



**Lesnická  
a dřevařská  
fakulta**

**Geodézie  
Přednáška**

# **Geodetické polohové a výškové vytyčovací práce**

Mendelova  
univerzita  
v Brně



## Geodetické vytyčovací práce

- pod pojmem vytyčení stavebního nebo jiného objektu se rozumí jeho umístění v terénu a vyznačení projektovaného rozměru a tvaru
- řeší úlohu přenosu geometricky daných prvků nebo útvarů z plánu, mapy nebo náčrtu do terénu a tam je vhodně vyznačit
- je nutné dodržet vztahy projektovaného objektu k jeho okolí
- Dle terminologického slovníku zeměměřictví a KN: *„Úkony, kterými se v terénu nebo na dosavadních objektech vyznačují vytyčovacími značkami geometrické prvky umožňující výstavbu nebo přestavbu objektů na určeném místě, v předepsaném rozměru a tvaru“*
- jedná se o geodetickou činnost uskutečněnou odborně a nestranně na základě právoplatné dokumentace (katastrální operát) nebo projektové dokumentace stavby, jejímž výsledkem jsou geodetické značky, které určují prostorovou polohu a tvar pozemku, budoucí stavby, terénní úpravy nebo jiného objektu na zemském povrchu
- při vytyčení jsou v terénu vyznačovány podle právoplatné a projektové dokumentace lomové body vlastnických nebo jiných hranic, půdorys budoucího objektu, osa budoucí komunikace apod.

- ❑ vytyčování provádíme ze známých bodů (body vytyčovací sítě)
- ❑ tvar a přesnost vytyčovací sítě se volí podle druhu a složitosti stavby
- ❑ předpokládáme, že chyby polohy daných bodů jsou vzhledem k poloze vytyčovaných bodů zanedbatelné
- ❑ projekt musí být vyhotoven tak, aby z něho jednoznačně vyplývala poloha a výška jednotlivých vytyčovacích bodů
- ❑ poloha každého bodu se nezávisle kontroluje
  - měřením kontrolních prvků
  - opakovaným vytyčením (stejnou, případně jinou metodou)
- ❑ přesnost vytyčení je závislá na:
  - volbě přístroje a metodě vytyčení
  - poloze vytyčované stavby vzhledem k pevným bodům
  - na technologii stavebních prací
  - tvaru terénu a klimatických podmínkách
- ❑ k zajištění vytyčovaných bodů se používá dřevěných kolíků, kovových trubek, plastových znaků, tesaných kamenů nebo vytyčovacích laviček

- ❑ vytyčovací práce rozdělujeme na:
  - polohové
  - výškové
- ❑ polohové vytyčení má za úkol vyznačit body vytyčovaného objektu vzhledem k daným bodům ve směru vodorovném
- ❑ výškové vytyčení řeší umístění bodů vytyčovaného objektu vzhledem k poloze daných bodů ve svislém směru
- ❑ prostorové vytyčení řeší současně polohu i výšku vytyčovaných objektů
- ❑ vytyčení stavby je možno rozdělit na:
  - vytyčení prostorové polohy stavebního objektu (charakteristické body objektu, hlavní body trasy, hlavní výškové body)
  - podrobné vytyčení objektu (rozměr a tvar) – složitější objekty
- ❑ nutnost vytyčení vlastnické hranice, pokud je stavba v její blízkosti
- ❑ výsledný elaborát tvoří vytyčovací protokol s vytyčovacím náčrtem, seznamem souřadnic, případně technickou zprávou

## Závazné technické normy

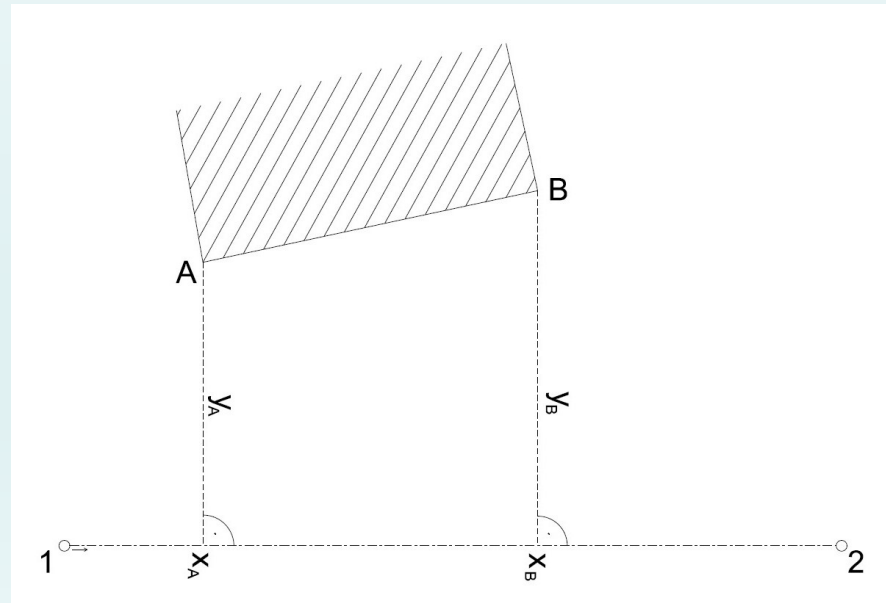
- ❑ přesnost vytyčování je stanovena a posuzuje se podle ČSN (vyhláška č. 31/1995 Sb.):
  - ČSN 73 0420/86 Přesnost vytyčování stavebních objektů. Základní ustanovení.
  - ČSN 73 0421/86 Přesnost vytyčování stavebních objektů s prostorovou skladbou.
  - ČSN 73 0422/86 Přesnost vytyčování liniových a plošných stavebních objektů.
- ❑ v uvedených normách jsou stanoveny mezní odchylky, z nichž se vychází při stanovování směrodatné odchylky metody vytyčení
- ❑ na základě této odchylky se volí metoda vytyčení, přístroje a pomůcky
- ❑ problematika vytyčování staveb je uvedena rovněž ve stavebním zákoně: „Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu“

## Polohové vytyčení

- ❑ základním prvkem všech vytyčovacích úloh je vytyčení bodu, přímky, úhlu a délky potřebné velikosti
- ❑ kombinací těchto prvků můžeme vytyčovat jednoduché i složitější stavby (geometrické útvary)
- ❑ vytyčení polohy bodu je vlastně konečným výsledkem vytyčení úhlu a délky
- ❑ polohu jednotlivých bodů vytyčovaného objektu lze vytyčit:
  - pomocí pravoúhlých souřadnic
  - pomocí polárních souřadnic
  - protínáním z délek
  - protínáním vpřed z úhlů
  - průsečíkovým způsobem
  - metodou souřadnicových rozdílů
  - polygonometrií

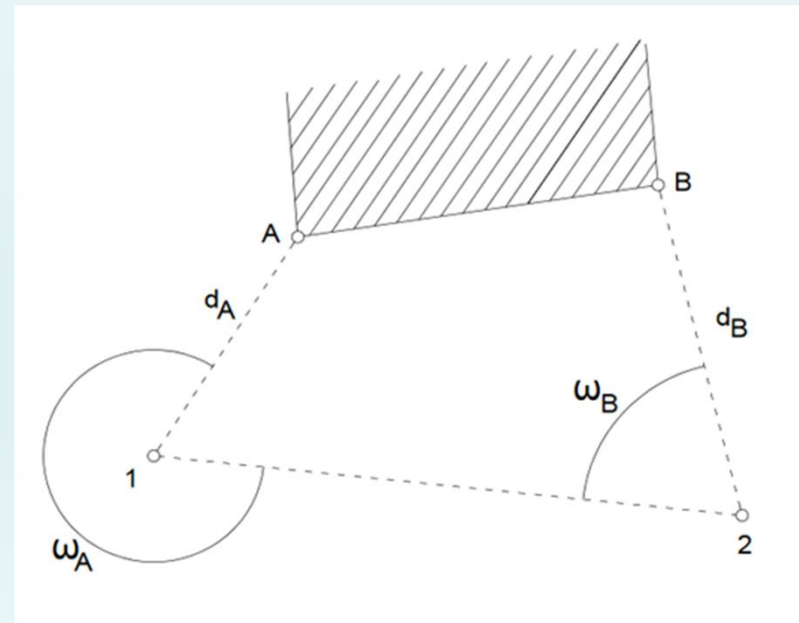
## Pravoúhlými souřadnicemi

- ❑ body jsou ve vytyčovacím výkresu dány pravoúhlými souřadnicemi  $x_A$ ,  $x_B$ ,  $y_A$ ,  $y_B$  vztaženými ke straně vytyčovací přímky dané body 1, 2
- ❑ teodolitem, dostředěným na bodě 1 se vytyčí paty kolmic bodů A a B ve vzdálenostech  $x_A$  a  $x_B$  od bodu 1 (staničení) - vzdálenosti měříme pásmem
- ❑ v bodech pat kolmic vytyčíme postupně teodolitem pravé úhly a odměříme opět pásmem délky kolmic  $y_A$ ,  $y_B$  – tím získáme vytyčované body A a B
- ❑ vodorovné úhly zpravidla stačí vytyčovat v jedné poloze dalekohledu
- ❑ při méně přesných pracích lze pravý úhel vytyčit pomocí hranolu (chyba cca 2 minuty, což činí na vzdálenost 30 m  $\pm$  2cm)
- ❑ pentagonální hranol je možno použít max. do vzdálenosti 30 až 40 m



## Polárními souřadnicemi

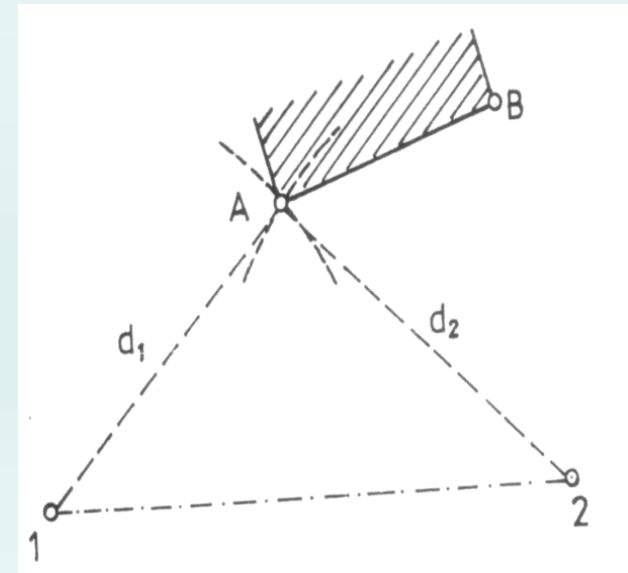
- ❑ poloha vytyčovaných bodů A a B se určí úhly  $\omega_A$ ,  $\omega_B$  a délkami  $d_A$ ,  $d_B$  vztaženými ke straně vytyčovací přímky dané body 1, 2
- ❑ vytyčovací prvky se vypočtou ze známých souřadnic bodů vytyčovaného objektu A a B a bodů vytyčovací sítě 1 a 2
- ❑ úhly měříme teodolitem (pro přesnější určení polohy v obou polohách), vzdálenosti měříme pásmem (pro přesnější určení polohy 2x)
- ❑ použitím vteřinového teodolitu je střední chyba asi  $7^{\text{cc}}$  (1 mm na 100 m)
- ❑ v současné době jde o nejpoužívanější metodu, která je zvláště výhodná, pokud je k dispozici totální stanice, která umožní vytyčit i rajony dlouhé několik set metrů s vysokou přesností





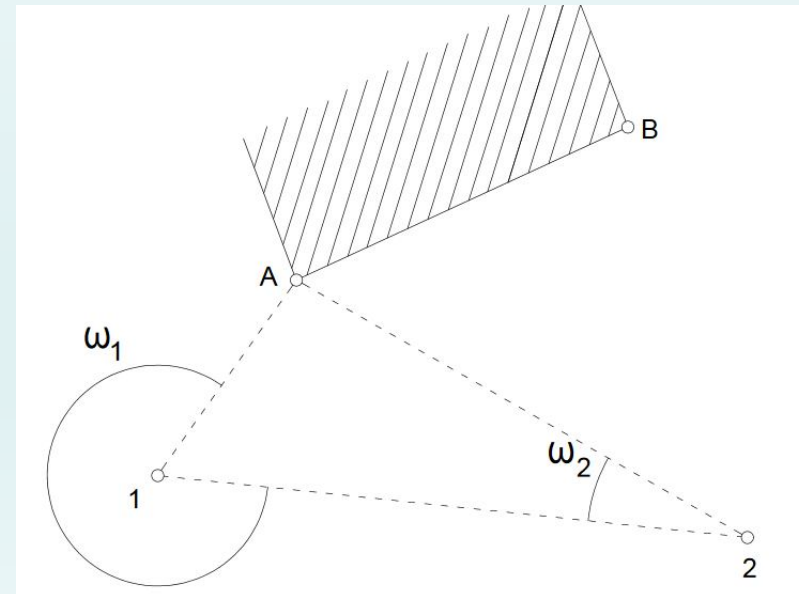
## Protínáním z délek

- ❑ vytyčovacími prvky jsou délky rajonů  $d_1$ ,  $d_2$ , vztažené ke straně vytyčovací přímky dané body 1 a 2
- ❑ práce se dvěma pásmy najednou, postupné vyznačením oblouků kružnic o poloměru  $d_1$  a  $d_2$
- ❑ jde o metodu velmi pracnou, která se používá spíše k nezávislé kontrole vytyčení, provedeného jinou metodou
- ❑ používá se při vytyčování blízkých bodů, kde vytyčované délky nepřekročí délku pásma
- ❑ přesnost závisí na úhlu protnutí oblouků kružnic
- ❑ metoda vhodná pro plochý terén
- ❑ použití při vytyčení bodového pole z topografických náčrtů



## Protínáním vpřed z úhlů

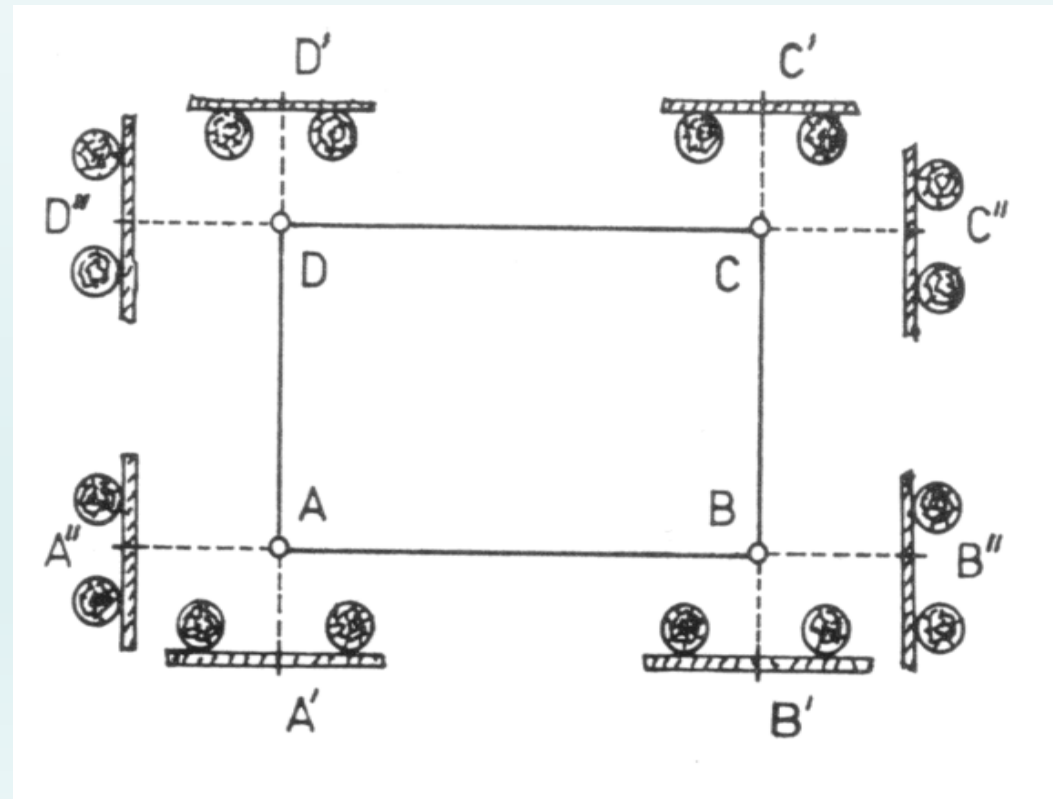
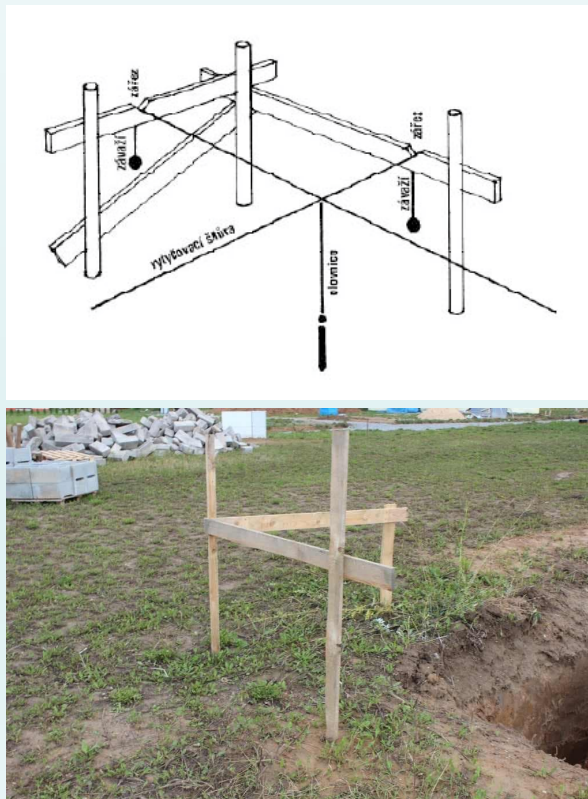
- vytyčovacími prvky jsou délky vodorovné úhly  $\omega_1$  a  $\omega_2$ , vztažené ke straně vytyčovací přímky dané body 1 a 2
- pro vytyčení je vhodné použít současně dva teodolity (náklady)
- hledaný bod určíme jako průsečík směru 1A a směru 2A
- jde o metodu, která je vhodná především v přehledném terénu, kdy je vidět z obou bodů vytyčovací sítě přímo na značku vytyčovaného bodu
- na krátké vzdálenosti lze dosáhnout vysoké přesnosti
- metoda se prakticky nepoužívá



## Průsečíkovým způsobem

- tato metoda je velmi oblíbená při vytyčování pozemních staveb
- vytyčovaný bod leží v průsečíku dvou záměrných paprsků, spojujících trvale stabilizované body
- při vytyčování blízkých bodů se záměrné paprsky často realizují tenkým drátem
- při vytyčování na větší vzdálenosti se záměrné paprsky realizují záměrami teodolitů
- vhodné pro zjednodušení opakovaného vytyčení, kdy již vytyčený bod je zničen např. v důsledku výkopových prací
- vytyčí se body stavebního objektu A, B, C, D
- v dostatečné vzdálenosti od vytyčených bodů, aby nebyly zničeny stavebními pracemi, se umístí tzv. lavičky
- stabilizují se prkny, přibitými na kůly, zatlučené do země
- lavičky se umísťují do vodorovné roviny ve stanovené výšce nad dnem budoucího výkopu (stavební jámy)

- ❑ vytyčené body A, B, C, D se postupně zajistí pomocí přímk AB, CD, AD, BC a promítnou se na lavičky, kde se zajistí zářezy nebo hřebíky
- ❑ tímto dostaneme body A', B', C', D' a A'', B'', C'', D''
- ❑ po provedení např. výkopu lze během stavby kdykoliv velmi rychle a poměrně přesně vytyčit body A, B, C, D v průsečících příslušných přímek



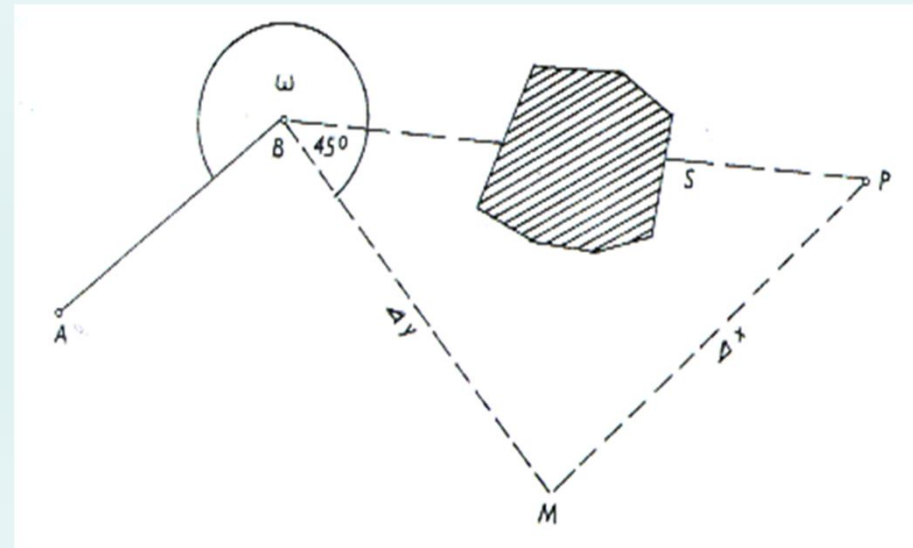
## Metodou souřadnicových rozdílů

- ❑ použití pokud není možno použít polární metodu
- ❑ nad vytyčovanou stranou sestrojíme pravoúhlý rovnoramenný trojúhelník
- ❑ jeho délky určíme ze vztahu:  $s^2 = \Delta y^2 + \Delta x^2$

$$\Delta y = \Delta x \Rightarrow 2\Delta y^2 = s^2$$

$$\Delta y = s/\sqrt{2} \Rightarrow \Delta y = 0,707 \cdot s$$

- ❑ pomocný bod M vytyčíme pomocí úhlu  $\omega + 45^\circ$  a délky  $\Delta y$
- ❑ z bodu M vztyčíme kolmici o délce  $\Delta x = \Delta y \Rightarrow$  bod P
- ❑ přesnost je menší než přesnost při polárních souřadnicích
- ❑ v dnešní době se tato metoda již nepoužívá



## Kružnicový oblouk

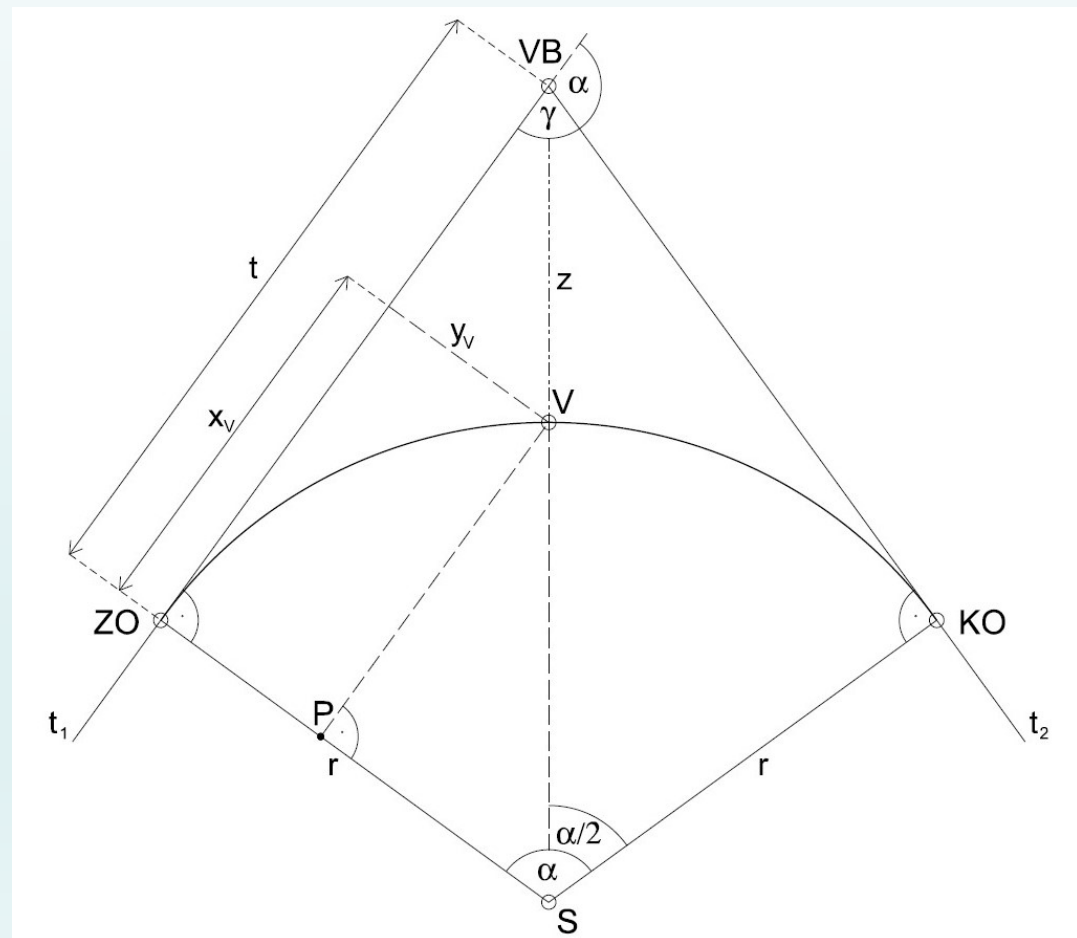
- patří mezi základní vytyčovací úlohy
- osy liniových staveb (silnice, železnice, regulované vodní toky, chodníky, běžecké dráhy atd.) jsou tvořeny přímými částmi a oblouky
- nejčastěji se používá kružnic pro jejich konstantní křivost a jednoduchost vytyčování
- často se doplňují křivkami proměnlivé křivosti
- přejede-li rychle se pohybující vozidlo z přímé dráhy do oblouku, je vystaveno účinkům odstředivé síly, která roste se zvyšující se rychlostí a zmenšujícím se poloměrem
- aby přechod byl plynulý, vkládá se mezi přímou dráhu a kružnici křivka (přechodnice)
- druhy přechodnic:
  - klotoida – pro komunikace
  - kubická parabola – pro železnice
  - lemniskáta – pro vodní toky
- rozeznáváme tedy kružnicový oblouk prostý a s přechodnicemi

## Kružnicový oblouk prostý

- ❑ vytyčuje se ve dvou etapách, nejdříve se vytyčí vrcholové body, z nichž se vytyčí hlavní body oblouku a potom se vytyčí podrobné body

### Hlavní body

- začátek oblouku (ZO)
  - konec oblouku (KO)
  - vrchol oblouku (V)
  - průsečík tečen  $t_1$ ,  $t_2$  (VB)
- ❑ kružnicový oblouk je určen třemi prvky:
    - tečny  $t_1$ ,  $t_2$  a poloměr  $r$
    - tečny  $t_1$ ,  $t_2$ , **ZO** nebo **KO**
  - ❑ k základním prvkům oblouku dále náleží středový úhel  $\alpha$  a úhel tečen  $\gamma$



## Postup vytyčení hlavních bodů

- ❑ je dán směr tečny  $t_1$  a poloměr kruhového oblouku „ $r$ “
- ❑ určení úhlu  $\gamma$  a následně středového úhlu  $\alpha$
- ❑ úhel tečen  $\gamma$  se určí měřením v terénu nebo výpočtem ze souřadnic, pak

$$\alpha = 200^g - \gamma$$

- ❑ začátek a konec oblouku se vytyčí z délky tečen:  $t = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$   
(z trojúhelníku S-ZO-VB)

- ❑ vrchol oblouku **V** se vytyčí:

- na ose úhlu tečen ve vzdálenosti **z** od VB:  $z = \frac{r}{\cos \frac{\alpha}{2}} - r$   
(z trojúhelníku S-ZO-VB)

- pravoúhlými souřadnicemi od tečny:  $x_v = r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$   
(z trojúhelníku S-P-V)
- $$y_v = r \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$



## Postup vytyčení podrobných bodů

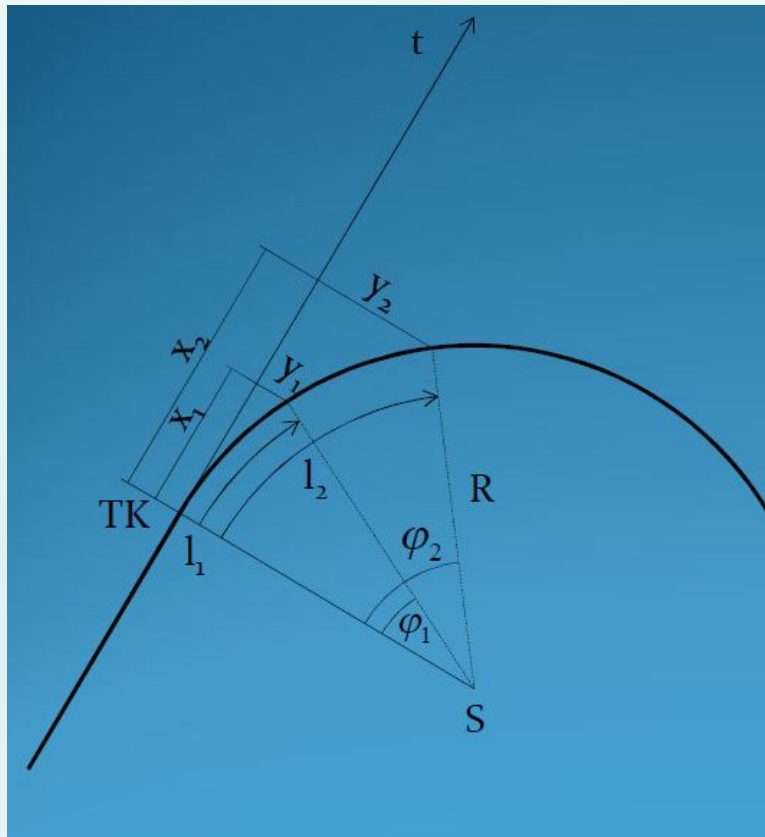
- ❑ vzdálenost mezi začátkem oblouku, vrcholem oblouku a koncem oblouku je obvykle příliš velká a neumožňuje představu o jeho průběhu
- ❑ proto mezi hlavní body oblouku vkládáme podrobné body
- ❑ při praktickém vytyčování obvykle střed a vrchol oblouku nejsou přístupné, proto se vytyčují ze ZO a KO
- ❑ v současné době se k vytyčení často používá stanovisko, které nemá vazbu s trasou vytyčovaného objektu
- ❑ v takovém případě se vytyčují všechny body stejným způsobem – polární metodou ze souřadnic

## Způsoby vytyčení podrobných bodů:

- od tečny – ortogonálně, polárně
- semipolární metoda
- bipolární metoda
- po obvodě s přenášením přístroje
- ortogonálně od hlavní tětiny
- postupným odbočováním od tětiny
- přibližné metody – čtvrtinová, parabolická

## Ortogonalně od tečny

- ☐ je dán směr tečny  $t$ , začátek oblouku (TK) a poloměr  $R$
- ☐ zvolí se délky po oblouku mezi podrobnými body ( $l_i$ ) a k nim se vypočítají příslušné pořadnice  $x_i, y_i$



$$\varphi_i = \frac{l_i}{R} \text{ [rad]}$$

$$\varphi^g = \frac{l_i}{R} \cdot \frac{400}{2\pi} \quad \varphi^\circ = \frac{l_i}{R} \cdot \frac{360}{2\pi}$$

$$x_i = R \cdot \sin \varphi_i$$

$$y_i = R \cdot (1 - \cos \varphi_i)$$

## Polárně od tečny

- ☐ je dán směr tečny **t**, začátek oblouku (**TK**) a poloměr **R**
- ☐ zvolíme délku oblouku (konstantní) a vypočítáme vytyčovací úhel  $\sigma$ , který se rovná jedné polovině příslušného středového úhlu ( $\sigma = \varphi/2$ )

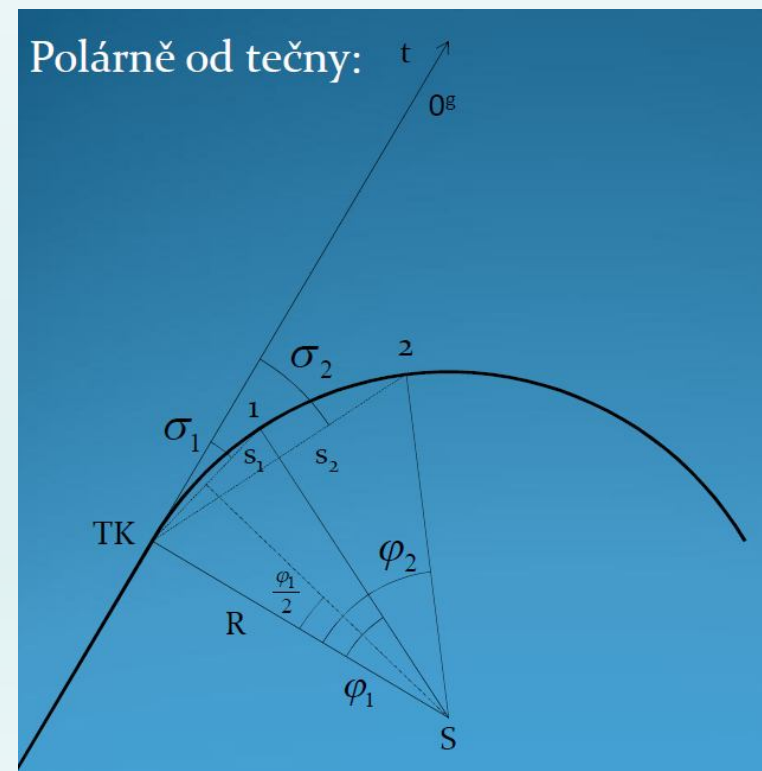
poučka: směry vycházející z bodu na kružnici svírající stejné úhly, vytínají na této kružnici oblouky stejné délky, jímž přísluší stejné středové úhly

$$\varphi_i = \frac{l_i}{R} [\text{rad}] \quad \varphi^g = \frac{l_i}{R} \cdot \frac{400}{2\pi} \quad \varphi^\circ = \frac{l_i}{R} \cdot \frac{360}{2\pi}$$

$$\sigma_i = \frac{l_i}{2R}$$

- ☐ délku tětiv  $s_i$  vypočítáme z trojúhelníku daného středem, začátkem oblouku a vytyčovaným podrobným bodem

$$\sin \frac{\varphi_i}{2} = \frac{s_i}{2R} \quad s_i = 2R \cdot \sin \frac{\varphi_i}{2} = 2R \cdot \sin \sigma_i$$



## Výškové vytyčení

- ❑ nejedná se pouze o polohovou, ale i prostorovou úlohu – nelze proto oddělovat polohové vytyčování od výškového
- ❑ výškovým vytyčováním se rozumí:
  - vyznačení výšek polohově vytyčených bodů v terénu
  - polohové určení výškových bodů v terénu
- ❑ přesnost vytyčení závisí na účelu a druhu vytyčované stavby
- ❑ nejvyšší požadavky na přesnost jsou ve vodním stavitelství
- ❑ podkladem pro výškové vytyčování jsou:
  - vrstevnicové plány
  - podélné a příčné profily
  - čtvercové sítě
- ❑ před zahájením vytyčovacích prací je třeba zkontrolovat podklady, odstranit nedostatky, určit vytyčovací prvky a připravit vytyčovací náčrt

- při výškových vytyčovacích pracích vytyčujeme dva druhy výšek:
  1. absolutní (nadmořská) výška – je vztažena k nulové hladinové ploše v daném výškovém systému
    - vytyčuje se zpravidla u staveb liniových, vodohospodářských a plošných
  2. relativní stavební výška – jde o výškový rozdíl dvou výškových úrovní (např. rampa nad železniční kolejí)
    - při vytyčování výšek vytyčujeme body, přímky a horizonty
    - vycházíme vždy z jednoho výškového bodu a končíme na jiném
    - každé převýšení měříme tam a zpět
- základní úlohy výškového vytyčení:
  - přenesení výšky na bod
  - vytyčení vodorovné přímky
  - vytyčení bodů skloněné přímky
  - vytyčení vrstevnice v terénu

## Přenesení výšky na bod

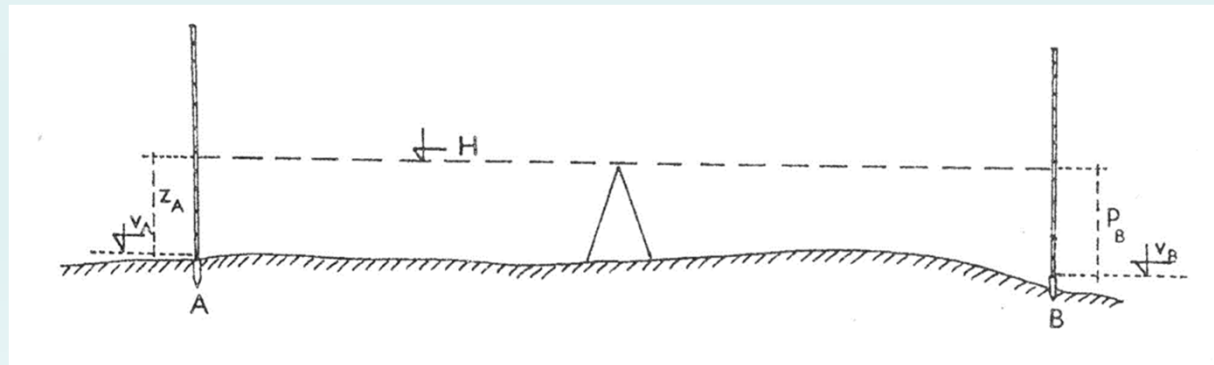
- nejdříve je třeba stabilizovat a polohově určit výškově vytyčovaný bod
- provádí se geometrickou nivelací ze středu
- bod A je vytyčovací, bod B je vytyčovaný
- výpočet horizontu přístroje:  $V_H = V_A + z_A$
- čtení na lati na bodě B určíme z rozdílu výšky horizontu přístroje  $V_H$  a projektované výšky bodu B ( $V_B$ ):  $p_B = V_H - V_B$
- na bodě B se posunuje latí ve vertikálním směru dokud čtení neodpovídá vypočtené hodnotě
- spodní hrana latě se označí na kolík

$V_A$  ... výška vytyčovacího bodu

$V_B$  ... výška vytyčovaného bodu

$z_A$  ... čtení latě na bodě A

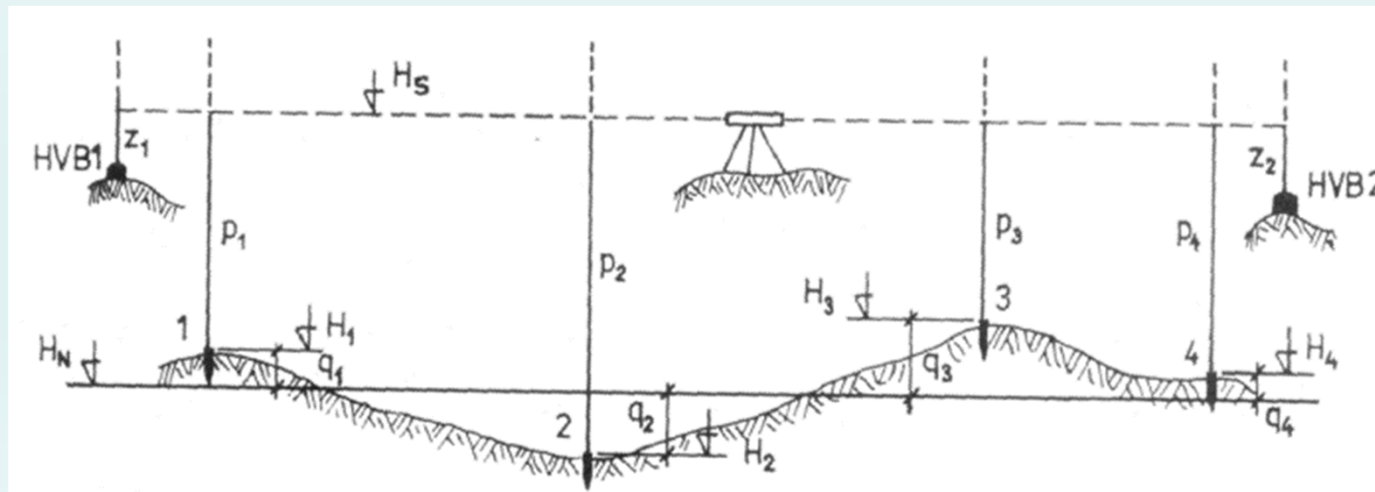
$p_B$  ... čtení latě na bodě B



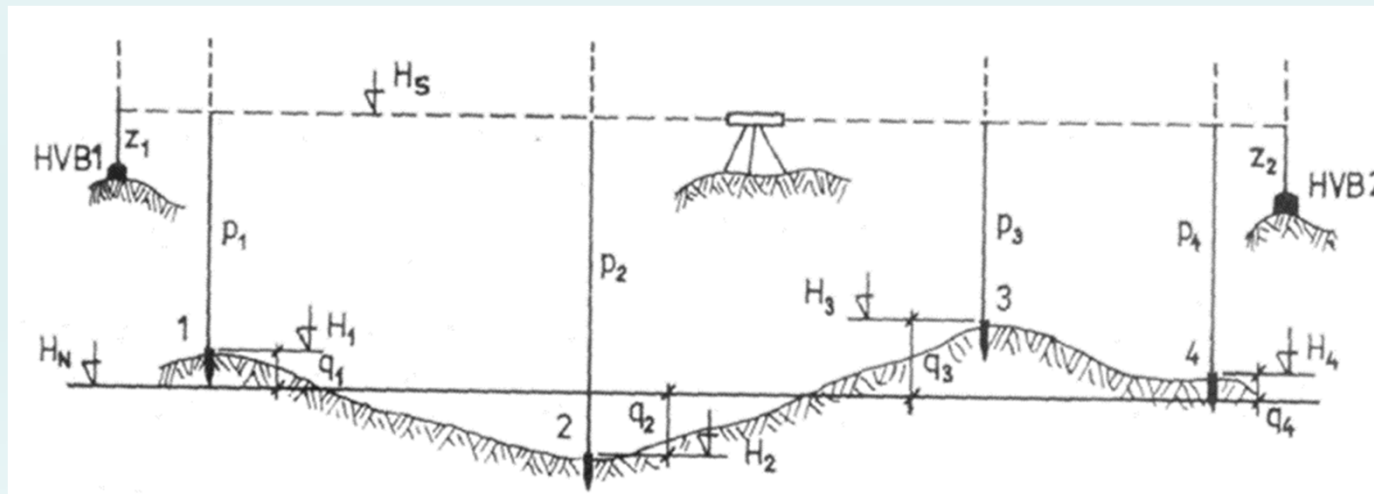
## Vytyčení vodorovné přímky

- ❑ přímku nejdříve vytyčíme polohově a její jednotlivé body stabilizujeme (dřevěné kolíky zatlučené do úrovně terénu)
- ❑ body přímky jsou v pravidelných vzdálenostech, případně v místech předpokládaných větších terénních úprav
- ❑ nadmořská výška přímky (nivelety)  $H_N$  je daná projektem
- ❑ určení horizontu přístroje  $H_S$  nivelačním pořadem připojeným na dva hlavní výškové body (HVB1, HVB2):

$$H_S = H_{HVB1} + z_1 = H_{HVB2} + z_2$$



- ❑ výšky stabilizovaných bodů přímky určíme nivelací:  $H_i = H_S - p_i$
- ❑ porovnáním výšek bodů v terénu s výškou  $H_N$ , na kterou má být terén upraven, dostaneme hodnoty  $q_i$ , o které je třeba terén upravit:  $q_i = H_N - H_i$
- ❑ hodnoty se znaménkem „+“ znamenají násypy, hodnoty se znaménkem „-“ znamenají výkopy
- ❑ tyto hodnoty píšeme na šikmo seříznuté kolíky zatlučené u jednotlivých bodů přímky a také do vytyčovacího výkresu
- ❑ výšky pro zemní práce se uvádějí s přesností na cm
- ❑ pro vytyčení vodorovné roviny je třeba vytyčit plošnou sít' bodů





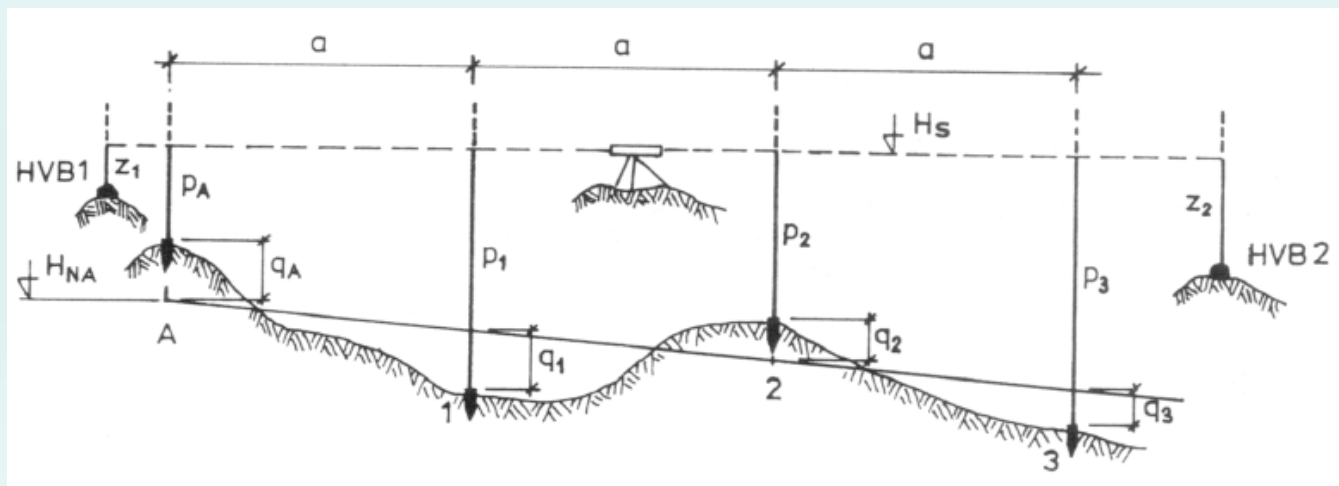
## Vytyčení bodů skloněné přímky

□ v praxi nastávají dva případy:

- a) vytyčení přímky daného spádu  $s$  (v %), procházející daným bodem
- b) vytyčení přímky dané dvěma body

### Přímka daného spádu

- je dán bod A, včetně nadmořské výšky  $H_{NA}$  a směr přímky, včetně jejího sklonu  $s$ , procházející tímto bodem
- bodem A vytyčíme přímku, jejíž body v pravidelných vzdálenostech stabilizujeme pomocí dřevěných kolíků zatlučených do úrovně terénu



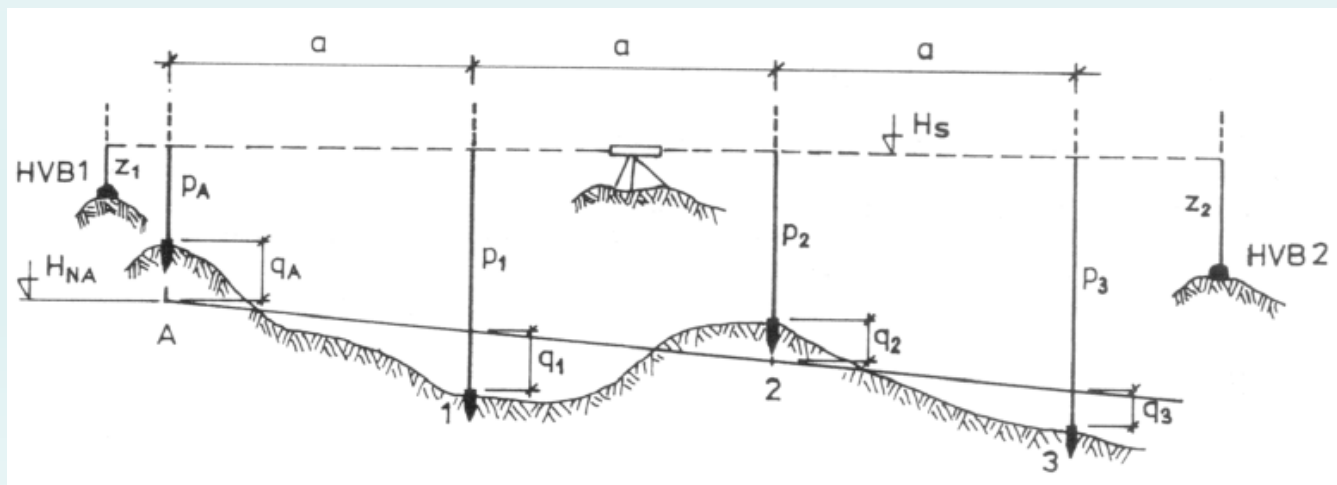
- určíme nadmořskou výšku horizontu přístroje  $H_S$  a výšky stabilizovaných bodů přímky (nivelací), stejně jako v předešlém případě
- z výšky nivelety v bodě A a daného sklonu přímky vypočteme výšky nivelety  $H_{Ni}$  v místech stabilizovaných bodů přímky

$$\begin{aligned} H_{N1} &= H_{NA} - \Delta & H_{N3} &= H_{NA} - 3\Delta \\ H_{N2} &= H_{NA} - 2\Delta & H_{Ni} &= H_{NA} - i\Delta \end{aligned} \quad \Delta = a \cdot \frac{s(\%)}{100}$$

- výšky násypů nebo výkopů v místech stabilizovaných bodů budou:

$$q_A = H_{NA} - H_A = H_{NA} - H_S + p_A$$

$$q_i = H_{Ni} - H_i = H_{Ni} - H_S + p_i$$



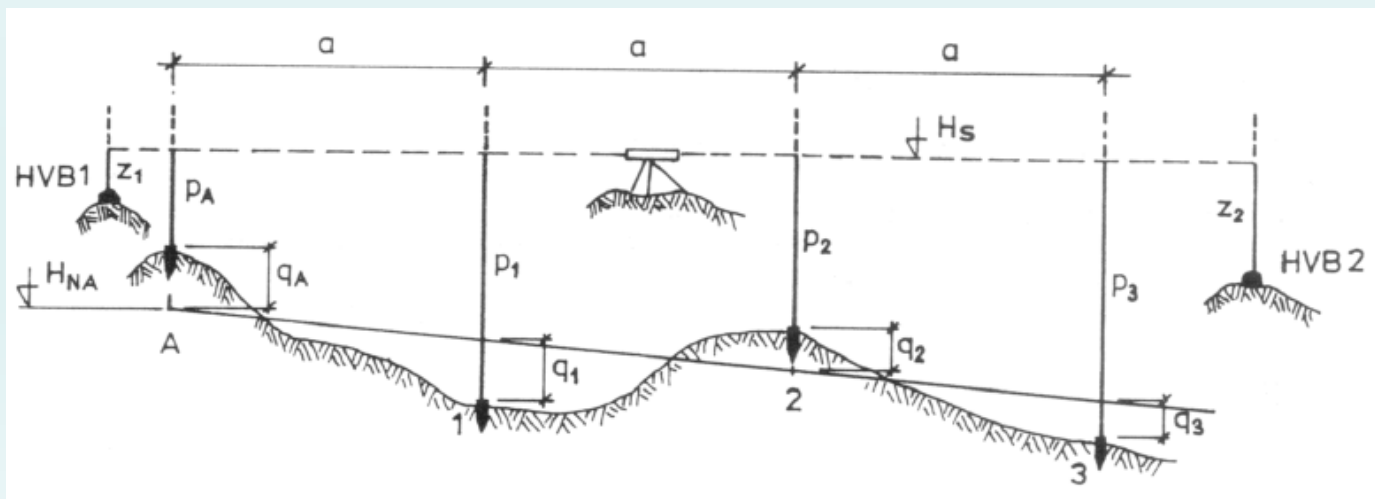
## Přímka daná dvěma body

- jedná se o přímku, která spojuje dva koncové body
- postup stejný jako u přímky daného spádu, nejdříve je ale nutné spočítat sklon dané přímky
- sklon se vypočte pomocí známých výšek koncových bodů A, B a jejich vzdálenosti:

$$s(\%) = 100 \cdot \frac{h}{d} \qquad h = H_{NB} - H_{NA}$$

h ... převýšení mezi body A, B

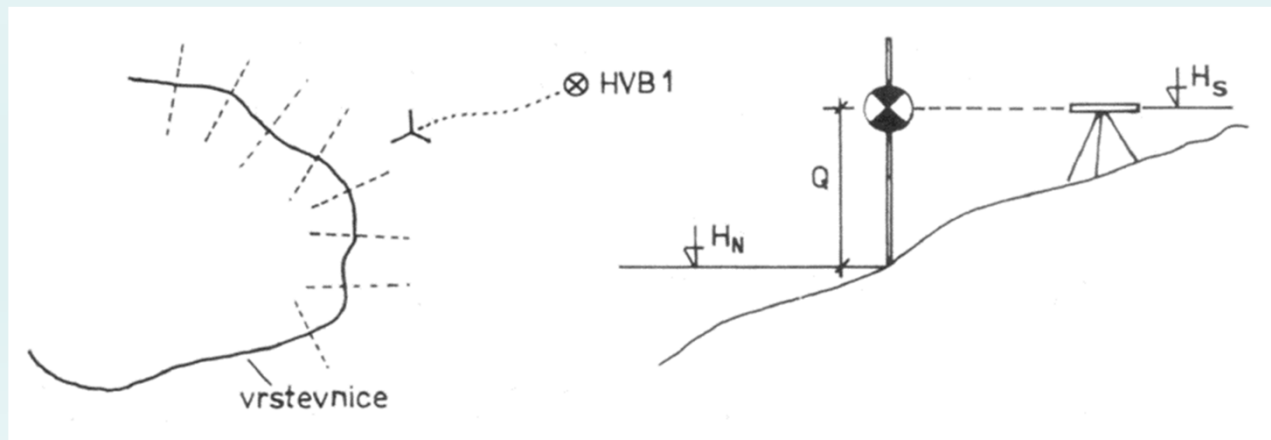
d ... vzdálenost bodů A, B



## Vytyčení vrstevnice v terénu

- ❑ úloha se vyskytuje především u vodohospodářských staveb, kdy je nutné vytyčit zátopovou čáru (přehrady, nádrže, rybníky)
- ❑ vychází se z dané výšky vodní hladiny, hustota bodů se volí podle členitosti terénu
- ❑ z hlavního výškového bodu (HVB1) určíme nivelačním pořadem horizont nivelačního přístroje  $H_S$  (o 1 až 2 m výš, než projektovaná vrstevnice  $H_N$ )
- ❑ rozdíl  $Q$  určuje čtení na nivelační lati, stojící na hledané vrstevnici:

$$Q = H_S - H_N$$



- tato hodnota bočního čtení se na lati označí posuvným terčem, případně gumovou, či jinou páskou
- pomocník potom postupuje s latí po spádnici až vodorovná záměra prochází středem terče nebo páskou, pata latě je hledaným bodem
- body vrstevnice se vyznačují kolíky po 30 až 50 m
- po vytyčení všech dosažitelných bodů z jednoho stanoviska postupujeme nivelačním pořadem na další vhodné stanovisko a postup se opakuje
- nivelační pořad ukončíme na jiném hlavní bodě (HVB2)
- pro zakreslení průběhu vrstevnice do mapy je nutné vytyčené body polohově zaměřit

**Děkuji za pozornost  
Ing. Miloš Cibulka, Ph.D.**

**Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky  
Lesnická a dřevařská fakulta  
uhulag.mendelu.cz  
tel.: 545 134 015**