



Lesnická
a dřevařská
fakulta

2012, Brno
Ing. Tomáš Mikita, Ph.D.

Mendelova
univerzita
v Brně

Geodézie a pozemková evidence

Přednáška č.5 – Metody výškového měření,
měření vzdáleností, měřické přístroje



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

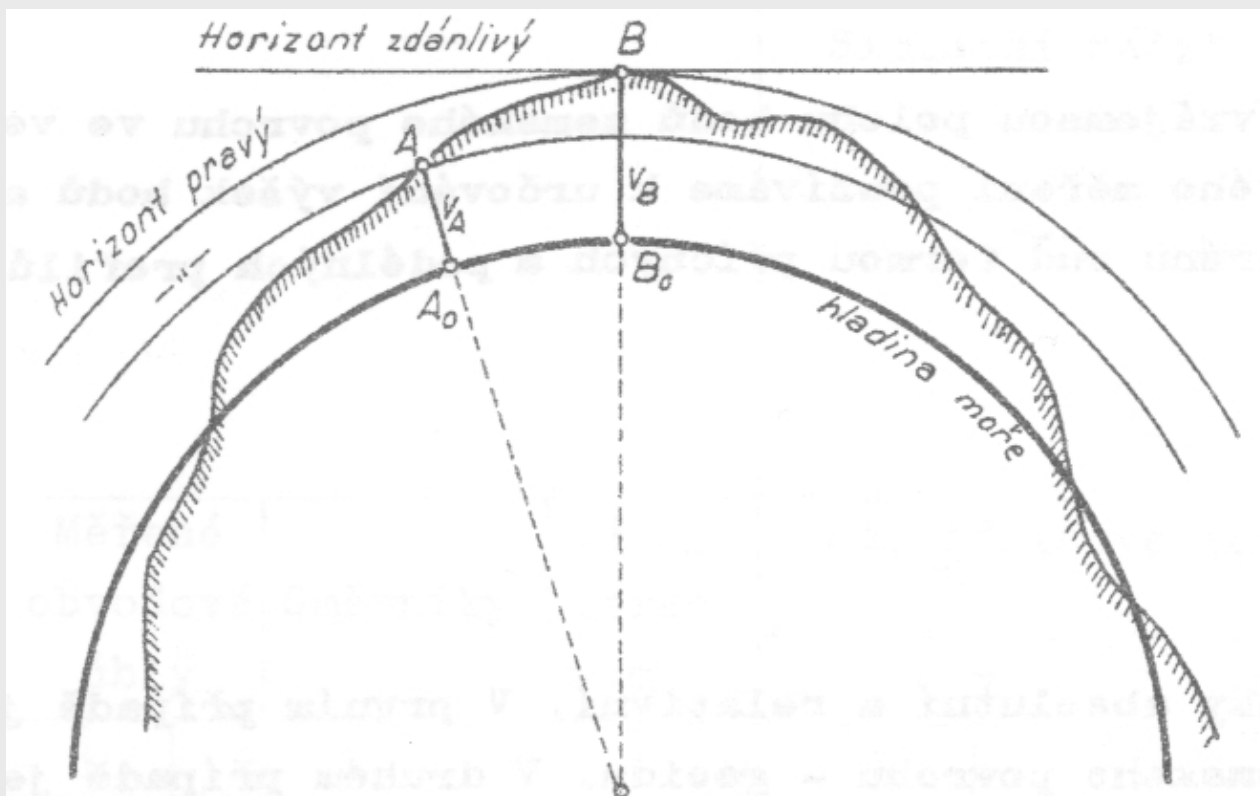
Podpořeno projektem Průřezová inovace studijních programů Lesnické a dřevařské fakulty MENDELU v Brně (LDF) s ohledem na discipliny společného základu (reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0021) za přispění finančních prostředků EU a státního rozpočtu České republiky.

- Výškovým měřením určujeme vzájemnou polohu bodů zemského povrchu ve vertikálním směru.
- Výsledků výškového měření používáme k určování výšek bodů a pro znázorňování konfigurace terénu buď formou příčných a podélných profilů nebo formou výškopisných plánů.

- V geodézii definujeme výšky absolutní a relativní. Absolutní výšky jsou vztaženy přímo k tvaru zemského povrchu – geoidu. Relativní výška je definována jako vzdálenost dvou hladinových ploch rovnoběžných s geoidem, proložených danými body.
- *Geoid* – definujeme jako plochu v každém místě kolmou ke směru zemské tíže. Plochou geoidu je přímo hladina moří.
- *Horizont* – plocha rovnoběžná s geoidem (např. hladinové plochy stojatých vod)
 - *horizont pravý* – hladinová plocha procházející bodem na zemském povrchu nebo horizontem přístroje (každá plocha rovnoběžná s geoidem)
 - *horizont zdánlivý* – rovina kolmá na směr zemské tíže v daném bodě, horizontální rovina a zároveň tečná rovina k horizontu pravému

Zdánlivý horizont

- Zdánlivý horizont zobrazujeme vodorovnou záměrnou rovinou vytyčenou nivelačním přístrojem. Ve skutečnosti se tato vodorovná plocha vlivem nestejně hustoty prostředí, kterým záměrné pasprsky procházejí, ohýbá k zemi (vlivem refrakce). Tento deformovaný zdánlivý horizont proto nazýváme horizont přístrojový.



- *Absolutní výška* - vertikální vzdálenost výškových bodů od hladinové plochy. Základní hladinová plocha je vedena určitým zvoleným bodem (nulový bod), kterým obyčejně bývá střední hladina některého z moří.
- Výškové měření bývalého Rakousko Uherského státu bylo vztaženo k hladině Jaderského moře (nulový bod je umístěn na molu bývalé finanční stráže v Terstu) a bylo převzato prvním československým státem. Po roce 1945 byl zaveden nový výškový systém Baltský, jehož základní hladinovou plochou je Baltské moře (základní bod v Kronštadtu)
- *Relativní výška* – výška bodu, vztažená k hladinové ploše vedené vhodně zvoleným výškovým bodem. Relativní výšky definujeme jako výškový rozdíl dvou bodů. Mezi absolutními výškami V_A a V_B a relativní výškou bodů V_{AB} platí vztah:

$$V_{AB} = V_B - V_A$$

- Absolutní výšky nelze měřit, měříme pouze výškové rozdíly, za předpokladu že známe výšku jednoho bodu, můžeme pak pomocí relativní výšky spočítat absolutní výšku bodu druhého.

$$V_A = V_B - V_{AB} \quad V_B = V_A + V_{AB}$$

- Výškové měření se prakticky omezuje na určování výškových rozdílů dvou bodů, tedy relativních výšek. Relativní výšky lze určovat buď přímo nebo nepřímo.
 - Přímé měření výšek – geometrická nivelace – výškový rozdíl dvou bodů určujeme podle horizontu vytvořeného přístrojem nebo jinou nivelační pomůckou. Obvykle je horizont realizován vodorovným vláknem nitkového kříže niv. přístroje promítnutým do prostoru.
 - Nepřímé měření výšek – určujeme jiné veličiny, pomocí nichž pak výškový rozdíl počítáme (geometrické měření výšek, trigonometrické měření výšek a barometrické měření výšek)

- Mezi nejčastěji používané způsoby přímého měření výšek patří geometrická nivelace. Při tomto způsobu měření využíváme výškového horizontu, vytvořeného vodorovnou záměrnou osou nivelačního přístroje, k měření výškového rozdílu dvou bodů.
- Rozlišujeme:
 - Geometrickou nivelaci kupředu
 - Geometrickou nivelaci ze středu

- Geometrická nivelace kupředu

Máme-li nivelační přístroj postaven na výškovém bodě A, výšku horizontu zjistíme z rovnice:

$$V_H = V_A + i$$

V_A ... výška bodu A

i ... vzdálenost vodorovné záměrné osy od bodu A (výška přístroje)

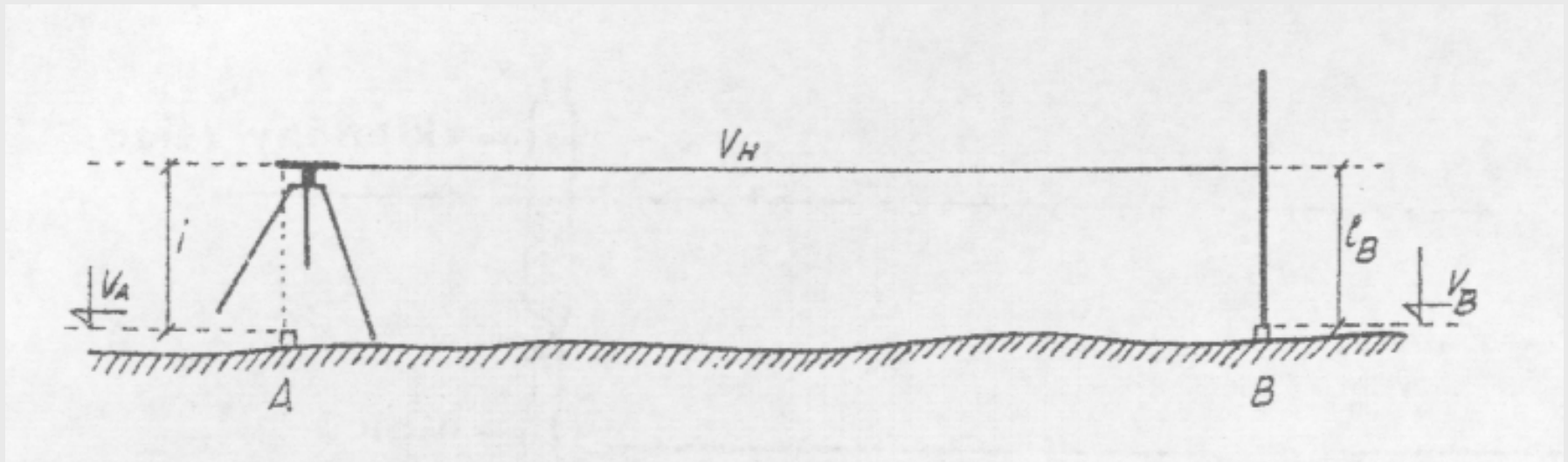
Výšku bodu B zjistíme z rovnice:

$$V_B = V_H - l_B = V_A + i - l_B$$

l_B ... vertikální vzdálenost bodu B od horizontu

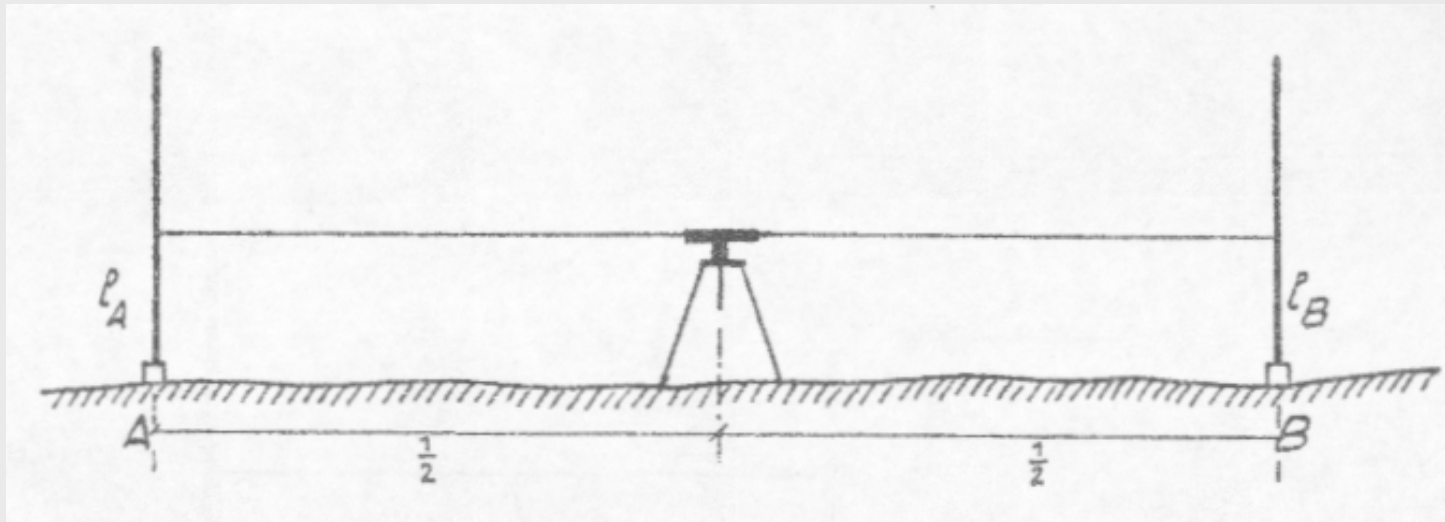
Přímé měření výšek

- Vertikální vzdálenost l_B zjistíme čtením průsečíku vodorovného vlákna nitkového kříže se stupnicí nivelační latě, postavené nulou na bodě B.
- Zdánlivý horizont se vzdálí od pravého horizontu při vzdálenosti 100 m již o 0,8 mm, proto omezujeme délku záměr při nivelaci kupředu na 70 m.
- Nivelaci kupředu nepoužíváme pro přesná výšková měření, pouze při plošné nivelaci a při tachymetrii.



Geometrická nivelace ze středu

- Nejpřesnější metoda výškového měření, jsou jí určeny všechny výškové body ČJNS.
- Nivelační přístroj při této metodě stavíme přibližně do stejné vzdálenosti od obou bodů.



- Výška bodu B je dána rovnicí:
$$V_B = V_A + I_A - I_B$$
- Geometrická nivelace ze středu vylučuje chyby z nerovnoběžnosti osy záměrné s osou libely a chyby ze zakřivení zemského povrchu.

Nivelační pořady

- Pokud délka nebo spád terénu nedovolují zaměřit výškový rozdíl z jednoho stanoviska přístroje, rozdělíme vzdálenost vložení pomocných bodů (body pořadu – tzv. přestavy) na potřebný počet nivelačních sestav.
- Nivelační pořad tvoří záměra vzad (z) a záměra vpřed (p). Přičemž každé měření začíná záměrou vzad (na výškově známý bod).
- Převýšení h (výškový rozdíl) jedné nivelační sestavy určíme z rozdílu čtení vzad a čtení vpřed.

$$h = z - p$$

- Celkový výškový rozdíl h mezi dvěma body A a B se rovná součtu výškových rozdílů jednotlivých sestav.

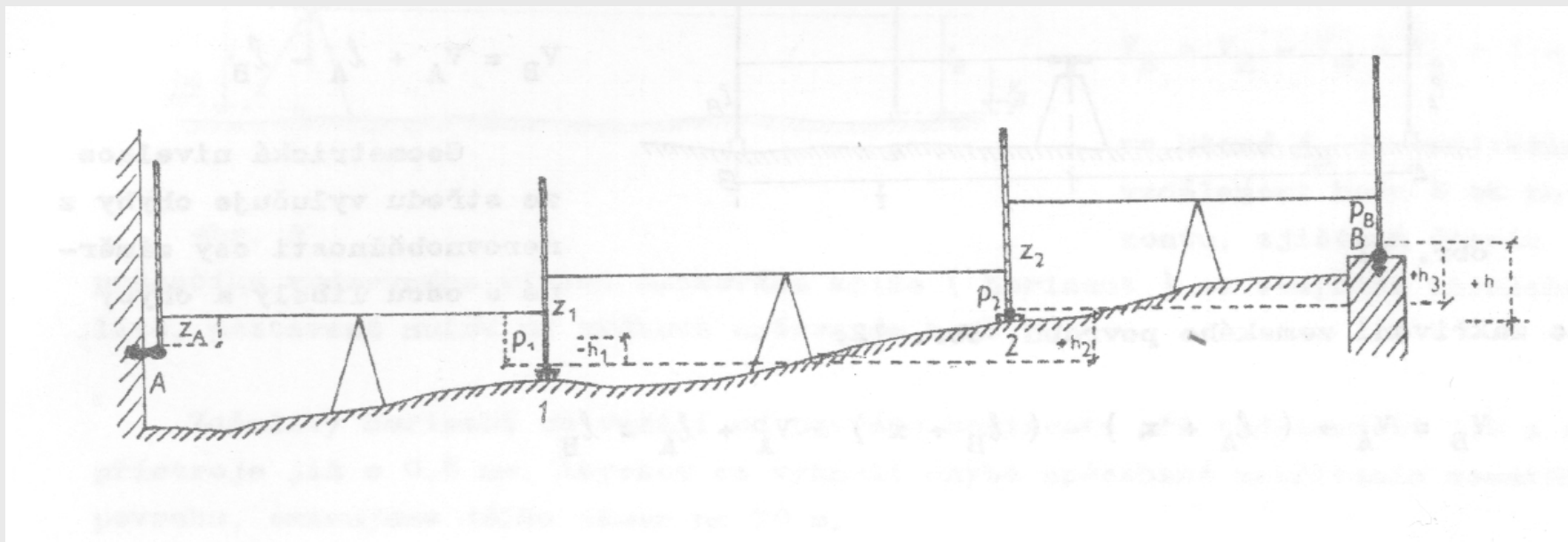
$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

- Výška koncového bodu je dána výrazem $V_B = V_A + h$

Nivelační pořady

- Je-li součet čtení vzad mínus součet čtení vpřed kladný, terén stoupá, je-li záporný, terén klesá.
- Známe-li nadmořskou výšku výchozího bodu, počítáme výšky jednotlivých bodů jako výšky nadmořské (je třeba uvést výškový systém).
- V případě, že chceme zaměřit výšku bodu, který není součástí přestavy, měříme tzv. boční záměrou, výšku bodu určíme odečtením laťového úseku od výšky horizontu přístroje.
- Nivelační pořady měříme metodou geometrické nivelace ze středu. K měření používáme nivelační přístroj, nivelační lať a nivelační podložku. Naměřené údaje zapisujeme do nivelačního zápisníku.

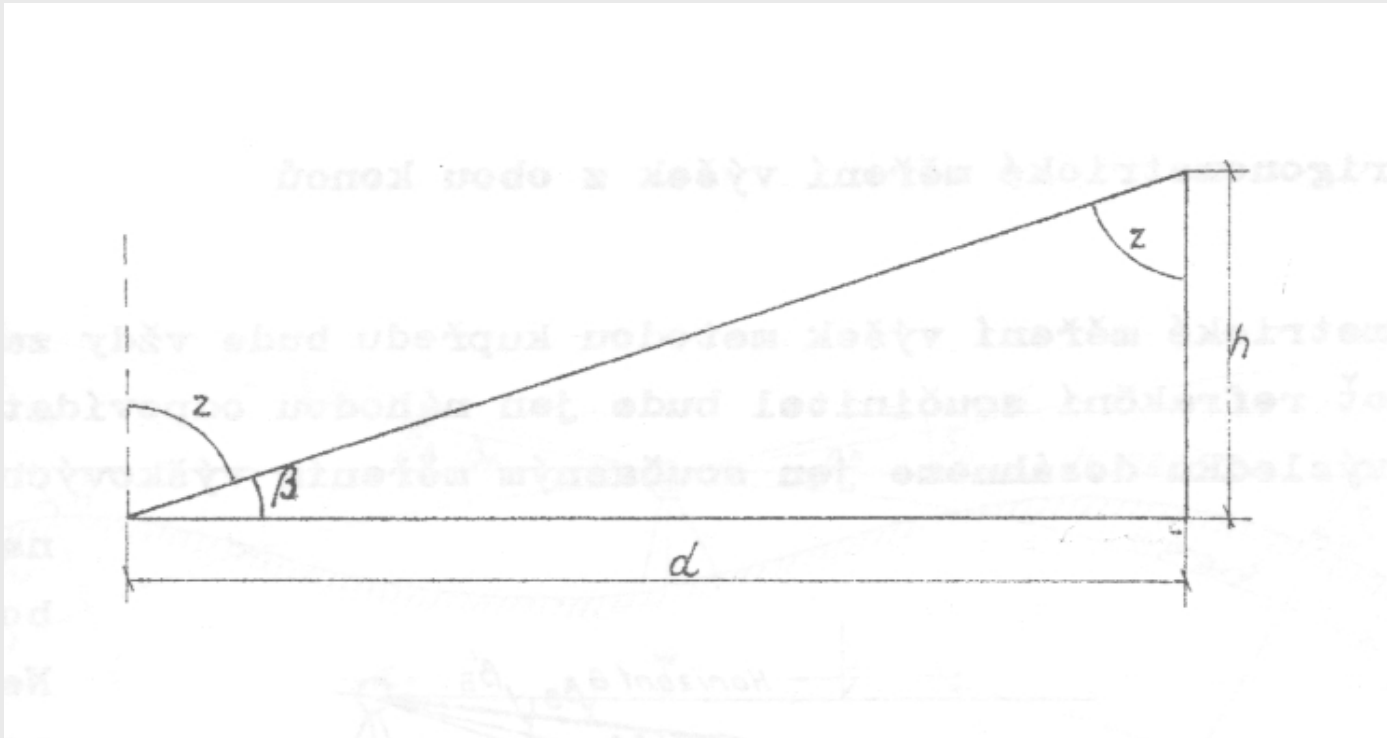
Nivelační pořady



- **Trigonometrické měření výšek**
- **Geometrické měření výšek:**
 - založeno na řešení podobnosti trojúhelníků
 - v lesnické praxi jsou na uvedeném principu konstruovány přístroje na měření výšek stromů.
- **Barometrické měření výšek:**
 - založeno na měření atmosférického tlaku způsobeného vahou ovzduší
 - tlak vzduchu se mění s nadmořskou výškou
 - malá přesnost, ovlivnění řadou dalších činitelů (konfigurace terénu, změna tlaku vlivem větru a teploty aj.)

Trigonometrické měření výšek

- Trigonometrické měření výšek spočívá v řešení pravoúhlého trojúhelníka, ve kterém je dána vodorovná vzdálenost d a výškový úhel β nebo zenitová vzdálenost z .
- Podobně jako u geometrické nivelace, rozlišujeme i zde dvě měřické metody – metodu kupředu a metodu ze středu.



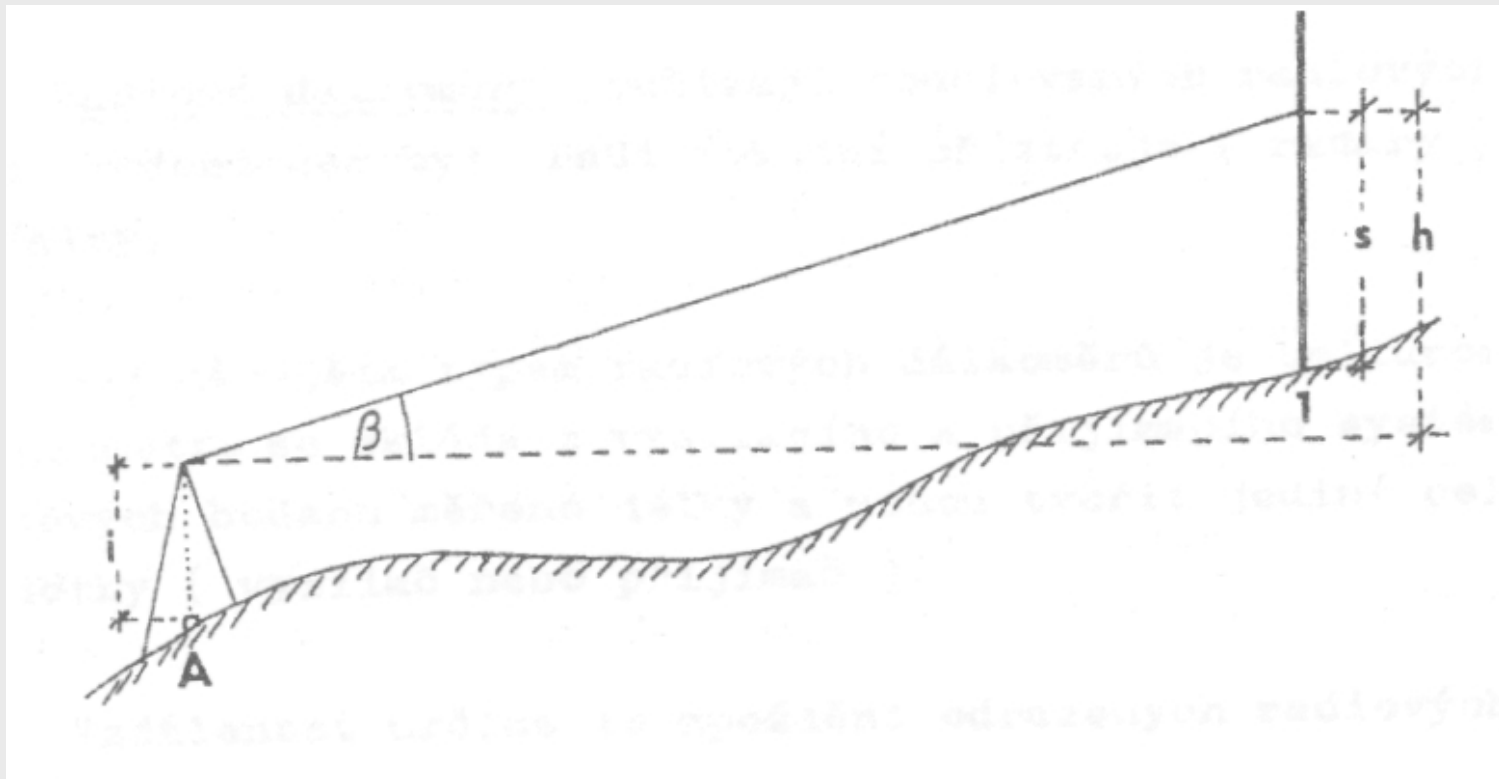
Trigonometrické měření výšek

- Výškový rozdíl h počítáme z výrazu:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \beta \quad \text{nebo} \quad h = d \cdot \operatorname{cotg} z$$

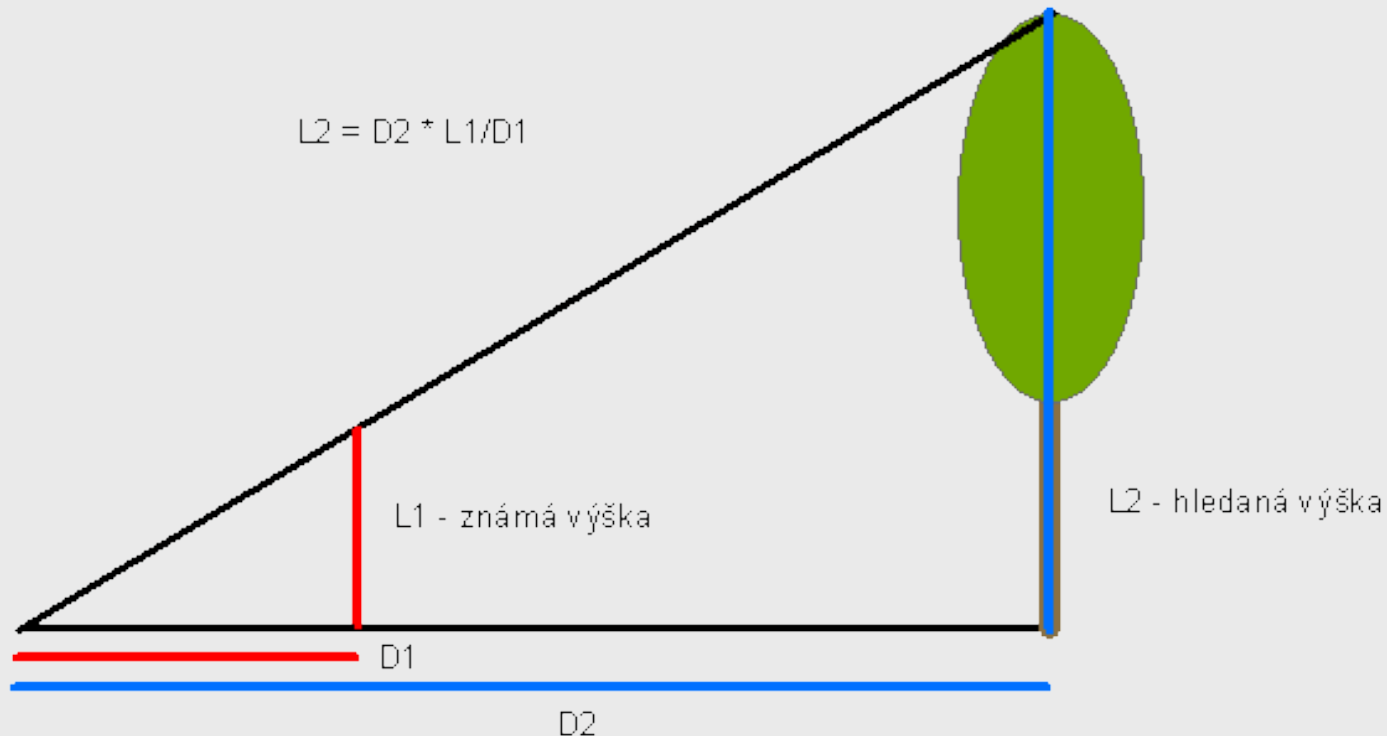
- Výšku bodu B pak spočteme:

$$V_B = V_A + i + h - s$$



Geometrické měření výšek

- založeno na řešení podobnosti trojúhelníků
- poměry délek stran u podobných trojúhelníků se rovnají
- v lesnické praxi jsou na uvedeném principu konstruovány přístroje na měření výšek stromů
- výpočet výšky objektu: $L_2 = D_2 * L_1 / D_1$



Dle metody způsobu měření dělíme na:

- **Přímé**

- pásmo
- lať
- Dráty

- **Nepřímé**

- a) geometrické měření délek
- b) trigonometrické měření délek
- c) měření pomocí dálkoměrů:
 - a) optické dálkoměry
 - b) mechanické dálkoměry
 - c) fyzikální dálkoměry – nejpoužívanější (totální stanice)

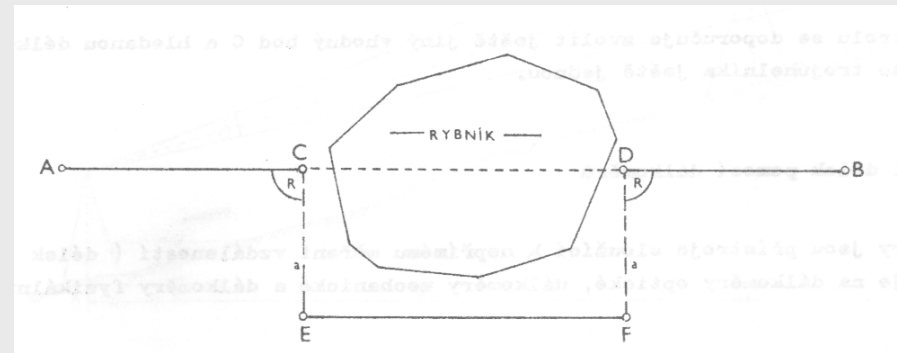
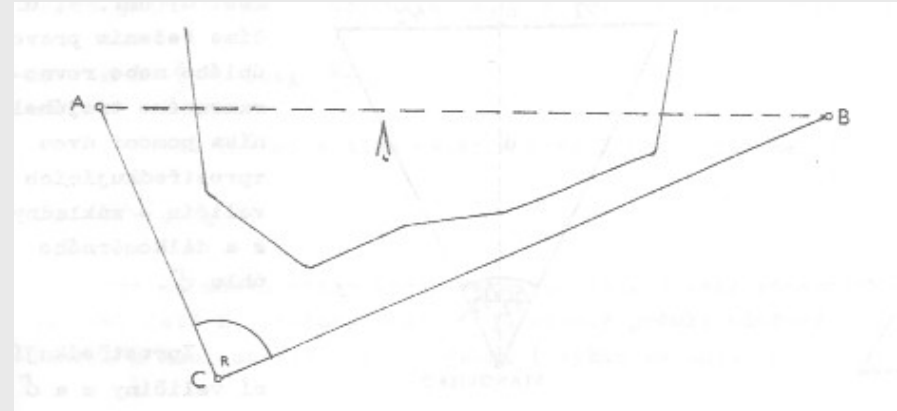
Měření délek pásmem

- Označení počátečního a koncového bodu výtyčkou, pokud je délka větší než je 3 násobek délky pásma, vložíme mezilehlé výtyčky.
- Do směru se zařazuje podle oka a napíná se silou 100 N.
- Pro vyšší přesnost měříme vícekrát a hodnoty průměrujeme.

- v geodézii často měříme i na velké vzdálenosti nebo přes nepřístupné plochy, vzdálenost v takových případech zjistíme rychleji, hospodárněji a někdy i přesněji nepřímým způsobem
- délky určujeme nepřímo, pomocí zprostředkujících veličin (známých nebo měřených), které jsou ve známém geometrickém nebo fyzikálním vztahu k určované délce
- rozlišujeme:
 - geometrické měření délek
 - trigonometrické měření délek
 - měření délek pomocí dálkoměrů

Geometrické měření délek

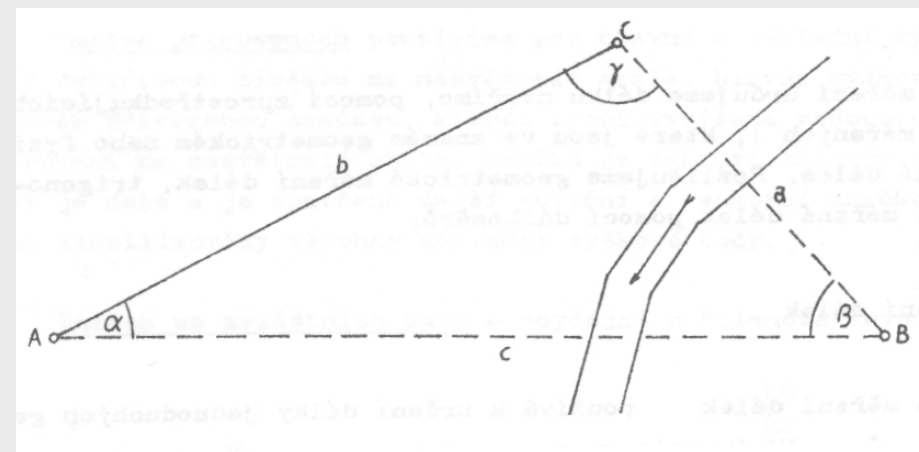
- určení délek pomocí jednoduchých geometrických pouček a vzorců z planimetrie
- používá se pouze výjimečně při měření přes různé překážky
- určení délek např. pomocí Pythagorovy věty
- nebo rovnoběžným odsunutím



Trigonometrické měření délek

- při trigonometrickém měření délek odvozujeme hledanou délku řešením obecného trojúhelníku
- při měření zvolíme vhodně bod C, v trojúhelníku ABC změříme úhly α a γ a stranu b
- hledanou délku určíme z obecného trojúhelníka sinovou větou

$$c = b \cdot (\sin \gamma / \sin \beta)$$



- pro kontrolu je vhodné si zvolit bod C ještě jednou v jiném místě a hledanou délku určit z nového trojúhelníka ještě jednou

- pracují na principu vysílaných světelných vln, odrážejících se na odrazovém zrcadle
- dle frekvence a doby odrazu počítají vzdálenost s velkou přesností, závisí na typu přístroje, měříme tak šikmé vzdálenosti
- totální stanice – registrační elektronický teodolit kombinovaný s elektrooptickým dálkoměrem, umožňuje zápis měřených bodů do vnitřní paměti, pomocí měření vertikálních i horizontálních úhlů a vzdálenosti nám přímo počítá vodorovné vzdálenosti, u novějších typů možnost bezhranolového měření na krátké vzdálenosti (do 100 – 200 m), v současnosti řada modifikací pro různé využití (vytyčovací paprsky, automatické vyhledávání cíle apod.)

