



Geodetické základy a triangulace  
Trigonometrické sítě na našem území  
Stabilizace a signalizace  
Tachymetrie - úvod  
Podélné a příčné profily

**Kartografie**

přednáška 6

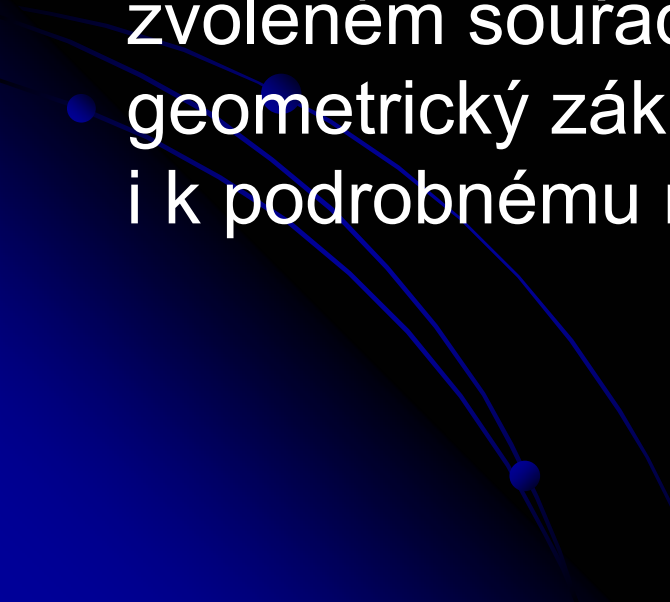
# Geodetické základy

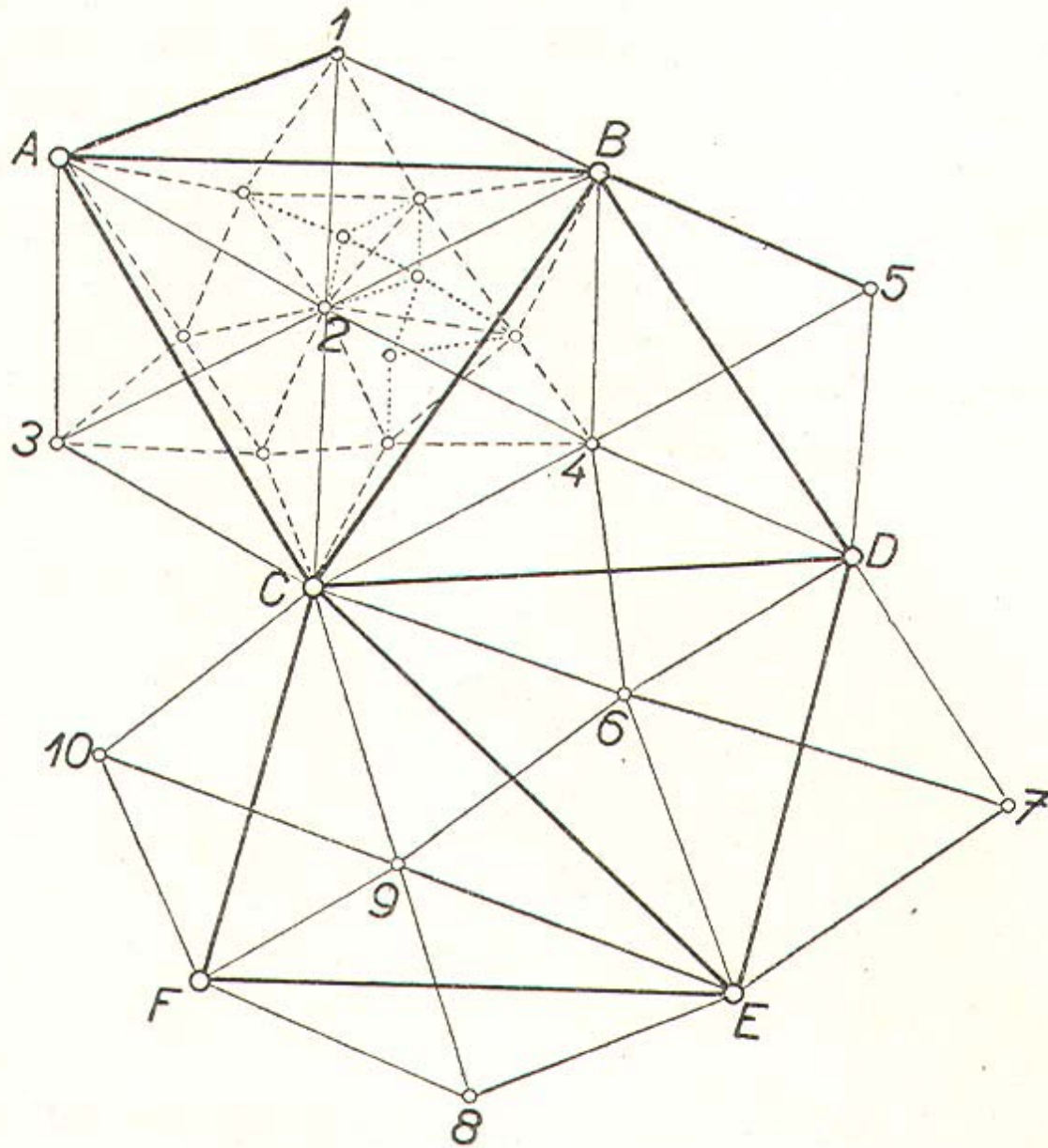
- ❑ při měření (mapování) větších územních celků dochází k nevyhnutelným chybám
- ❑ proto při měřických pracích nutno dodržovat takový postup, který zamezí hromadění chyb nebo aspoň sníží jejich vliv na minimum
- ❑ zásadně proto postupujeme z velkého do malého a z celku do podrobností => jinak by výsledky byly nepřesné a zkreslené
- ❑ každé geodetické měření většího rozsahu se musí opírat o předem vybudovanou síť pevných bodů (bodová pole)
- ❑ body v těchto bodových polích jsou polohově a výškově přesně určeny (trvale stabilizovány)
- ❑ tyto body tvoří tzv. geodetické základy
- ❑ geometrickým základem všech měření připojených na tyto body je trojúhelníková síť
- ❑ vrcholy těchto trojúhelníků nazýváme trigonometrické body
- ❑ tuto síť nazýváme **triangulační**

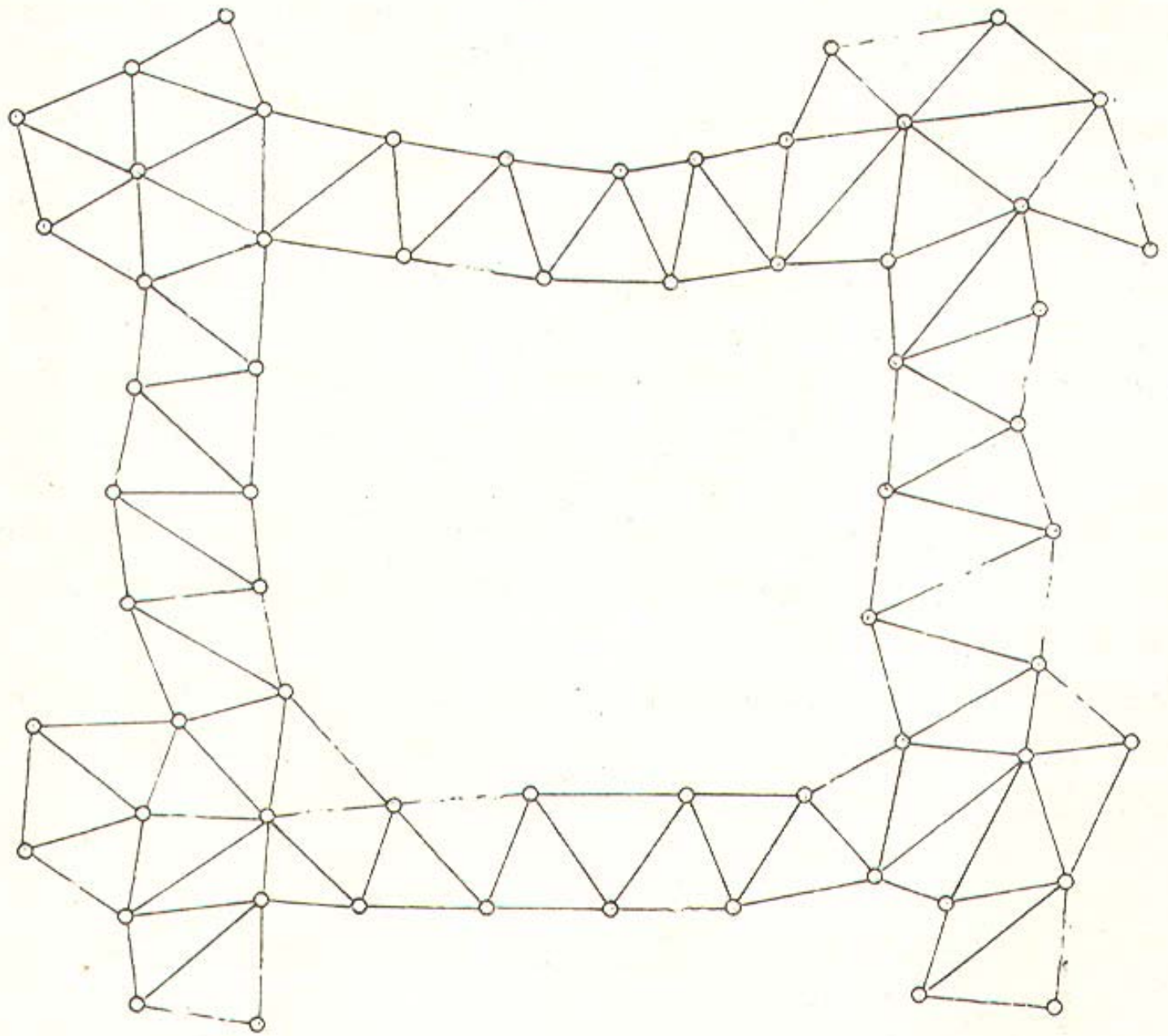
# Triangulace

- soubor měřických prací v trigonometrických (trojúhelníkových) sítích
- účelem je:
  - určit tvar a rozměry zemského tělesa
  - získat síť pevných bodů pro mapování území celých států
- poprvé použil triangulace (k určení rozměrů zemského tělesa) holanďan Snellius v roce 1615
- rozvržení, zaměření a výpočet souřadnic bodů trigonometrických sítí je určován podle zásady: "z velkého do malého"
- nejdříve se určí body základní trigonometrické sítě (velmi přesným astronomicko-geodetickým měřením)
- potom se mezi ně postupně vkládají další body
- vzájemným spojením vzniká síť o kratších stranách
- dalším vkládáním bodů vznikají sítě nižších řádů

- v trigonometrických sítích se zásadně měří všechny úhly v každém trojúhelníku a minimálně jedna strana
- délka strany se odvozuje z **geodetické základny** (jsou dlouhé 4 - 12 km)
- délky ostatních stran se určí postupným výpočtem trojúhelníků sinovými větami
- pro orientaci sítě se astronomicky určují zeměpisné souřadnice ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) aspoň na jednom základním bodě
- určí se azimuty stran vycházejících z těchto bodů
- takovéto body nazýváme **Laplaceovy**
- postupným výpočtem se určí zeměpisné souřadnice všech trigonometrických bodů (geodeticky)
- zaměřením všech úhlů a několika základen získáme nadbytečné veličiny pro vyrovnání sítě

- pro zobrazení výsledků v některém z konformních (úhlojevných) zobrazení musíme vyjádřit polohu trigonometrických bodů v pravoúhlých rovinných souřadnicích
  - ze zeměpisných souřadnic vypočítáme pravoúhlé jen u základních trigonometrických bodů
  - poloha ostatních se určuje pouze výpočty v rovině
  - určením polohy trigonometrických bodů ve vhodně zvoleném souřadnicovém systému je dán geometrický základ k dalšímu zhušťování sítě, a tím i k podrobnému měření
- 







# Trigonometrické sítě na našem území

## ➤ Staré trigonometrické sítě

- byly vybudovány pro katastrální mapování (1817 - 1864) a vojenské mapování (1807 - 1884)
- kladná poloosa  $X$  směřovala k jihu (ve směru poledníků)
- za osu  $Y$  zvolena hlavní kružnice kolmá k ose  $X$ , která procházela počátkem
- kladný směr osy  $Y$  na západ, záporný na východ
- poloha každého bodu vyjádřena sférickými souřadnicemi, které se zobrazovaly jako přímky na sebe kolmé
- proto zanedbáno zakřivení zemského povrchu a sbíhavost hlavních kružnic (poledníků)

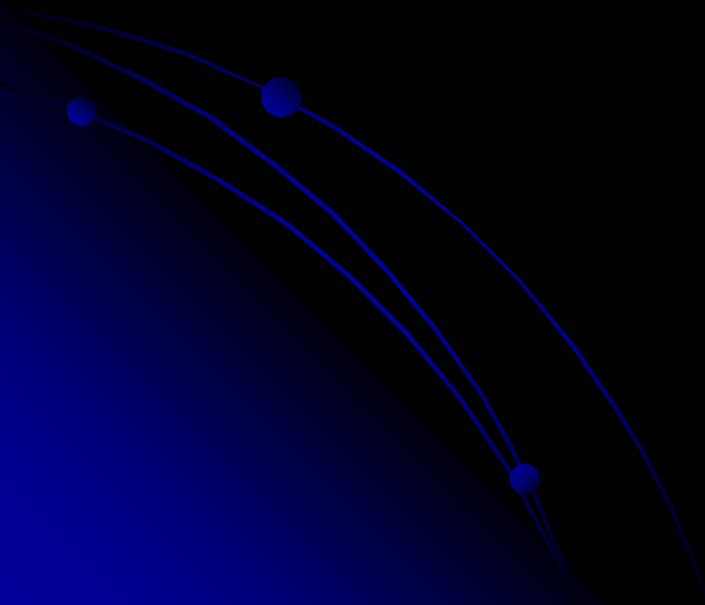


- aby nedocházelo k velkému zkreslení => mapované území rozděleno na úzké pruhy (ve směru sever - jih)
- souřadnicové systémy voleny pro každou zemi (Gusterberg, sv. Štěpán, Gellérthegy)
- poloha trigonometrických bodů v sítích I. až III. řádu byla určena početně
- v sítích IV. řádu byla poloha trigonometrických bodů určena pouze graficky na měřickém stole a byla proto nepřesná
- v těchto systémech byla vyhotovena většina dosud používaných map velkých měřítek

## ➤ Jednotná trigonometrická síť katastrální

- pro naši republiku zvolena po roce 1920
- do roviny převedena obecným konformním kuželovým zobrazením
- byla geometrickým základem nového katastrálního mapování
- poloha trigonometrických bodů se nejdříve převede Gaussovým konformním zobrazením z elipsoidu na kouli a z ní konformně (stejnoúhle) na plášť kužele
- počátek posunut na sever (všechny body mají kladné souřadnice)
- síť jtsk se dělí na body I. - IV. řádu

- délky stran 2 - 50 km
- síť byla později zhuštěna body V. řádu (délka stran 1 - 2 km)
- trigonometrické body jsou číslovány podle pořadí a řádů (např. 215, poslední číslice 5 udává řád, předchozí číslo 21 pořadí bodu v pátém řádu)



## ➤ Trigonometrická síť po roce 1954

- od tohoto roku se používá při mapování Gaussovo zobrazení (příčné válcové, konformní) v mezinárodní úpravě
- trigonometrické body I. – IV. řádu jsou číslovány průběžně v rámci mapy 1 : 100 000
- jsou číslovány na mapových listech 1 : 50 000 (od 1 do 299)
- trigonometrické body podrobné sítě jsou číslovány od 301 do 399
- podrobná síť se doplňuje zhušťovacími body (vzdálenost 0,5 - 1,2 km)
- vzniká tak bodové pole o hustotě 1 bod na km<sup>2</sup>

# Základní trigonometrická síť

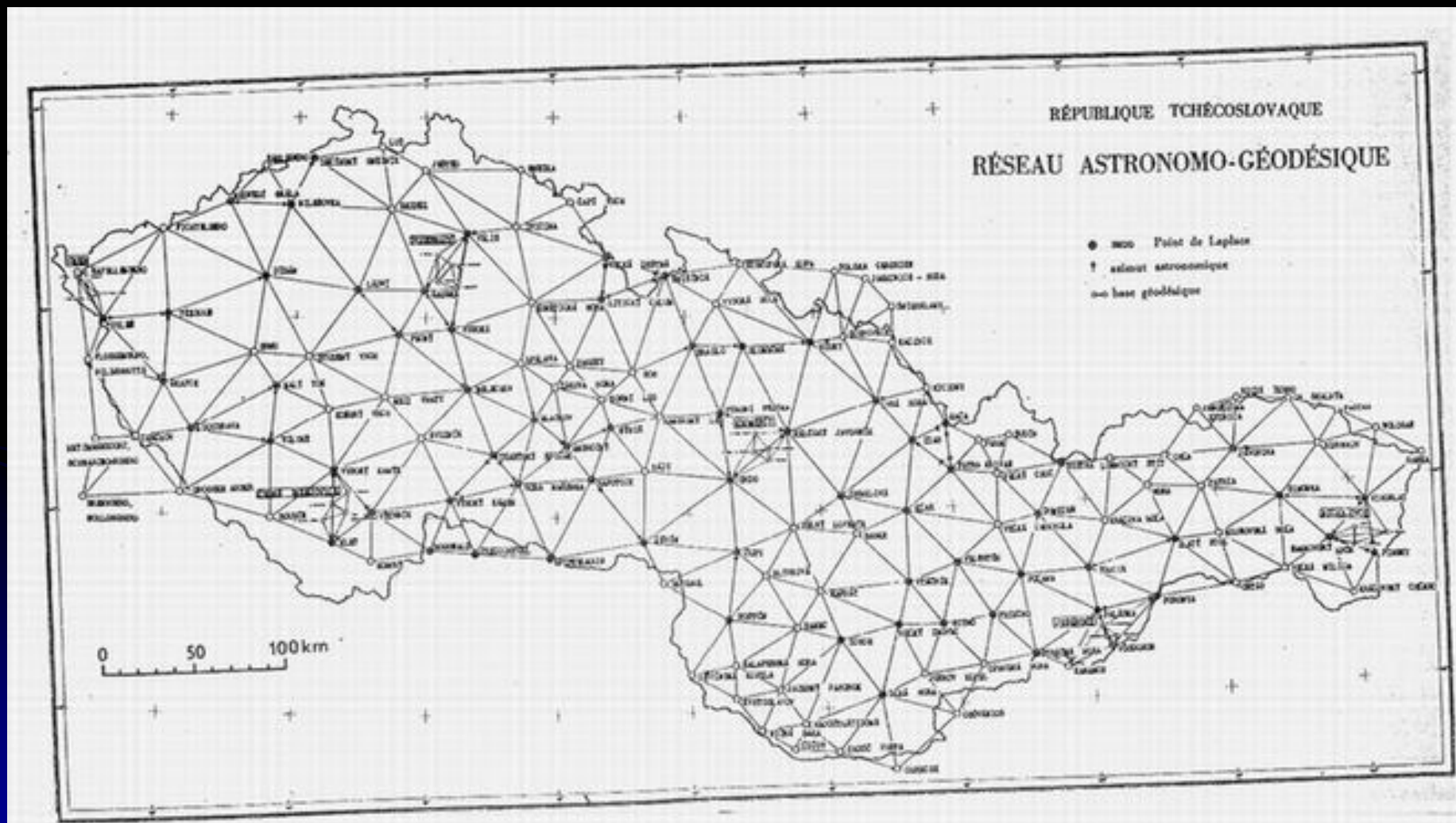
- strany dlouhé 30 - 50 km
- přímo se měří pouze úhly
- délky stran se určují pomocí geodetických základen
  - měřeny velmi přesně soupravami invarových drátů
  - délka základen 4 - 12 km
  - vybudováno několik základen
- dalším zhuštěním vznikají sítě nižších řádů (II. - V. řád)
  - měřeny výhradně úhly
- poloha bodů trigonometrických sítí se vyjadřuje souřadnicemi v dané pravoúhlé souřadnicové soustavě
- soustava je volena tak, aby body byly zobrazeny s co nejmenším zkreslením
- práce spojené se zobrazováním větších částí povrchu Země řeší vyšší geodézie a kartografie

# Dělení bodových polí

## □ Základní polohové bodové pole (ZPBP)

- body astronomicko-geodetické sítě (celkem 144 bodů, v ČR 63)
  - 681 úhlů ve 227 trojúhelnících
  - 6 geodetických základen : Cheb (4,4 km), Poděbrady (12,4 km), České Budějovice (9,6 km), Kroměříž (9,3 km), Jesenské (6,3 km), Michalovce (9,6 km)
  - 53 Laplaceových bodů (astronomicky určeny zeměpisné souřadnice a alespoň jeden azimut)
  - gravimetricky zaměřeno 108 bodů I. řádu a 499 bodů II. ř.
- body České státní trigonometrické sítě (28 900 bodů) - označují se čísla 1 až 500 v rozsahu triangulačního listu (10 x 10 km)
- body geodynamické sítě (32 bodů)
  - slouží ke sledování pohybů zemského povrchu
  - ZGS je opakovaně zaměřována metodou GPS, velmi přesnou nivelací (VPN) a gravimetricky

# Body astronomicko-geodetické sítě





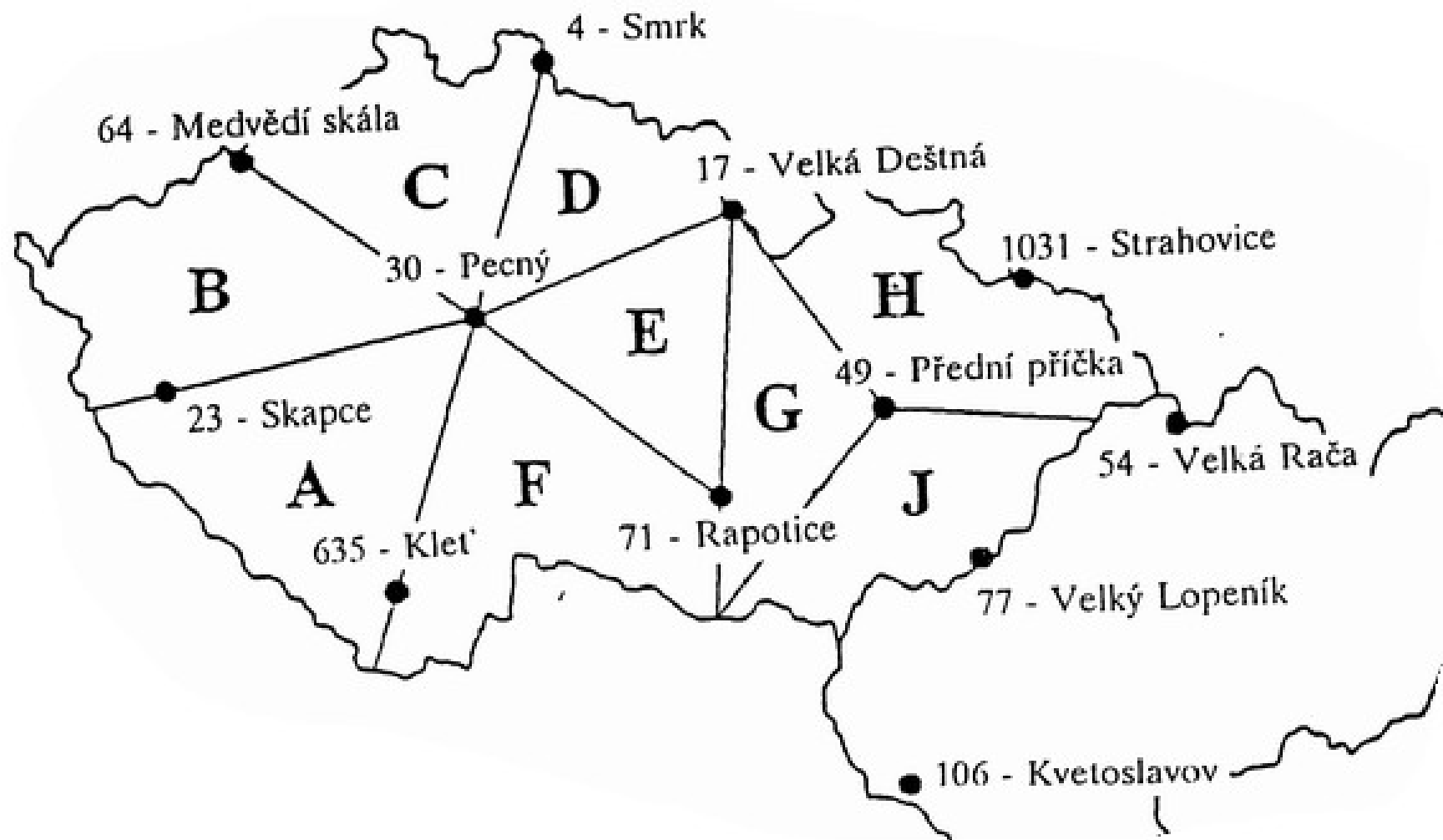
- body referenční nultého řádu (ČR 10 a SR 9 bodů)
  - kampaň CS-NULRAD-92 (zhustila původních 6 bodů) z kampaně EUREF-CS/H-91 (Pecný, Přední Příčka, Kleť, Velká Rača, Kvetoslavov, Šaňkovský grůň)

<i>pr. č.</i>	<i>NULRAD</i>	<i>S-JTSK</i>	<i>název</i>	<i>Poznámka</i>
9301	301		GOPE	Vestavěný pilíř GO Pecny
9635	635	40130285	KLEŤ	Zajišťovací bod na rozhledné
9023	23	1903021	SKAPCE	Bod AGS, centrum
9064	64	05040023	MEDVĚDÍ SKÁLA	Excentrické stan.
9004	4	0812006	SMRK	Bod AGS, centrum
9017	17	1724003	V. DEŠTNÁ	Bod AGS, centrum
9071	71	4311026	RAPOTICE	Bod AGS, centrum
9049	49	3524005	PŘEDNÍ PŘÍČKA	Bod AGS, centrum
9031	1031	2719020	STRAHOVICE	TB 1. rád, centrum
9077	77	5706006	V. LOPENÍK	Bod AGS, centrum
9106	106		KVETOSLAVOV	Bod AGS, centrum
9054	54		V. RAČA	Bod AGS, centrum

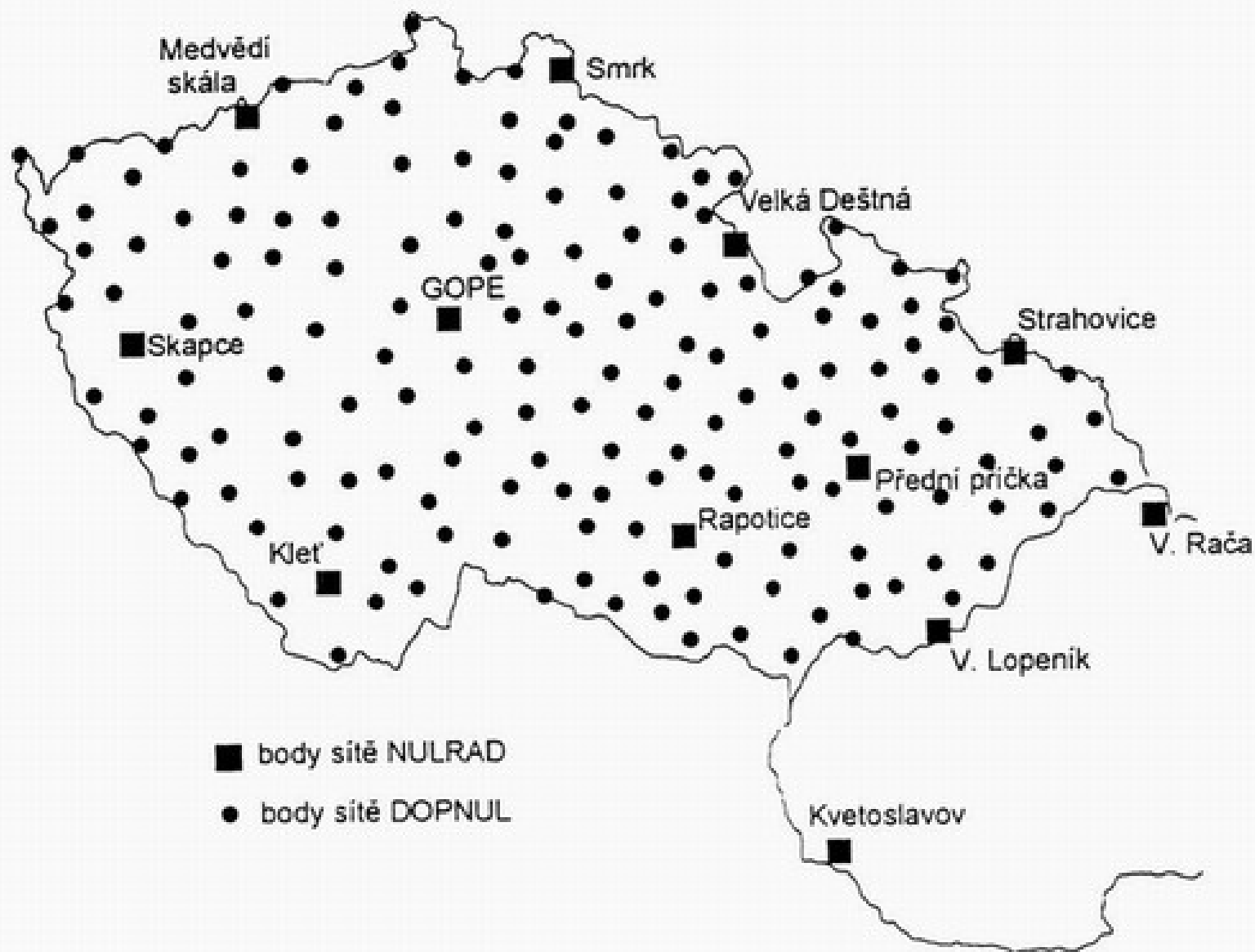
## ➤ body kampaně DOPNUL (1993-1994)

- vybráno 176 bodů (identických s body JTSK) - mají souřadnice S-JTSK i ETRS (geocentrický evropský referenční systém)
- vyhovují pro měření GPS i pro terestrická měření totálními stanicemi při extrémních délkách
- hustota sítě - přibližná vzdálenost bodů 5 km
- pouze na vybraných bodech se provádí údržba !!
- OB1 a OB2 s určenými souřadnicemi se převádějí do souboru ZhB
- ochrana bodů: ochranná tyč, betonová skruž, ochranný kopec, tříboká pyramida

# Sektory kampaně DOPNUL



# Rozložení bodů realizujících souřadnicový systém ETRS-89 v České republice



## □ Podrobné polohové bodové pole (PPBP)

- zaměřují se převážně polygonovými pořady připojenými na základní polohové bodové pole
- střední polohová chyba:  $m_{xy} = 0,06$  m
- správu provádějí KÚ (nezahrnuje údržbu !!!)
- body nejsou plošně ošetřovány ani udržovány
- počet je neustále redukován činností člověka
- význam pro zeměměřickou praxi bude asi klesat  
=> možnost připojení na body ZPBP a ZhB

## □ Zhušťovací body (ZhB)

- celkem asi 35 000 bodů
- hustota: cca 1-2 body / km<sup>2</sup>
- střední polohová chyba:  $m_{xy} = 0,02$  m
- práce realizuje 7 KÚ I.typu (Praha, Brno, České Budějovice, Plzeň, Liberec, Pardubice, Opava)
- naprostá většina má dnes obojí souřadnice (S-JTSK a ETRS)
- nyní mají většinou vyšší kvalitu než řada TB

# Stabilizace a signalizace bodů

## □ Základní polohové bodové pole

- body I. - V. řádu se stabilizují jednou povrchovou a dvěma podzemními značkami (pro případ zničení)
- povrchovou značkou je kamenný hranol s křížkem
- podzemními značkami jsou kamenné nebo skleněné desky

## □ Zhušťovací body

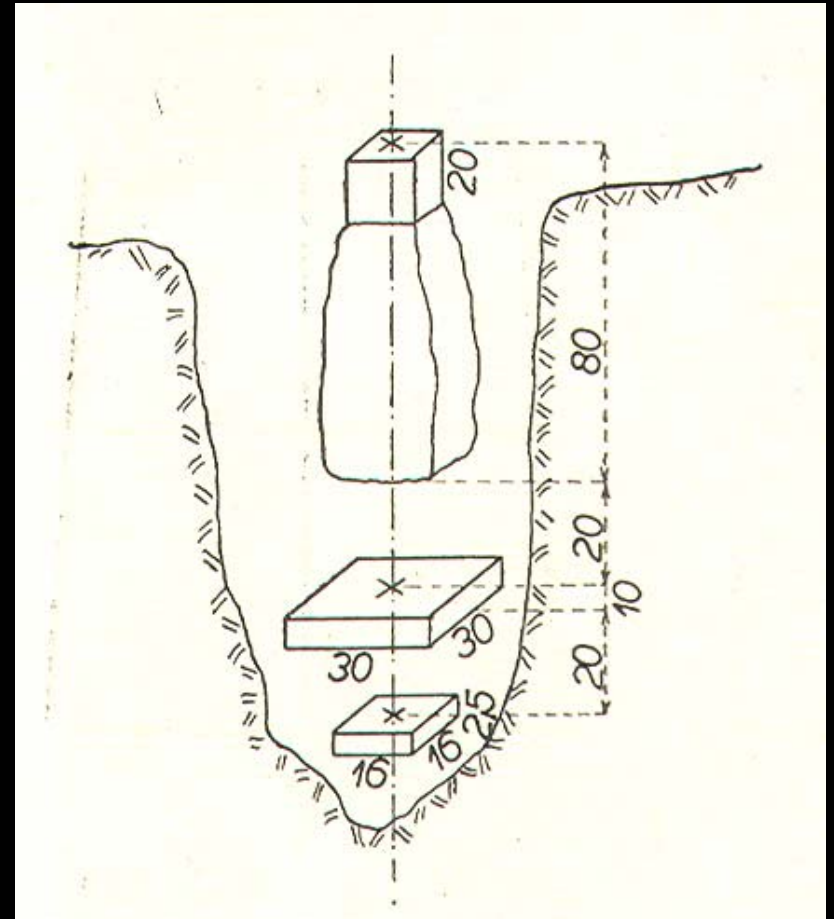
- stabilizace jednou povrchovou a jednou podzemní značkou

## □ Podrobné polohové bodové pole

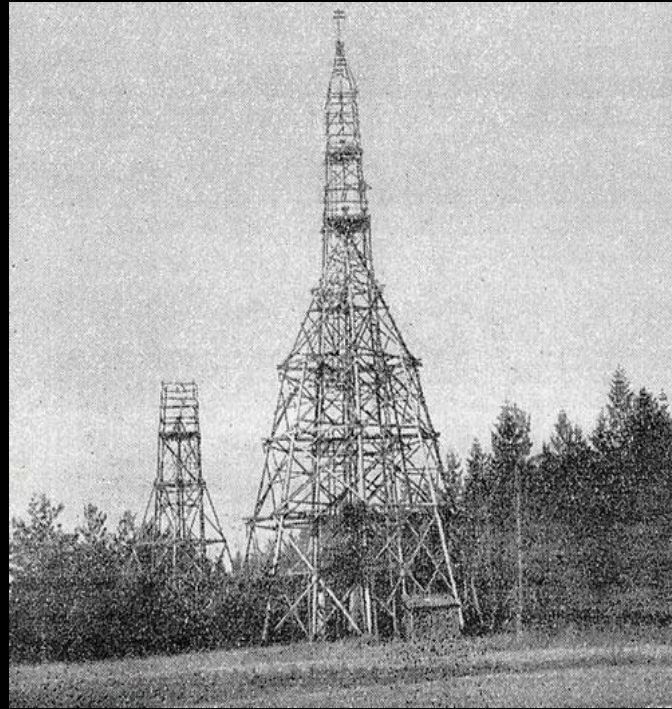
- stabilizace jednou povrchovou značkou
  - kamenné hranoly
  - betonové pilíře
  - ocelovými tyčemi
  - hřeby
  - plastovými značkami (geoharpony)
  - rohy budov

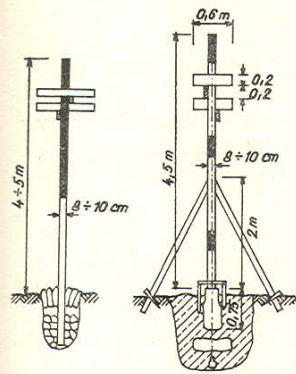


# Ukázky stabilizace

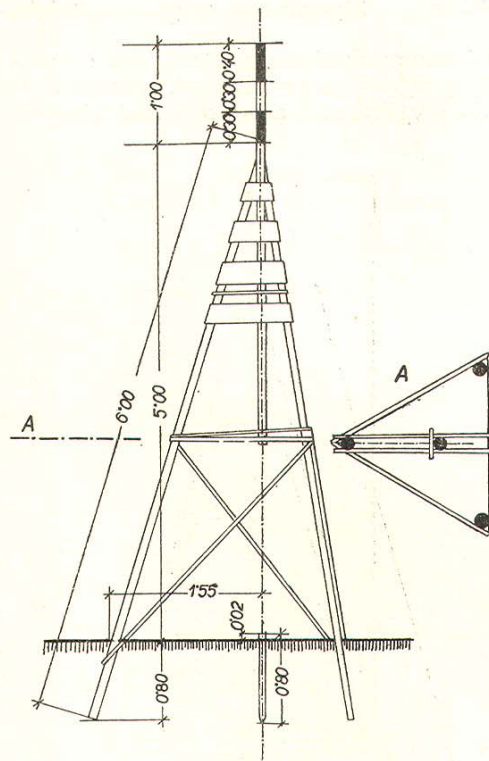


# Ukázky dřívější signalizace

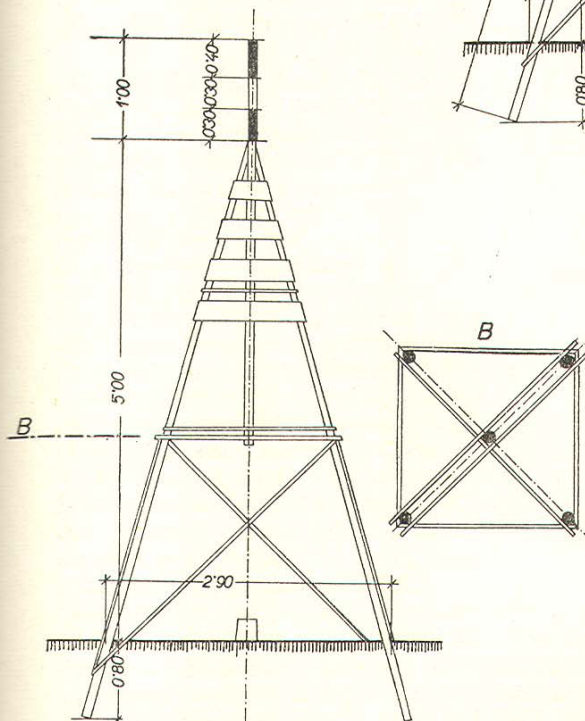




Obr. 136.



Obr. 137a.

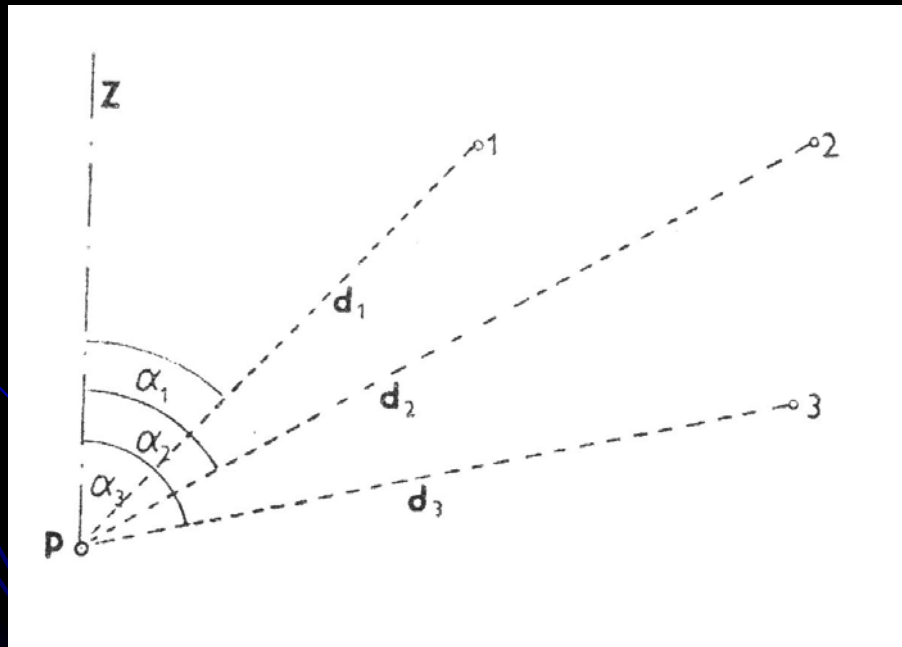


Obr. 137b.

# Tachymetrie

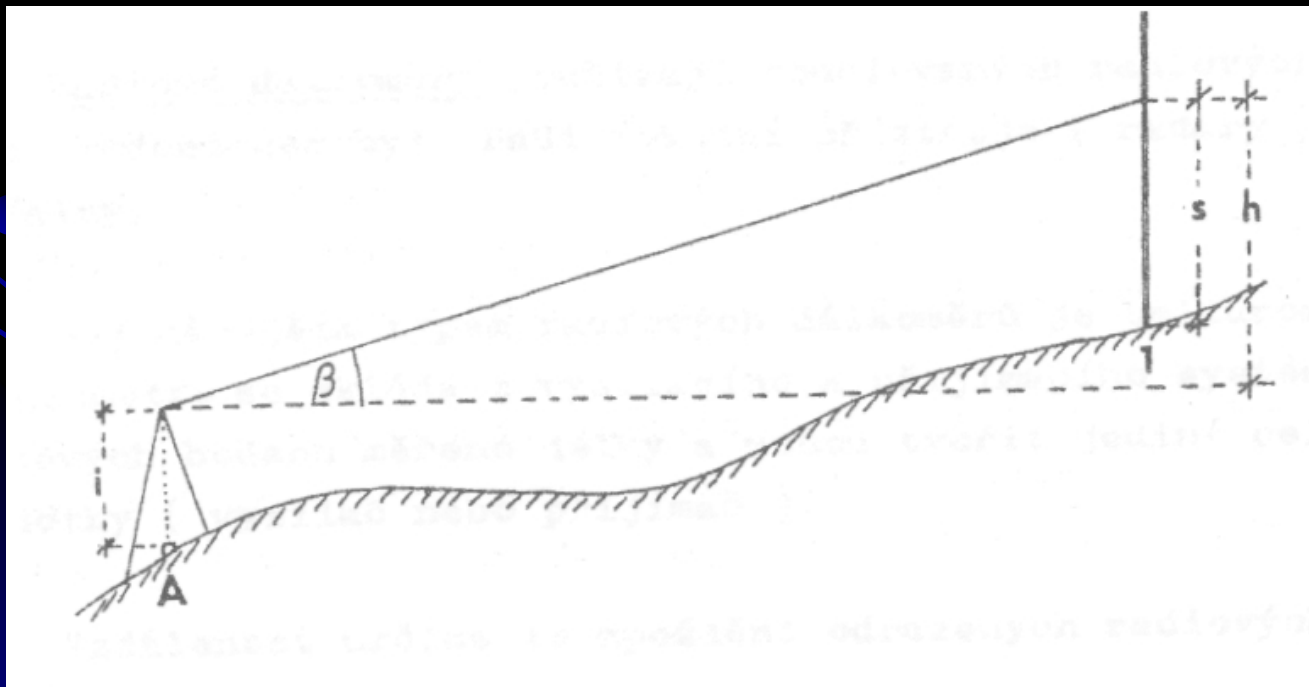
- ❑ měřická metoda vhodná k zaměřování terénního reliéfu zemského povrchu
- ❑ současné měření polohopisu a výškopisu nebo jen samostatné doměření výškopisu do polohopisného podkladu
- ❑ výsledkem tachymetrického měření jsou výškopisné a polohopisné plány používané k řešení úkolů technického projektování
- ❑ princip tachymetrie spočívá v současném určování polohy a výšky jednotlivých bodů zemského povrchu

- poloha se určuje polárními souřadnicemi:
  - vodorovným úhlem  $\alpha$  měřeným od základního orientačního směru  $Z$
  - vzdáleností  $d$  měřené od stanoviska přístroje  $P$  (měří se opticky)





- výšky bodů se určují trigonometricky, pouze vyjímečně geometrickou nivelací kupředu
- určujícími tachymetrickými prvky, ze kterých je možno vypočítat polohu a výšku bodů jsou laťový úsek  $l$ , vodorovný úhel  $\alpha$  a výškový úhel  $\beta$



- pro měření tachymetrických prvků používáme tachymetry, universální teodolity, busolní teodolity nebo optické dálkoměry
- v běžné praxi se uplatňuje tachymetrie technická, která se používá k zaměření území v měřítku 1 : 2 000 až 1 : 500
- tachymetrického měření se také používá pro:
  - technickohospodářské výškopisné mapování zobrazující velké souvislé části zemského povrchu v měřítku 1 : 5 000 a větším
  - topografické mapování
  - měření podkladů pro projekční činnost



# Podélné a příčné profily

- patří mezi základní měřické podklady pro projekci a výstavbu všech liniových staveb jako:
  - komunikace
  - vodní toky
  - vodovody
  - kanalizace

## Podélné profily

- řezy svislé roviny s terénem proložené podélnou osou stavby

## Příčné profily

- řezy svislé roviny s terénem kolmé na osu stavby

# Podélné profily

□ získáváme je:

▪ **přímým měřením délek a výšek**

- komunikace
- vodovody
- kanalizace

▪ **odvozením z příčných profilů**

- vodní toky
- vodní stavby

□ nejdříve se musí polohově vytyčit osy staveb

□ základem měření je polygon

□ vede se přibližně osou stavby

- ❑ důležité situační body po obou stranách osy stavby se doměří kolmicemi k polygonovým stranám
- ❑ vyznačíme body kterými budou procházet příčné profily
- ❑ všechny body zaměříme polohově i výškově
- ❑ výšky koncových bodů profilu připojíme na body ČJNS
- ❑ výšky stabilizovaných bodů určujeme na milimetry a výšky terénu na centimetry
- ❑ použití technické nivelace
- ❑ při vynášení profilu volíme výškové měřítko přibližně 10 x větší než podélné => lépe vynikne výšková rozlišnost terénu

# Příčné profily

- měříme je po vytyčení a stabilizaci osy stavby
- zaměřují se v pravidelných odstupech (10 m, 20 m, 50 m)
- dále se zaměřují i v charakteristických bodech trasy a vertikálních zlomech
- směr profilu nejjednodušeji vytyčíme hranolem (pentagonem)
- zaměření spočívá v určení vzdáleností a výšek jednotlivých bodů profilu
- měříme je nivelačním přístrojem nebo také svahoměrnou soupravou (svažitý terén, násypy a zářezy)

# Příklad příčného a podélného profilu

