trigonometrická metoda**, ostatní metody jsou metodami doplňkovými, jejichž použití je omezeno přesností nebo přístrojovým vybavením.



Barometrická nivelace

- Metoda je založena na poklesu atmosférického tlaku při rostoucí nadmořské výšce. Změnou výšky přibližně o 11 m klesne tlak přibližně o 1 mm Hg (1 Tor; 4/3 mbar).
- Princip metody spočívá na měření barometrického tlaku vzduchu, který je vyvolán tíhou zemské atmosféry.
- Výškový rozdíl dvou bodů se určí v závislosti na měřeném rozdílu barometrických tlaků.

Babinetův vzorec (tlak b v torr, teplota t ve °C):
$$\Delta V = 8019 \frac{b_1 - b_2}{b} (1 + 0,00367 \cdot t),$$

Přesnost metody 1 m až 3 m, výhodná pro rychlost při určování velkých výškových rozdílů.

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2}, t = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Se dvěma přístroji - aneroid (barometr) zůstává celou dobu měření na výchozím bodě o známé nadmořské výšce a v pravidelném intervalu je měřen atmosférický tlak a teplota. Druhý aneroid se na výchozím bodě porovná s prvním a pak se s ním postupně obchází body, jejichž výšku je třeba určit (měří se tlak, teplota, čas).

S jedním přístrojem - postupně se změří tlak a teplota na výchozím bodě a všech určovaných. Méně přesné.

Hydrostatická nivelace

Princip metody vychází z fyzikálního zákona o spojitých nádobách naplněných vhodnou kapalinou. Nádoby, které jsou spojeny hadicí, se umístí na body, jejichž převýšení chceme určit. Pro kapalinu platí Bernoulliho rovnice rovnováhy:

$$p_1 + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

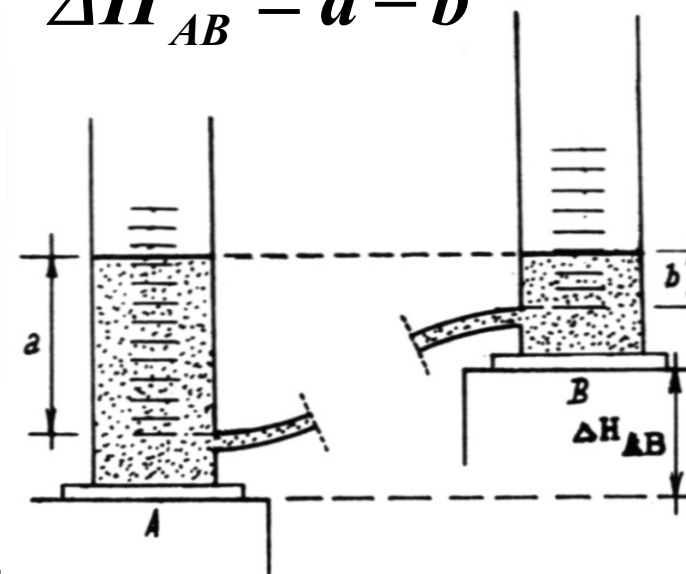
kde p_1, p_2 jsou atmosférické tlaky v nádobách,

ρ_1, ρ_2 jsou hustoty kapalin,

h_1, h_2 jsou relativní výšky kapaliny v nádobách,

g je tíhové zrychlení.

$$\Delta H_{AB} = a - b$$



Pokud $p_1 = p_2$ a $\rho_1 = \rho_2$, bude výška hladin tvořit společnou horizontální plošinu.

Hadicová vodováha je nejjednodušším přístrojem pro hydrostatickou nivelaci, používaná ve stavebnictví pro přenášení výšek zejména v interiérech (např. pro zarovnání hlavic sloupů).

Její přesnost je asi 3 – 5 mm, dosah podle délky hadice (většinou cca 10 m), používá se pro malé výškové rozdíly (řádově centimetry).

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 (viz. přednáška 7).

Na bodě A se známou výškou H_A je teodolitem, jehož výška v_p je změřena např. skládacím dvoumetrem, změřen zenitový úhel z na cíl, který je postaven na bodě B a má výšku v_c . Vzdálenost mezi body A a B je možno určit :

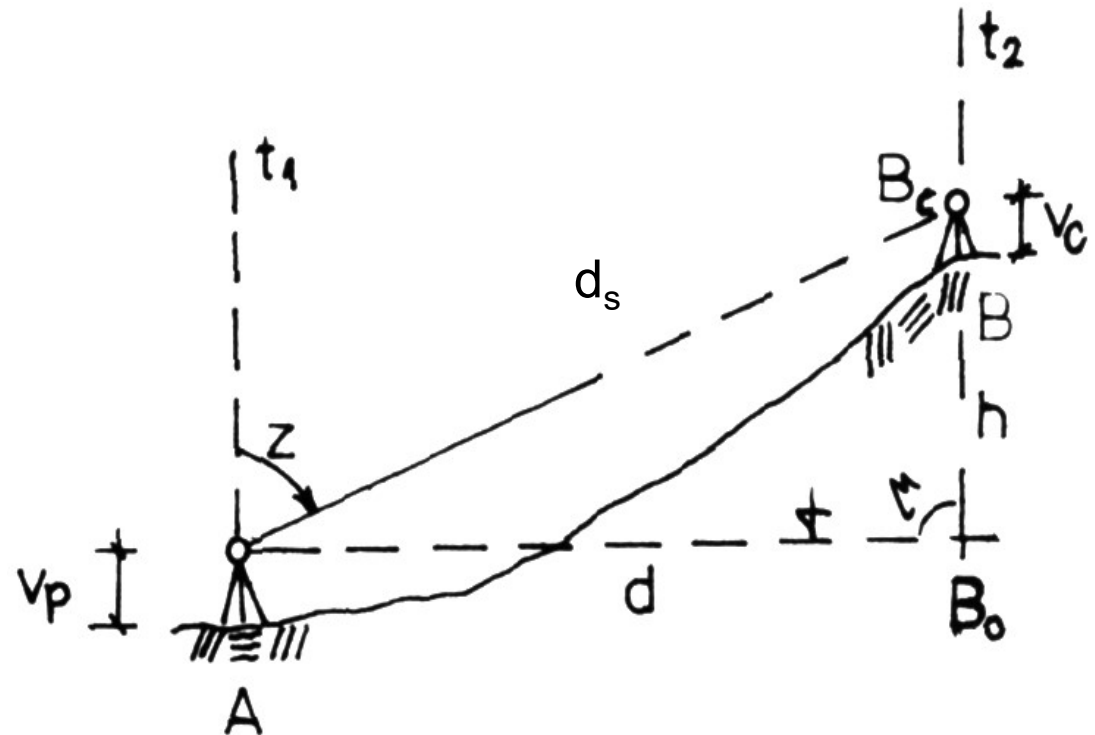
➤ Přímým měřením šikmé vzdálenosti

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

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

Pro ryskový dálkoměr:

$$h = k \cdot l \cdot \sin z \cdot \cos z$$



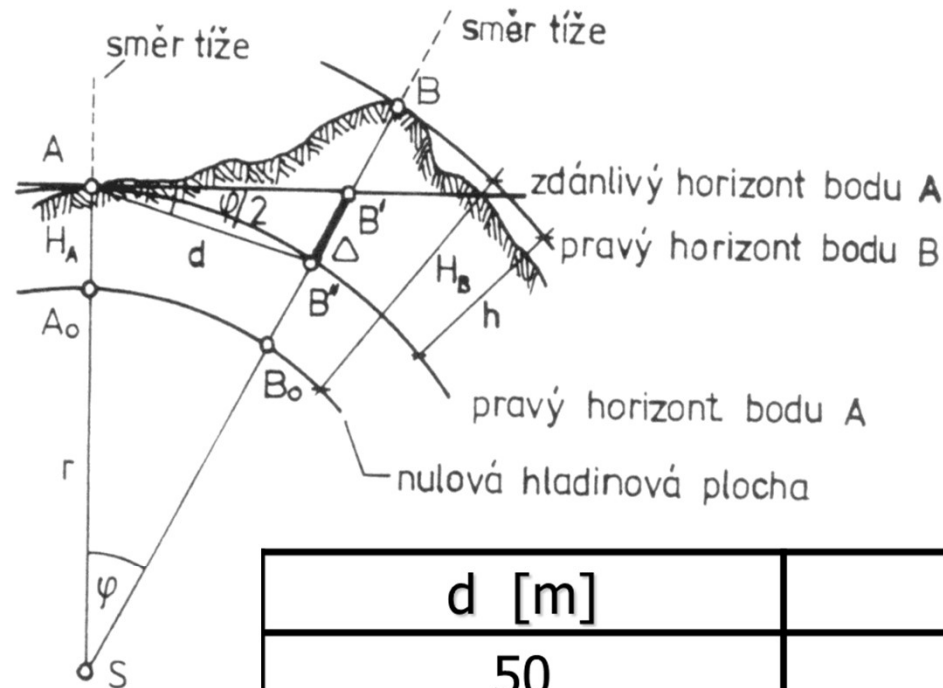
Použití trigonometrické metody

Trigonometrická metoda (pokud dostačuje přesností) je výhodná v členitém terénu. **Ale při použití na vzdálenosti větší než 300 m je třeba zavádět opravu ze zakřivení Země.**

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

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

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



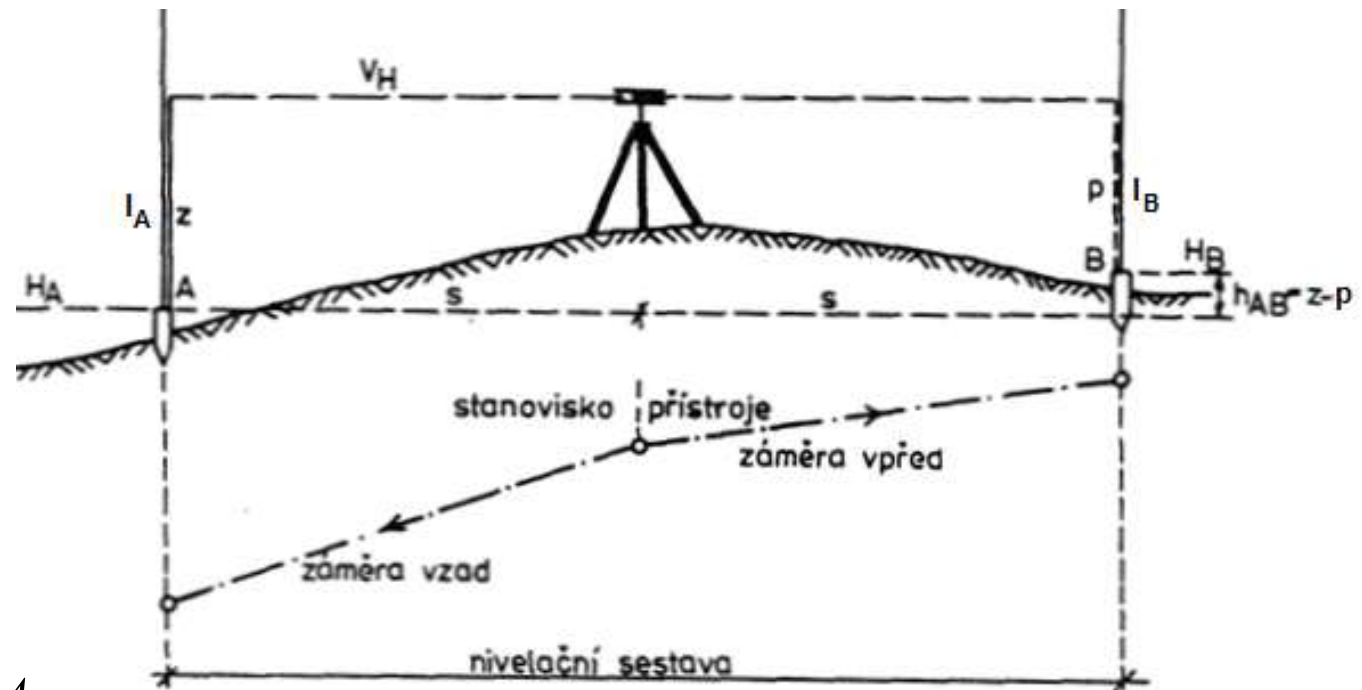
d [m]	Δ [mm]
50	0
100	1
250	5
350	10
1000	78
5000	1959

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



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

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

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

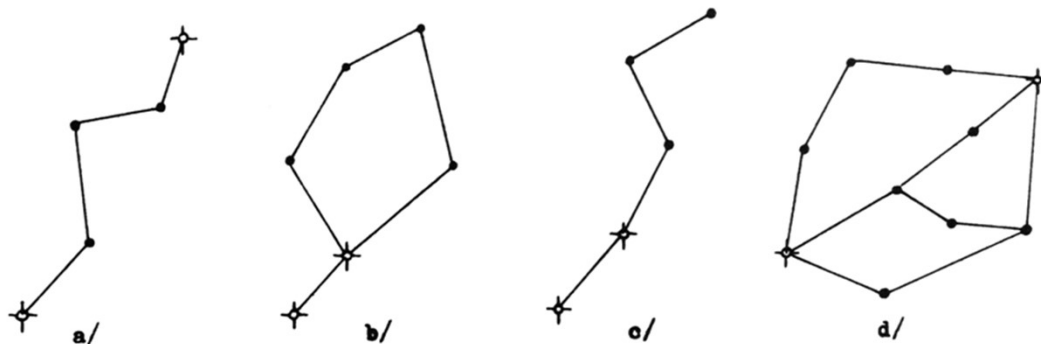
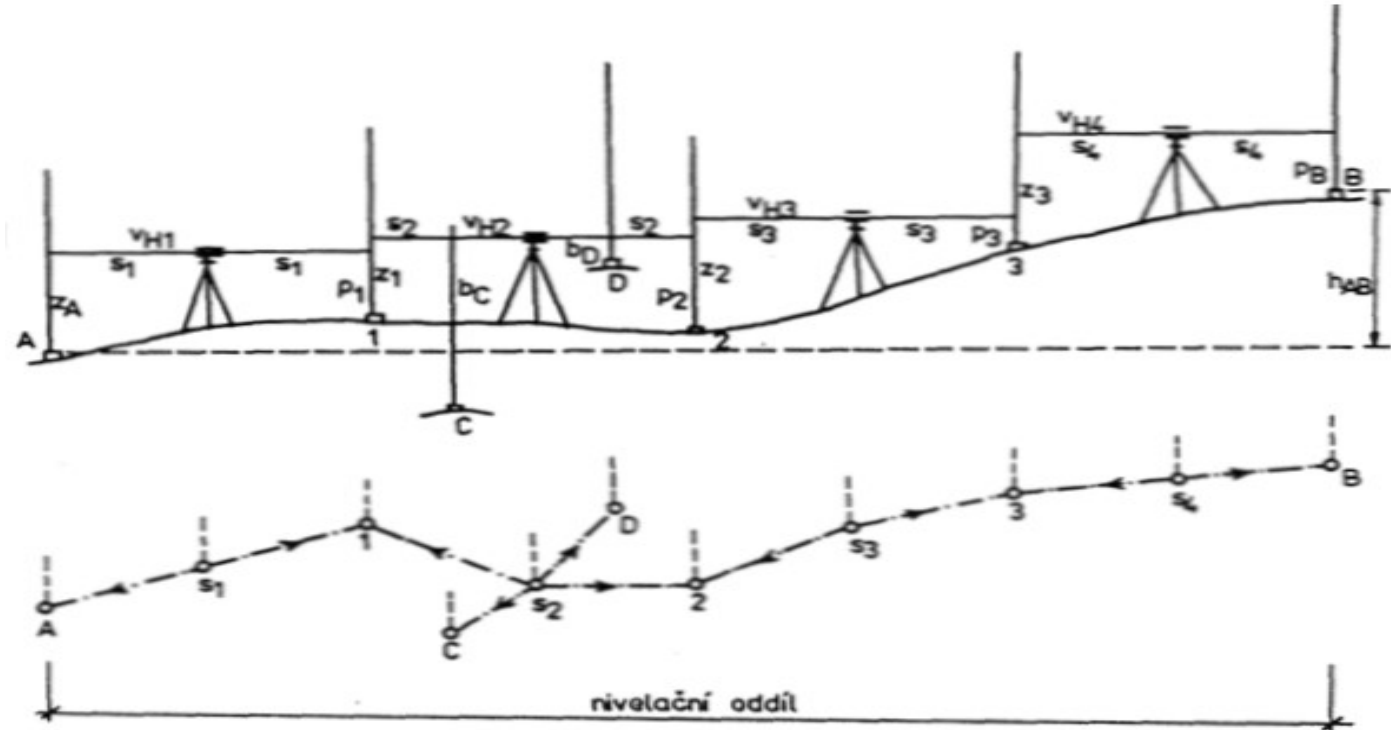
Geometrická nivelace

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

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

Nivelační pořady:

- Vložené
- Uzavřené
- Volné
- Plošné



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

Nivelační příslušenství



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).

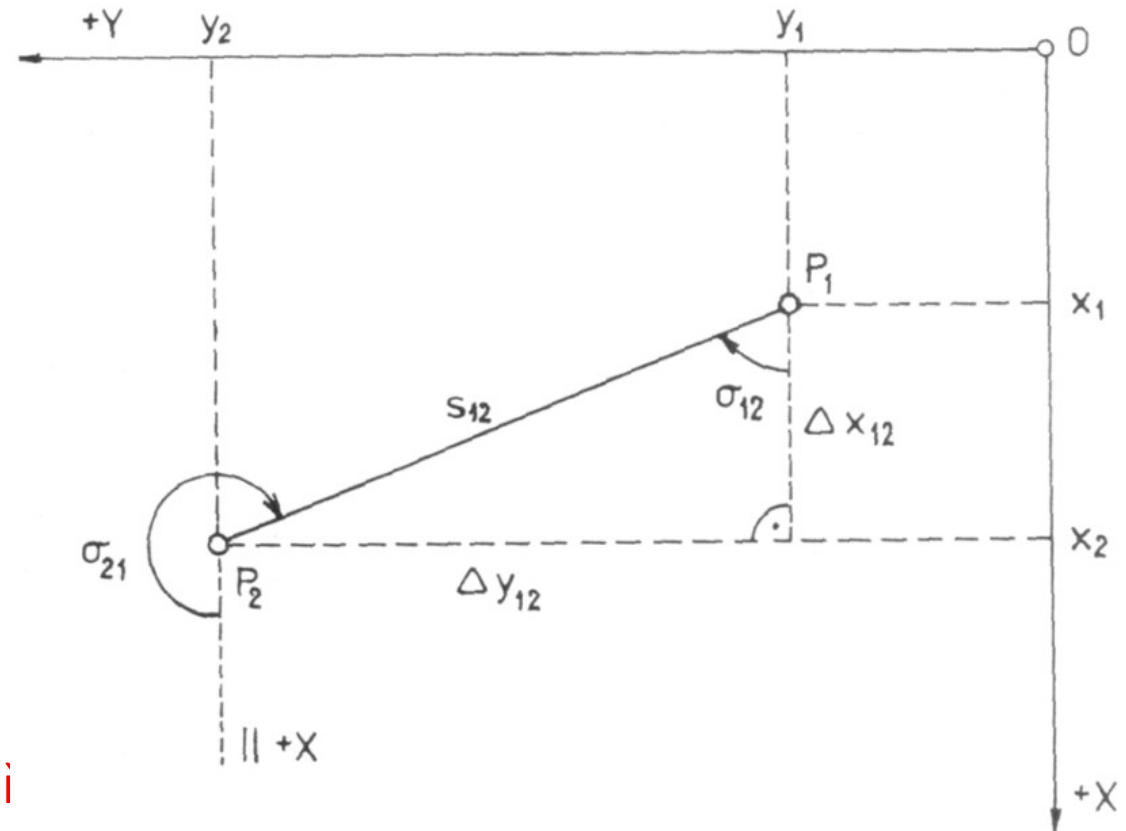
Souřadnicový rozdíl:

$$\Delta X_{12} = X_2 - X_1$$

$$\Delta Y_{12} = Y_2 - Y_1$$

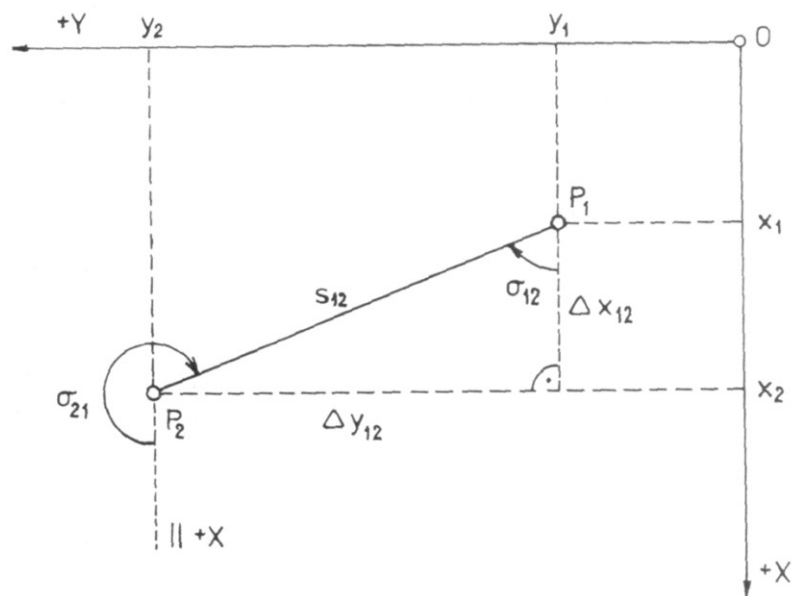
$$\Delta X_{21} = X_1 - X_2$$

$$\Delta Y_{21} = Y_1 - Y_2$$



Výpočty se odehrávají v rovině, pi
redukovat z nadmořské výšky a kartografickeno zobrazení !!!

Směrník a délka



$$\sigma_{12} = \sigma_{21} \pm 180^\circ = \sigma_{21} \pm 200\text{gon}$$

$$\Delta y_{12} = y_2 - y_1; \quad \Delta x_{12} = x_2 - x_1$$

Výpočet směrníku a délky (1. geodetická úloha)

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}} = \frac{\sin \sigma_{12}}{\cos \sigma_{12}}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}$$

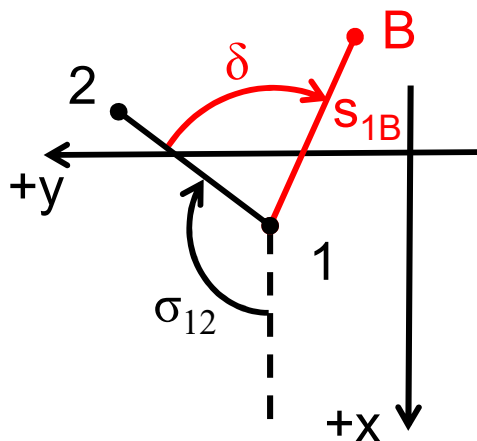
$$s = \frac{\Delta y}{\sin \sigma} = \frac{\Delta x}{\cos \sigma} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

	I	II	III	IV
Δy (sin)	+	+	-	-
Δx (cos)	+	-	-	+
σ	α	$2R - \alpha$	$2R + \alpha$	$4R - \alpha$

Výpočet souřadnic druhého bodu (2. geodetická úloha)

$$y_2 = y_1 + s_{12} \sin \sigma_{12}; \quad x_2 = x_1 + s_{12} \cos \sigma_{12}$$

Polární metoda



Dáno:

	y [m]	x [m]
1	+200,00	+100,00
2	+400,00	-50,00

Měřeno:

$$\delta = 90,1111 \text{ gon}$$

$$s_{1B} = 300,00 \text{ m}$$

Určit:

$$y_B = ? \text{ m}$$

$$x_B = ? \text{ m}$$

Řešení:

$$\Delta y_{12} = y_2 - y_1 = +200,00 \text{ m}; \quad \Delta x_{12} = x_2 - x_1 = -150,00 \text{ m}$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|} = \operatorname{arctg} \frac{200,00}{150,00} = 59,0334 \text{ gon}$$

Dle znamének Δy_{12} a Δx_{12} \rightarrow II. kvadrant $\rightarrow \sigma_{12} = 140,9666 \text{ gon}$

$$\text{Kontrola: } \operatorname{tg}(\sigma_{12} + 50 \text{ gon}) = \frac{\Delta x_{12} + \Delta y_{12}}{\Delta x_{12} - \Delta y_{12}} = \frac{+50}{-350} = -0,142857$$

$$\sigma_{1B} = \sigma_{12} + \delta = 231,0777 \text{ gon}$$

$$y_B = y_1 + s_{1B} \sin \sigma_{1B} = 200 \text{ m} - 140,70 \text{ m} = 59,30 \text{ m}$$

$$x_B = x_1 + s_{1B} \cos \sigma_{1B} = 100 \text{ m} - 264,96 \text{ m} = -164,96 \text{ m}$$

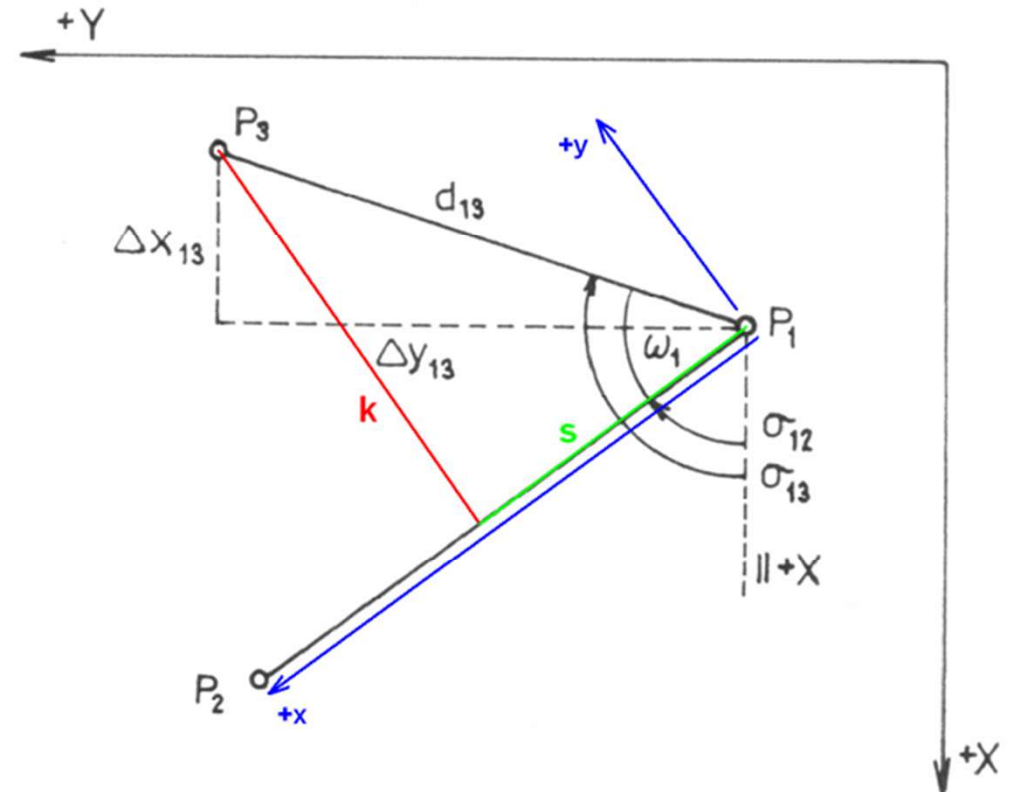
Ortogonalní metoda

- Dány souřadnice bodů měřické přímky P_1 a P_2 , staničení (s) a kolmice (k)
- Orientace měřické přímky udává znaménko staničení a kolmice podobně jako orientace S-JTSK

- $\text{tg } \omega_1 = \frac{\text{kolmice}}{\text{staničení}}$

- $d_{13} = \sqrt{\text{staničení}^2 + \text{kolmice}^2}$

- Výpočet polární metody



Prostorová polární metoda

Měří se vodorovný úhel od dalšího známého bodu O = orientace. Ze směrníku σ_{SO} (vypočte se ze známých souřadnic) a měřeného vodorovného úhlu ω se vypočítá směrník σ_{SP} . V obrázku je délka značena s_{SP} a je již přepočtena na vodorovnou $s_{SP} = d_{SP} \cdot \sin(z)$.

Potom se poloha bodu P vypočte:

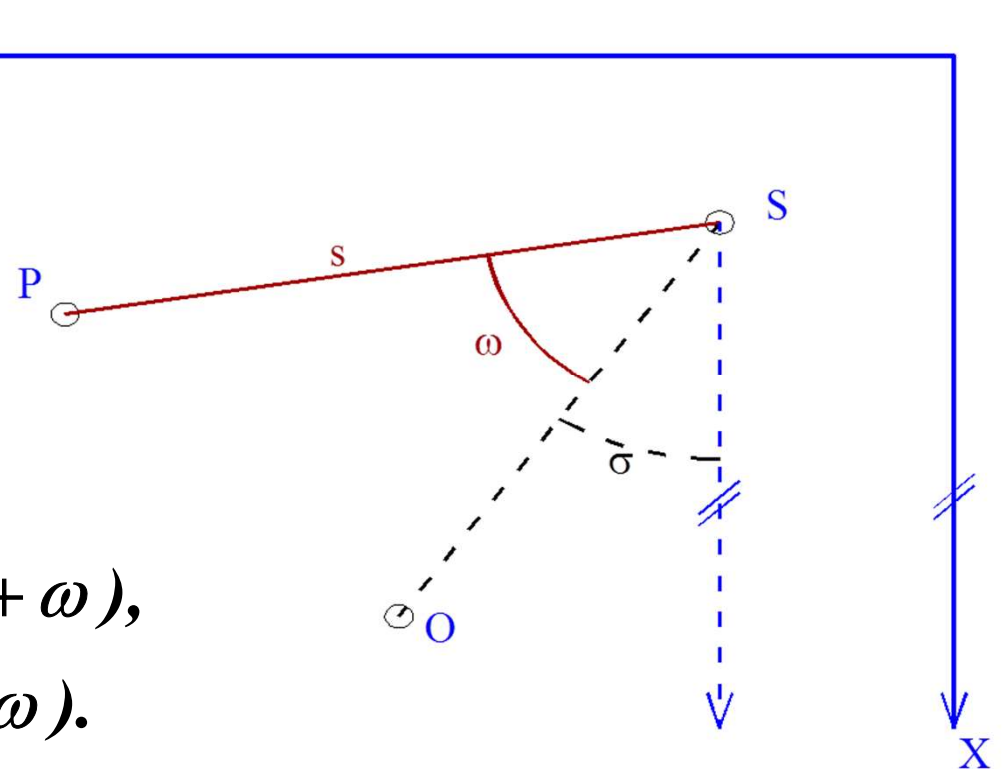
$$X_P = X_S + s_{SP} \cdot \cos(\sigma_{SO} + \omega)$$

$$Y_P = Y_S + s_{SP} \cdot \sin(\sigma_{SO} + \omega)$$

Celé vzorce prostorové polární metody:

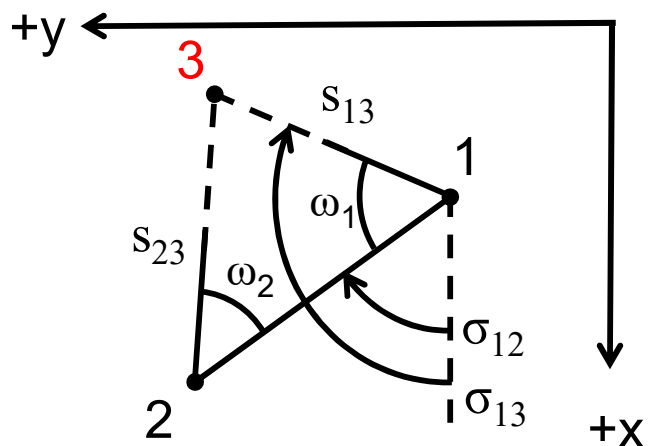
$$X_P = X_S + d_{SP} \cdot \sin(z) \cdot \cos(\sigma_{SO} + \omega),$$

$$Y_P = Y_S + d_{SP} \cdot \sin(z) \cdot \sin(\sigma_{SO} + \omega).$$



X_S, Y_S ... souřadnice stanoviska, d_{SP} ... měřená šikmá délka, z ... zenitový úhel
 σ_{SO} ... vypočtený směrník, ω ... měřený vrcholový úhel

Protínání vpřed (úhly, délky)



Určit:

$$y_3 = ? \text{ m}$$

$$x_3 = ? \text{ m}$$

Určení souřadnic bodu 3
výpočtem rajonu z bodu 1.

Kontrola výpočtem z bodu 2.

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

Protínání z úhlů

Dáno:

$$1 = [y_1; x_1]$$

$$2 = [y_2; x_2]$$

Měřeno:

$$\omega_1; \omega_2$$

Řešení: (Převedení na rajón)

$$s_{13} = s_{12} \frac{\sin \omega_2}{\sin(\omega_1 + \omega_2)}; \quad \sigma_{13} = \sigma_{12} + \omega_1$$

$$s_{23} = s_{12} \cdot \frac{\sin(\omega_1)}{\sin(\omega_1 + \omega_2)}$$

Protínání z délek

Dáno:

$$1 = [y_1; x_1]$$

$$2 = [y_2; x_2]$$

Měřeno:

$$s_{13}; s_{23}$$

Řešení: (Převedení na rajón)

$$\cos(\omega_1) = \frac{s_{13}^2 + s_{12}^2 - s_{23}^2}{2 \cdot s_{13} \cdot s_{12}}$$

$$\cos(\omega_2) = \frac{s_{23}^2 + s_{12}^2 - s_{13}^2}{2 \cdot s_{23} \cdot s_{12}}$$

Polygonové pořady

- Současné určení souřadnic více bodů
- Měří se délky všech stran a levostranné vrcholové úhly na všech bodech

Rozdělení:

- jednostranně/oboustranně připojený či nepřipojený
- jednostranně/oboustranně orientovaný či neorientovaný

Typy:

- Vetknutý (oboustranně připojený, neorientovaný)
- Uzavřený (začíná a končí na stejném bodě)
- Volný (jednostranně připojený a orientovaný)

Jednostranně připojený a orientovaný (volný)

= vícenásobný rajón

Dáno:

$$A = [y_A; x_A]$$

$$B = [y_B; x_B]$$

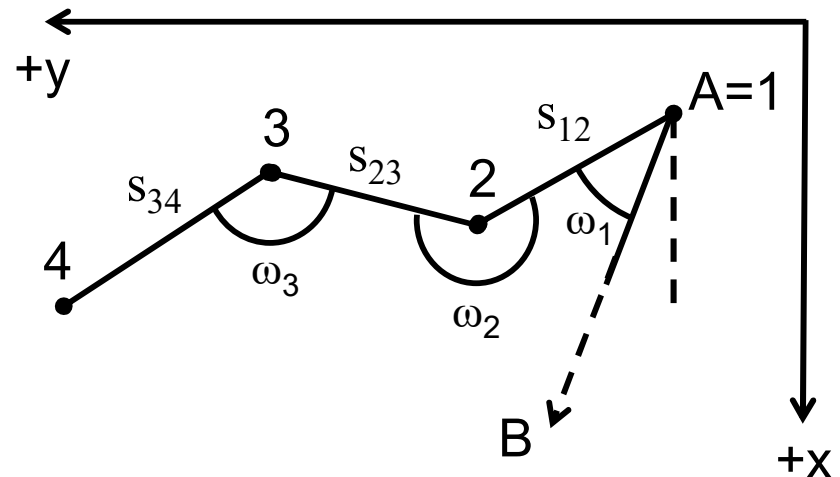
Určit:

souřadnice bodů 2, 3, 4

Měřeno:

$$\omega_1; \omega_2; \omega_3$$

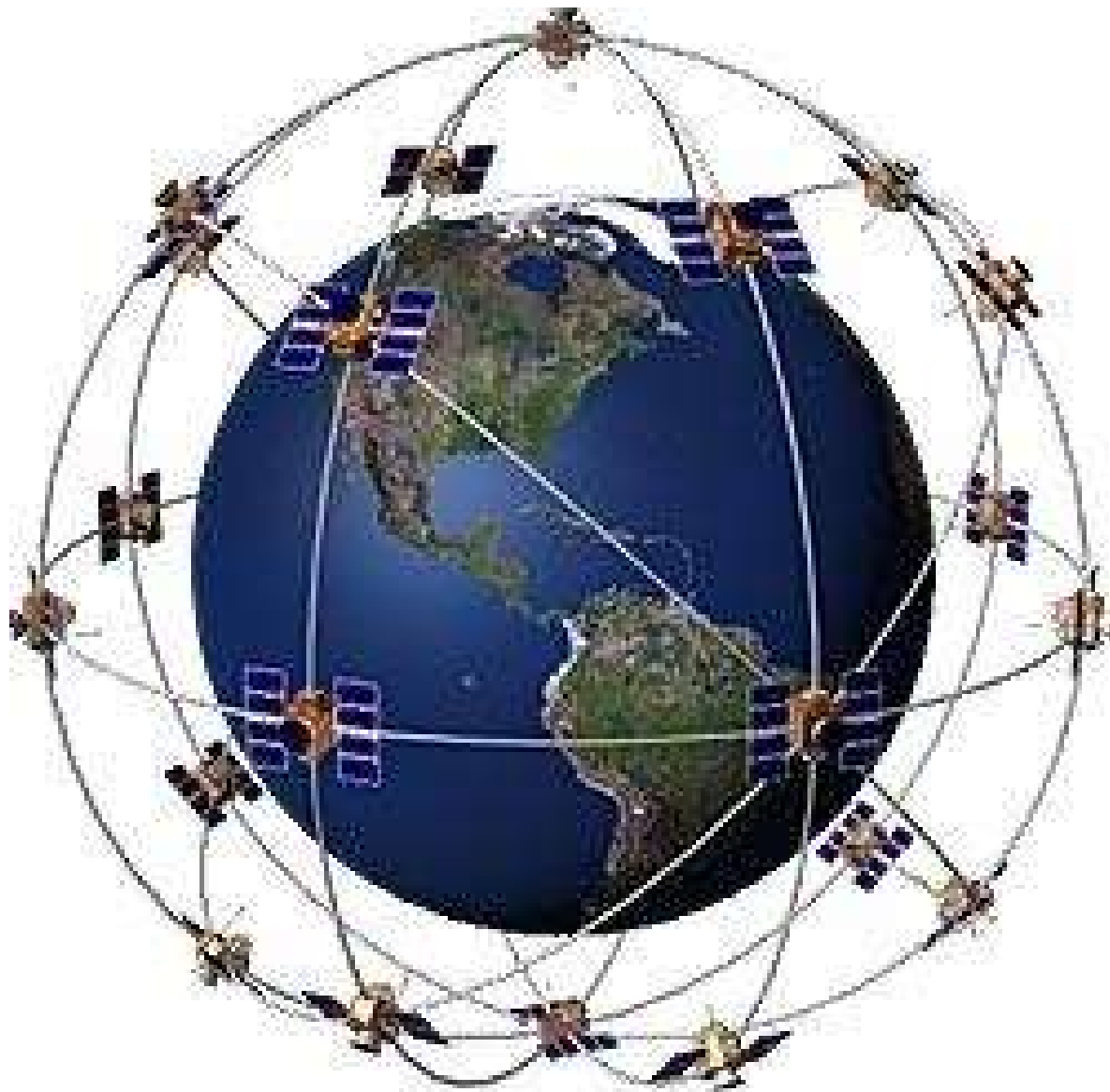
$$s_{12}; s_{23}; s_{34}$$



Globální navigační satelitní systémy (GNSS)

- automobilová navigace „GPSka“ včetně mapových podkladů, případně jako součást mobilního telefonu či tabletu.
- vytvořené v sedmdesátých letech minulého století (1973)
- Primárně systém NAVSTAR GPS (viz. dále) vytvořen armádou USA pro vojenské účely
- Uplatňují se při geodetických měřeních.
- Technologie správně funguje pouze za dodržení konkrétních podmínek !!!
- dálkoměrný systém, tj. družice vysílají navigační zprávu, kde uvádějí (kromě jiného) své označení, polohu a čas vyslání.
- Přijímač, jehož poloha je určována, musí přijmout tyto signály alespoň od čtyř různých družic. (v principu jen 3, oprava hodin přijímače)
- Pro každou z družic lze z rozdílu času vyslání signálu družicí a přijetí signálu přijímačem vypočítat jejich vzájemnou vzdálenost, což ve spojení se znalostí polohy družice tvoří kulovou plochu. V průsečíku kulových ploch se nachází přijímač, resp. lze takto určit jeho souřadnice X, Y, Z.

Družice



GNSS – zpracování dat

Zpracování dat

- Navigační (průsečík kulových ploch bez oprav, přesnost 5m – 10 m)
- Diferenční (jeden přijímač na bodě určuje opravy zaváděné do měření)
- Geodetické (dva přijímače určují vektor, korekce z referenčních stanic)

Diferenční měření

- DGPS (diferenční GPS, lépe by mělo být DGNSS)
- jeden přijímač je umístěn na bodě o známých souřadnicích a stále měří
- určené rozdíly se jako opravy zavádějí do měření na bodech o neznámých souřadnicích.
- radiově vysílané korekce (WAAS, EGNOS apod.; v ČR placené CZEPOS)
- přesnost až cca 1 m v poloze
- využívá se zejména pro potřeby měření v oblasti GIS.

Geodetické zpracování dat (RTK a statická metoda)

- Využití dalších údajů z radiových signálů (přesná fázová měření)
- Současné měření nejméně dvou speciálních geodetických přístrojů (vektor)
- Síť referenčních stanic (přijímače na známých bodech)
- Data korekcí na internetu za úplatu – CZEPOS, VRS Now, TOPnet

Segmenty GNSS

