



Lesnická
a dřevařská
fakulta

2012, Brno
Ing. Tomáš Mikita, Ph.D.

Mendelova
univerzita
v Brně

Geodézie a pozemková evidence

Přednáška č.4 – Vliv zakřivení Země na měření
veličin, metrologie, polohopisné měření



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

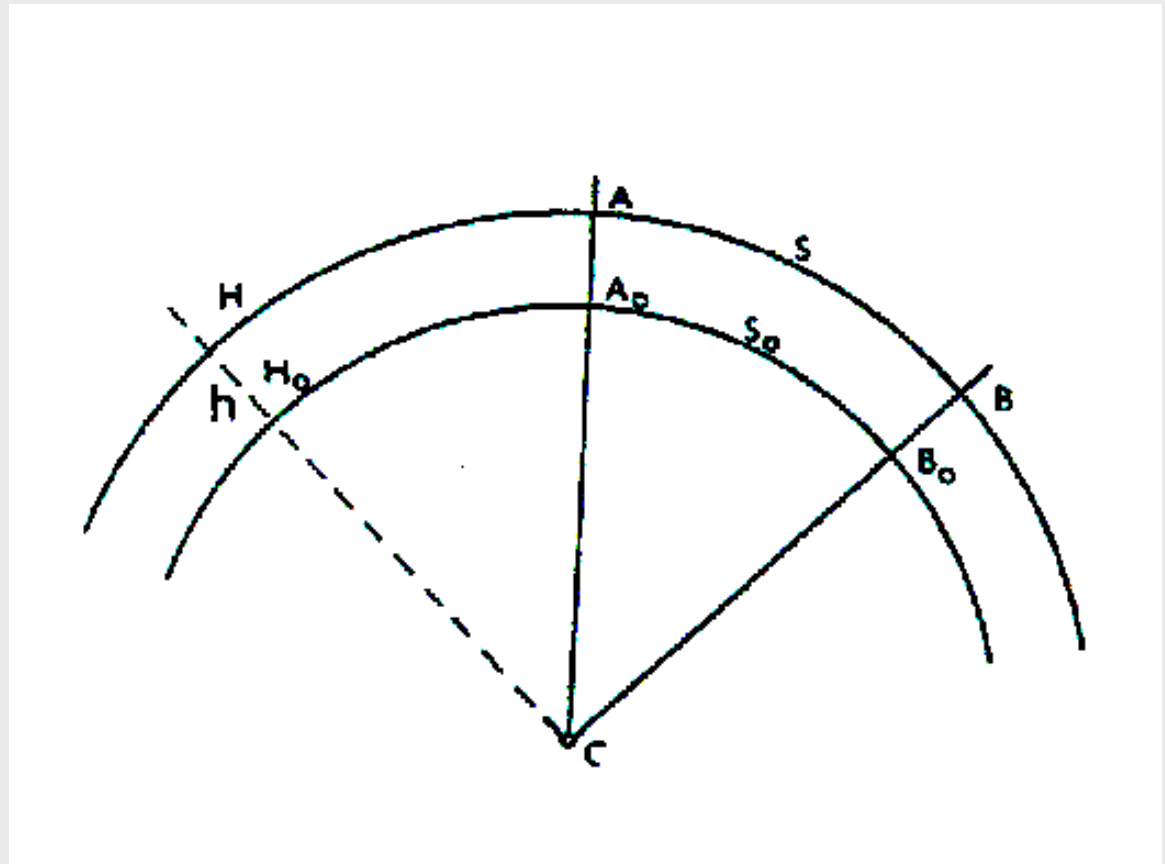
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

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.

- Zanedbá-li se skutečný tvar zemského povrchu a nahradí se rovinou, dojde samozřejmě k chybám v jednotlivých veličinách, s nimiž se v geodézii pracuje, a to v:
 - **délkách**
 - **úhlech**
 - **plochách**
 - **a zejména ve výškách**

a) změna délky promítnuté do nulového horizontu:

- Délka s , změřená v nadmořské výšce h se změní při průmětu do nulového horizontu v důsledku sbíhavosti tížnic na délku s_0 . Obě délky se budou lišit o hodnotu $\Delta l = s - s_0$.



Vliv zakřivení Země při měření délek

- Odchyšky pro délku 1000 m a některé nadmořské výšky jsou uvedeny v následující tabulce:

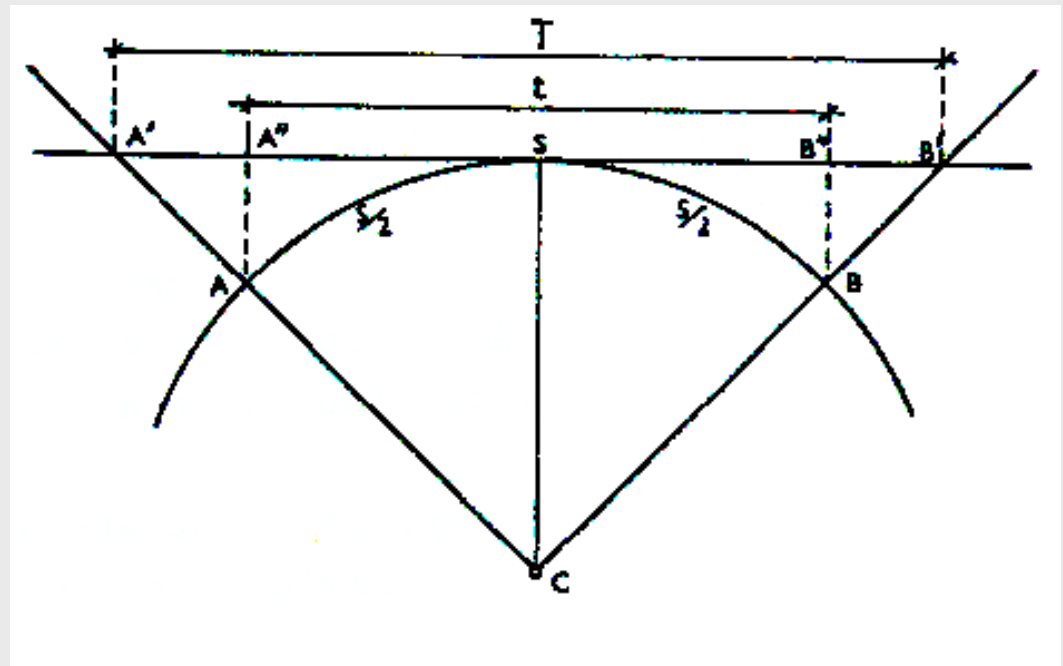
Odchyšky délek měřených v určité nadmořské výšce s a jejich průmětu do nulového horizontu s_0 .		
nadmořská výška h	odchyška délky Δ_1 v mm	$\frac{\Delta_1}{s}$
100	16	1/62 500
200	31	1/32 258
500	78	1/12 825
1 000	157	1/ 6 369
2 000	313	1/ 3 195

- V běžné geodetické praxi jsou maximální přípustné odchyšky při dvojném měření délky mnohem větší a nemusíme proto přihlížet k zakřivení Země, pokud nadmořská výška nepřesahuje 1000 metrů. Příslušnou opravu je nutné dělat jen při zvláště přesných délkových měřeních.

b) rozdíly v délkách horizontů:

- Zde se jedná o rozdíl mezi délkou skutečného horizontu $AB = s$ a délkou zdánlivého horizontu $A'B' = T$ a také o rozdíl mezi délkou skutečného horizontu $AB = s$ a délkou svislého průmětu do roviny zdánlivého horizontu $A''B'' = t$.

Velikost těchto chyb je také značně menší než přípustně odchylky pro délkové měření a v běžné geodetické praxi se tyto chyby neuvažují. Např. velikost chyby při délce $s = 10$ km je 0,2 cm, při délce $s = 25$ km je 3,2 cm a při délce $s = 50$ km je 25,7 cm



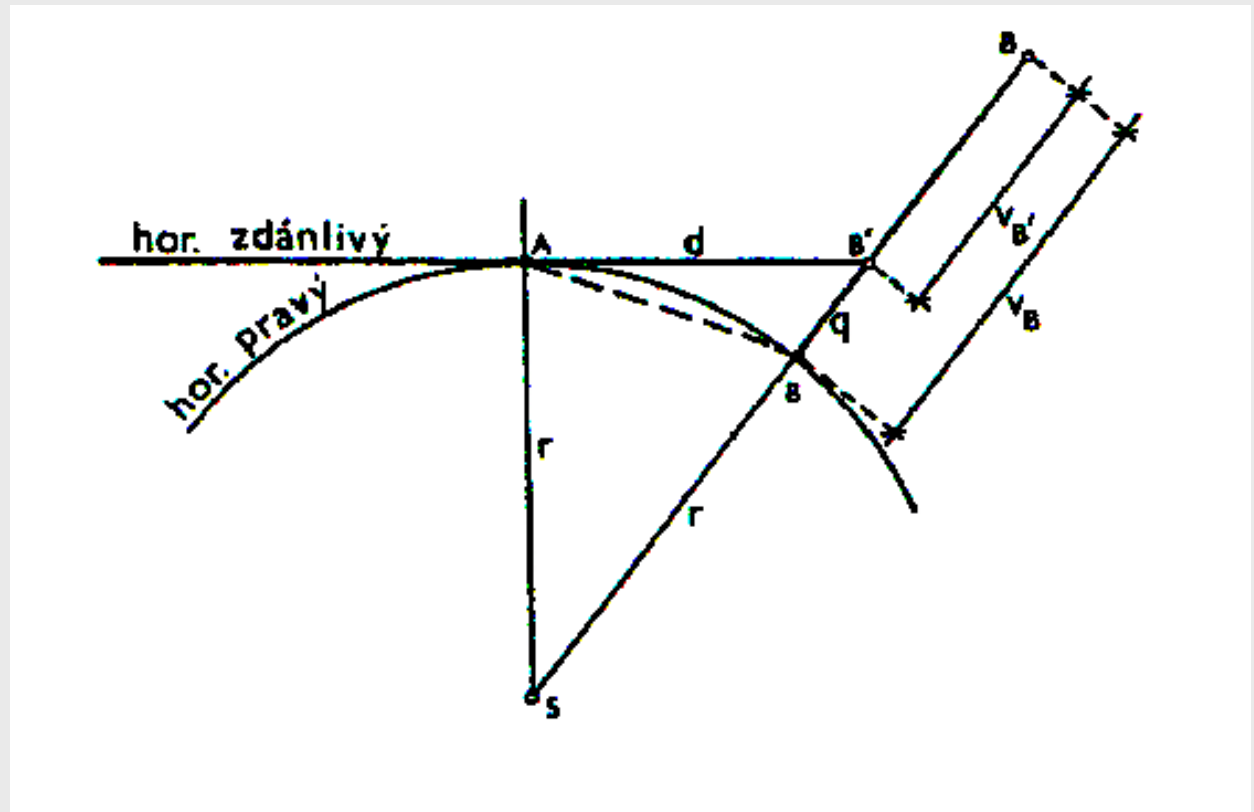
Vliv zakřivení Země při měření vodorovných úhlů

- Chyby měření vodorovných úhlů je možno určit ze sférického excesu ε (nadbytku), což je rozdíl mezi součtem úhlů v uzavřeném obrazci na elipsoidu nebo na kouli a součtem úhlů v témže obrazci promítnutém do roviny.
- Hodnoty sférického excesu jsou opět mnohonásobně menší než střední chyba nejpřesnějších úhlových měření v trigonometrické síti. Proto se při běžných měřeních nemusí přihlížet k zakřivení Země.

Vliv zakřivení zemského povrchu při měření výšek

- Při výškovém měření zaměňujeme hladinovou plochu proloženou bodem A (horizont pravý) tečnou rovinou k hladinové ploše v bodě A (horizont zdánlivý). Výška bodu B je dána jeho kolmou vzdáleností V_B od hladinové plochy procházející bodem A. Záměnou pravého horizontu za horizont zdánlivý určíme však namísto hodnoty V_B , hodnotu V_B' . Označíme-li rozdíl hodnot V_B a V_B' jako chybu q , pak platí:

$$V_B = V_B' + q$$



Vliv zakřivení zemského povrchu při měření výšek

- Při měření výšek není možno vliv zemského zakřivení zanedbat ani na krátké vzdálenosti, protože meze maximálně přípustných odchylek ve výškovém měření jsou mnohem menší.
- Např. při technické nivelaci nesmí přesnost výšek bodů určených podle odchylky v uzávěru obousměrné nivelace překročit hodnotu $\underline{20 \text{ mm} \cdot \sqrt{r}}$

r ... délka obousměrného pořadu

délka s / \sqrt{r} metrech/	100	500	1 000	10 000	20 000
chyba q / \sqrt{r} metrech/	0,0008	0,020	0,078	7,848	31,397

- *Metrologie* – složené z řeckého *metron* = měřidlo, míra; *logos* = slovo, řeč. Metrologie je nauka o přesném měření všech veličin.
- pro určení polohy jednotlivých bodů zemského povrchu měříme délky, úhly a výšky
- hodnoty měřených veličin vyjadřujeme ve stejných jednotkách – měrách
- rozlišujeme:
 - míry délkové
 - míry plošné
 - míry úhlové

- až do roku 1789 (francouzská revoluce) délky odvozovány z rozměrů lidského těla, podle toho nazývány např. palec, loket, sáh, stopa
- jednotlivé míry ač se stejným názvem se lišily stát od státu
- s rozvojem mezinárodních obchodů nejednotnost délkových měr působila potíže, proto bylo potřeba vytvořit jednotnou délkovou míru, která by měla mezinárodní platnost
- prvně zavedena metrická míra ve Francii před více než sto lety
- v současnosti metrická míry rozšířena po celém světě

- **Metr** byl původně definován jako **jedna desetimilióntina části zemského kvadrantu**.
- Po zjištění, že délka metru neodpovídá vlastní definici, nastalo v metrologických kruzích zděšení.
- Změnit délku metru podle nových měření zemského kvadrantu, aby skutečně odpovídala jeho desetimiliónté části nešlo.
- Stará definice opuštěna a nahrazena novou, která umožňuje přesnou reprodukci prototypu metru uloženého v archívu Mezinárodního úřadu pro váhy a míry v Sévres.
- Tento prototyp totiž sloužil a slouží jako vzor pro výrobu národních kopií, ze kterých se pak odvozují všechna vyráběná měřidla.
- Protože je uložen v archívu, říká se mu také někdy **archivní metr**.
- Konečnou podobu získal prototyp metru roku 1889. Je to platinoiridiová tyč s průřezem ve tvaru H, na které je dvěma vrypy vyznačena vzdálenost 1 m.

Definice metru

- Od roku 1960 byl metr definován takto:
 - Metr je délka rovnající se 1 650 763,73 násobku vlnové délky záření šířícího se ve vakuu, která přísluší přechodu mezi energetickými hladinami $2p_{10}$ a $5d_5$ atomu kryptonu 86.
- Podle této definice šlo metr reprodukovat s přesností řádu na 10^{-9} . To znamená, že délka kopie a originálu je stejná ještě na devátém místě za desetinnou čárkou.
- **Platná definice metru:**

Nová **definice metru** pocházející z roku 1983:

- Metr je délka dráhy světla ve vakuu během časového intervalu $1/299\,792\,458$ sekundy.

Odvozená jednotka	rozměr	označení
• kilometr	10^3 m	km
• hektometr	10^2 m	hm
• dekametr	10^1 m	dkm
• decimetr	10^{-1} m	dm
• centimetr	10^{-2} m	cm
• milimetr	10^{-3} m	mm
• angström	10^{-10} m	Å

- odvozeny z měr délkových

Plošné jednotky metrické soustavy:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|---------------|
| • kilometr čtverečný | 10^6 m^2 | km^2 |
| • hektar | 10^4 m^2 | ha |
| • ar | 10^2 m^2 | a |
| • decimetr čtverečný | 10^{-2} m^2 | dm^2 |
| • centimetr čtverečný | 10^{-4} m^2 | cm^2 |
| • milimetr čtverečný | 10^{-6} m^2 | mm^2 |

- velikost úhlů vyjadřujeme v míře stupňové a míře obloukové
- v míře stupňové můžeme úhel vyjádřit v soustavě šedesátinné a setinné
- šedesátinná soustava – plný úhel 360° (stupňů)
 1° (stupeň) = $60'$ (minut)
 $1' = 60''$ (vteřin)
- setinná soustava – plný úhel 400^g (gradů)
 $1^g = 100^c$ (gradových minut)
 $1^c = 100^{cc}$ (gradových vteřin)
- oblouková míra – plný úhel – obvod oblouk.kružnice $o = 2\pi$
přímý úhel π
pravý úhel $\pi/2$

Převody úhlových jednotek

- $1^{\circ} = 400^g / 360^{\circ} = 1,11111^g$
- $1' = 1,85^c, 1'' = 3,1^{cc}$

- $1^g = 360^{\circ} / 400^g = 0,9^{\circ} = 54'$
- $1^c = 32,4', 1^{cc} = 0,324''$

- $\alpha^{\circ} = 360^{\circ} / 2\pi \cdot \text{arc } \alpha$
- $\alpha^g = 400^g / 2\pi \cdot \text{arc } \alpha$

- zaměřování zemského povrchu je možné rozdělit dle dvou základních směrů na:
 - měření v horizontální rovině – tzv. polohopisné měření – výsledkem polohopisný plán či mapa
 - měření v rovině vertikální – tzv. výškopisné či výškové měření – výsledkem výškopis v podobě kót vrstevnic apod.

Polohopisné měření

- úkolem polohopisného měření je určení vzájemné polohy bodů, případně tvaru a polohy objektů na zemském povrchu ve směru horizontálním
- cílem měření je obvykle:
 - určení plošné výměry
 - konstrukce polohopisného plánu
- většinou se provádí tak, aby měřené hodnoty byly využitelné pro oba cíle
- měřené veličiny vyjadřujeme číselně nebo graficky

- **předmětem polohopisného měření jsou:**
 - pevné body základního a podrobného bodového pole
 - hranice majetkové a správní
 - hranice druhů pozemků a kultur
 - dopravní sítě
 - vodní toky
 - inženýrské sítě nadzemní i podzemní
 - další podrobné body dle účelu měření
- ***tvar předmětu*** – obrazec vytvořený měřením na přirozeném povrchu zemském nebo obrazec vytvořený svislým průmětem na tomto povrchu
- ***poloha předmětu*** – dána geometrickým vztahem jeho tvaru ke tvaru okolních předmětů měření a k osám zvoleného souřadnicového systému

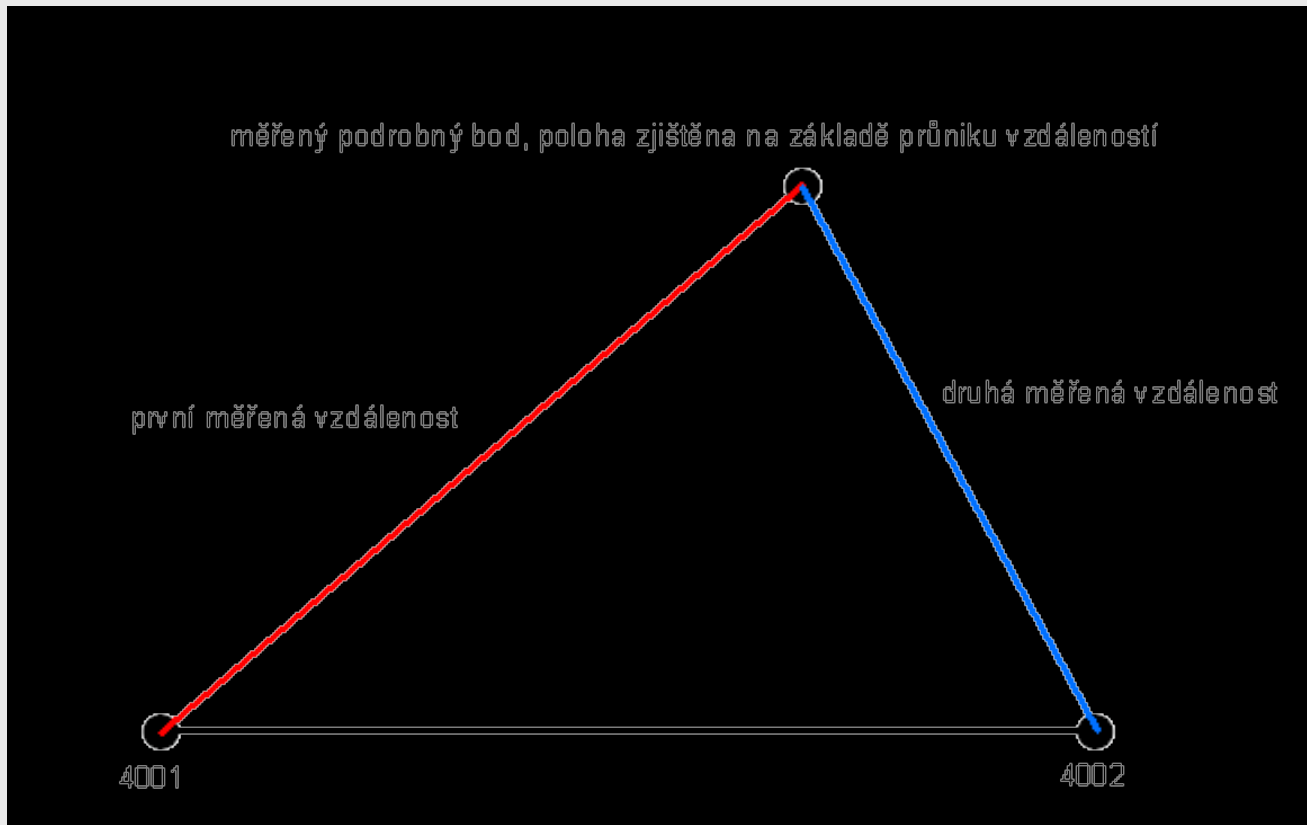
- Množství objektů je v přírodě ohraničeno křivkami. Pro účely měření se křivky nahrazují lomenými čarami tak, aby vzniklý náhradní prostorový mnohoúhelník se co nejvíce přibližoval k původnímu obrazci.
- Púdorys staveb a ostatních objektů určujeme z průniku stěn s přirozeným zemským povrchem.
- U nadzemních a podzemních předmětů je směrodatný jejich svislý průmět na přirozený povrch zemský.

- pozemky malé rozlohy je možné zaměřovat pomocí jednoduchých měřických pomůcek, mezi které patří:
 - výtyčky
 - měřická pásma
 - hranoly
 - měřické latě
 - olovnice
 - libela
- způsob a metoda měření závisí na tvaru, přehlednosti a přístupnosti zaměřovaného pozemku
- nejpoužívanějšími metodami při jednoduchých měřeních jsou metoda délkového měření a metoda pravoúhlých souřadnic

- Každému polohopisnému měření musí předcházet volba, vytyčení a zaměření měřické sítě, která vytvoří kostru pro kteroukoliv metodu měření.)
- Bez měřické sítě je možno zaměřit pouze velmi malé a přehledné území.
- Podle tvaru a velikosti pozemku a podle použité metody volíme tvar měřické sítě. Ta může být zvolena jako:
 - měřická přímka – u protáhlých pozemků s max. délkou 200 m
 - trojúhelník – u nepravidelných pozemků, do průměru 300 m
 - pravoúhelník – u pozemků čtyřúhelníkového tvaru, do průměru 300m
 - polygon – u nepravidelných rozsáhlých pozemků

- **Při volbě a vytyčení měřické sítě musíme dodržet následující zásady:**
 - vrcholy měřické sítě ztotožňujeme pokud možno s lomovými body hranic pozemku
 - za vrcholy měřické sítě volíme takové body, jejichž spojením vystihneme charakteristický tvar zaměřovaného pozemku, tj. trojúhelník, čtverec, obdélník, obecný čtyřúhelník nebo mnohoúhelník
 - jen výjimečně volíme vzdálenost sousedních vrcholů sítě větší než 200 m
 - vrcholy měřické sítě volíme tak, aby vzdálenosti podrobných bodů zaměřované situace byly od měřické sítě co nejmenší
 - pokud má pozemek dlouhé a přímé hranice, je výhodné je přímo volit za strany měřické sítě

- poloha jednotlivých bodů polohopisu se určuje výhradně pomocí měření délek, využitelné pouze u malých ploch
- zaměření pozemků trojúhelníkovým způsobem



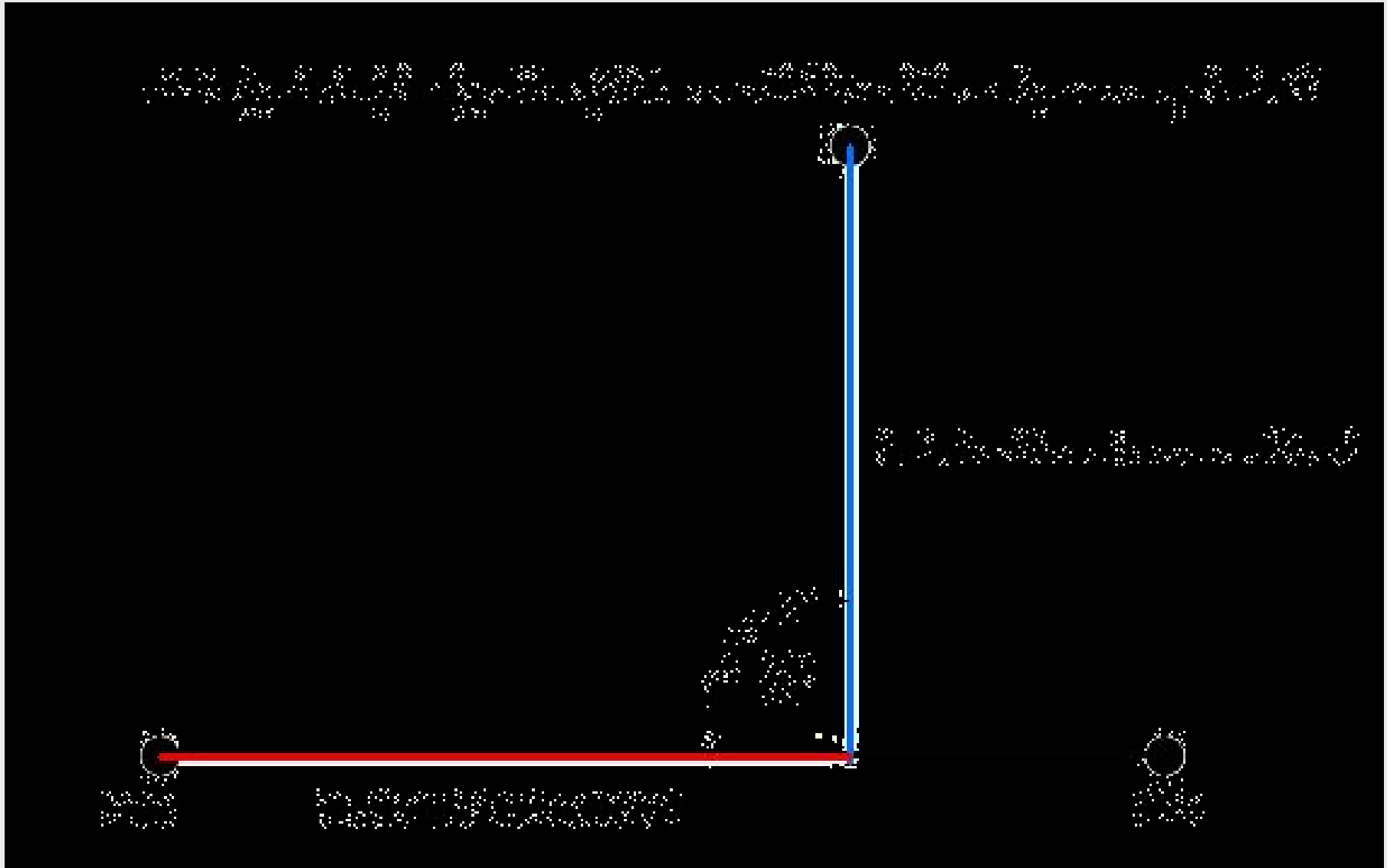
Metoda pravoúhlých souřadnic (kolmicová – ortogonální)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- jednotlivé podrobné body jsou určeny souřadnicemi pravoúhlé souřadnicové soustavy
- osa X – osa úseček – se ztotožňuje se stranou měřickou
- osa Y – osa pořadnic – je kolmicí vedenou počátkem měřické přímky
- určení úseček a pořadnic provádíme tak, že na měřické přímce vyhledáváme paty kolmic spuštěných z jednotlivých podrobných bodů zaměřovaného polohopisu
- měříme vzdálenost paty kolmice od počátku měřické přímky (osa X – úsečky x_1, x_2, x_3) a dále délky kolmic (pořadnice - y_1, y_2, y_3)
- délky kolmic by v rovině neměly přesáhnout 30 m, ve svahu 20 m, z důvodu přesnosti vytyčení kolmice, ojediněle lze připustit větší délku, nutno ověřit kolmici pomocí pravoúhlého trojúhelníku

Metoda pravoúhlých souřadnic (kolmicová – ortogonální)

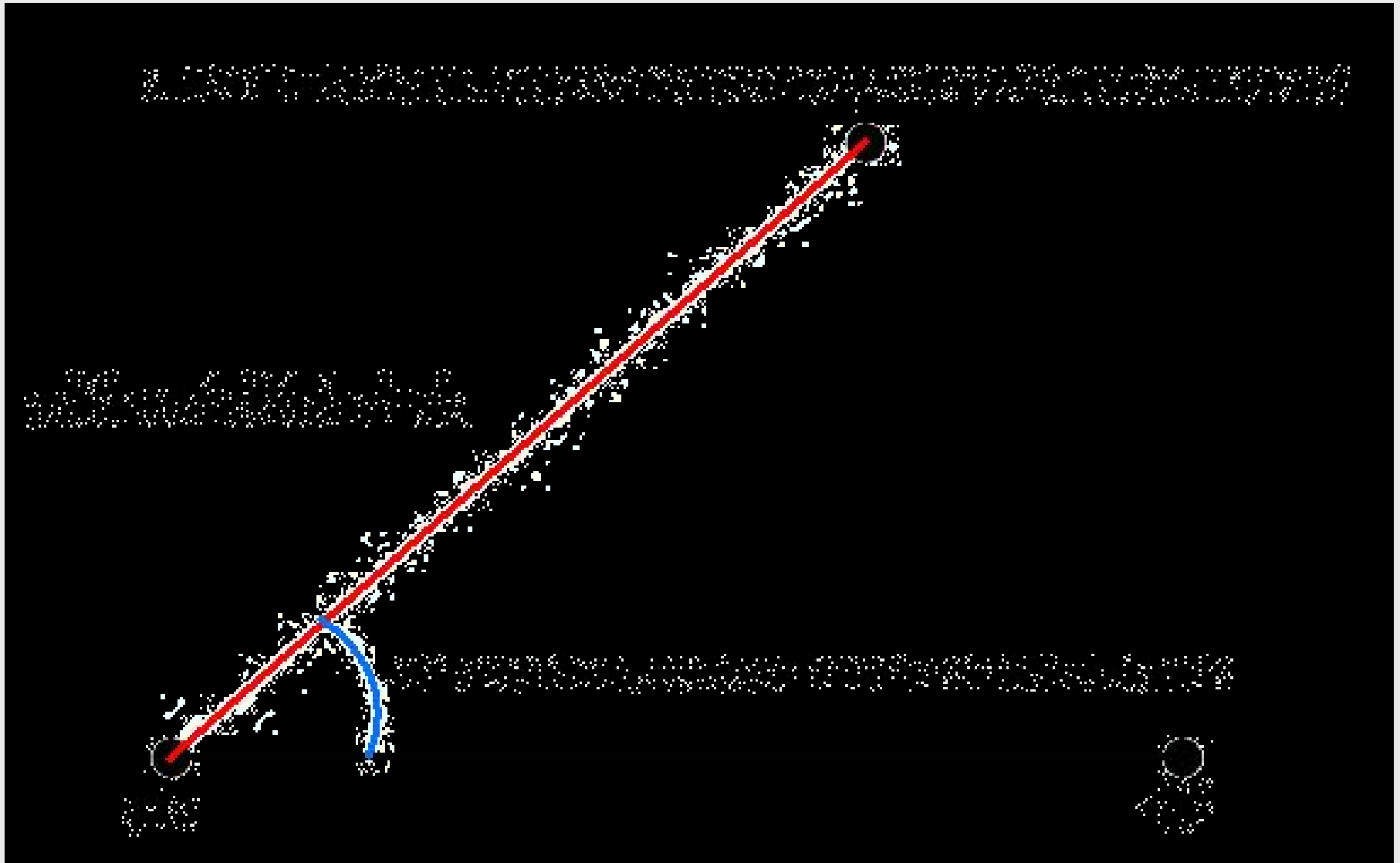


- jedna z nejpoužívanějších metod polohopisného měření
- výhodou je rychlost a jednoduchost měření, nevýhodou je potřeba úhломěrného přístroje s možností měření úhlů a délek
- polární metoda se dobře uplatňuje v přehledném terénu při zaměřování podrobného polohopisu v přehledném terénu
- poloha jednotlivých bodů je při této metodě určena polárními souřadnicemi:
 - vodorovným úhlem sevřeným základním směrem a směrem zacíleného bodu
 - vzdáleností zaměřeného bodu od stanoviska přístroje

Metoda polární

- jestliže nebudeme zaměřovanou situaci zakreslovat do stávající mapy, pak lze hranice pozemku menší rozlohy zaměřit z jediného vhodně zvoleného stanoviska – toto stanovisko je vhodné zvolit zhruba uprostřed zaměřovaného pozemku, aby vzdálenosti podrobných bodů polohopisu byly přibližně stejně dlouhé
- budeme – li zaměřovaný pozemek zakreslovat do stávající mapy, potom je potřeba zvolit za stanovisko bod, který je v daném mapovém podkladu zakreslen a základní směr určit zacílením na jiný známý zakreslený bod
- polární metodou je možno zaměřovat území různé velikosti, při zaměřování území o velké rozloze je potřeba si předem zvolit, stabilizovat a zaměřit měřickou síť, jejíž vrcholy budou sloužit při měření jako stanoviska přístroje

Metoda polární



Metoda směrová (průseková)

- metoda, při níž se podrobné body určují protínáním směrů zacílených z konců základny na jednotlivé body
- výhoda spočívá v tom, že při samotném měření zapisujeme pouze jedinou veličinu – vodorovný úhel
- využití při zaměřování rozlehlých nepřístupných pozemků, jejichž zaměření by vyžadovalo rozsáhlou měřickou síť
- měření spočívá v určení měřické základny a změření délky koncových bodů, z nichž jsou pak postupně měřeny úhly jednotlivé podrobné body, nutnost kontroly jednotlivých bodů, aby nedošlo k záměně
- výhoda průsekové metody je také v přesnosti měření

Metoda směrová (průseková)

