

# **Geodézie 3 (154GD3)**

**Téma č. 8: Podrobné měření výškopisu - tachymetrie**

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## **Výškopis:**

Vytváření obrazu světa měření a zobrazováním do mapy (v jakékoli formě) předpokládá měření polohy a výšky (polohopis a výškopis). Měření polohopisu se zabývají předchozí předměty GD.

V GD3 doposud uváděné metody obvykle slouží k budování výškových sítí s vysokou přesností nebo pro přesné práce inženýrské geodézie (sledování posunů a přetvoření apod.). Běžné např. mapovací práce však nevyžadují tak vysokou přesnost a tedy nestojí za vynaložení takového množství času (a peněz), zde se využívají jiné – méně přesné, a zejména rychlejší metody.

Při podrobném měření výškopisu se využívají mnohé metody, které umožňují automatizované určování velkého množství bodů s velkou rychlostí, jako jsou letecká fotogrammetrie a laserové skenování, kterým geodetická pozemní měření z hlediska rychlosti a ceny nemohou konkurovat. Geodetické pozemní metody se tedy využívají jako metody doplňkové (doměření) a nebo v případech, kdy je třeba vyšší přesnost nebo nelze měřené body identifikovat ze vzduchu.

# Tvorba výškopisných map.

## Podrobné měření výškopisné

- **Přímé měření** – mapy velkých měřítek (1 : 1 000 a více (1 : 500 atd.)), výjimečně až 1 : 5 000.
- Letecká fotogrammetrie - mapy středních měřítek (1 : 10 000 – 1 : 50 000 )
- Kartografické odvození – mapy malých měřítek (1 : 100 000 a dále)

Mapy malých měřítek většinou bez vrstevnic, výškopis vyjádřen hypsometrií.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

- generalizace,
- Metody :
  - Kopečková metoda (malý kopeček = malé hory, velký kopeček = velké hory) - historické,
  - Topografické šrafy - historické,
  - Stínování,
  - Barevná hypsometrie,
  - Kóty (absolutní, relativní),
  - Vrstevnice,
  - Technické šrafy.

# Tvorba výškopisných map.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

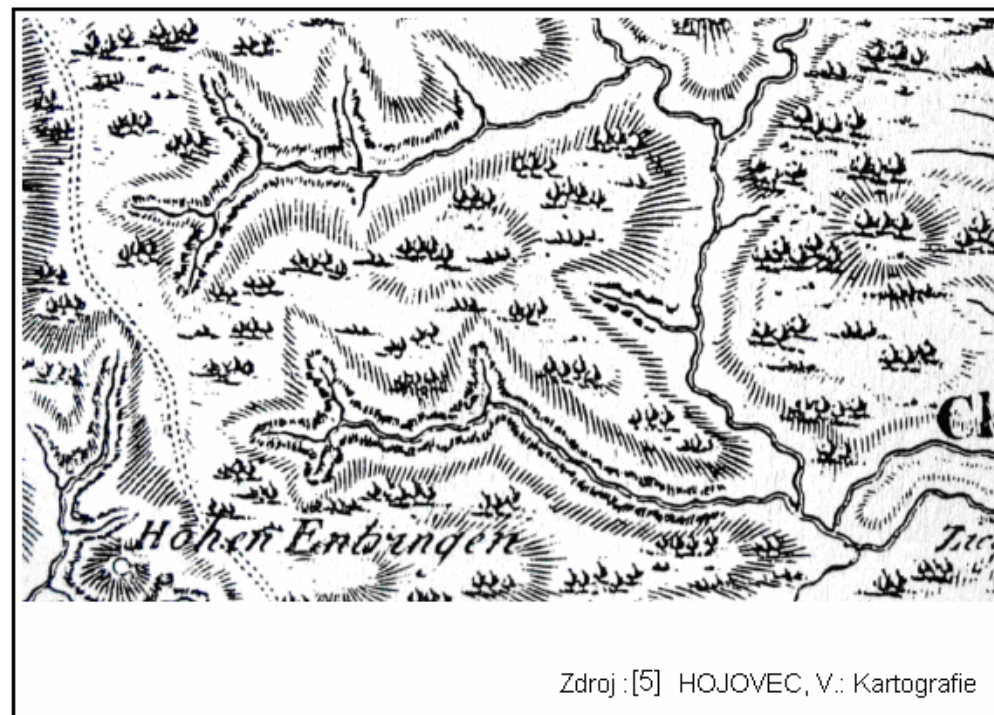
- Kopečková metoda



# Tvorba výškopisných map.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

- Různé metody šrafování (kreslířské, krajinné šrafy)

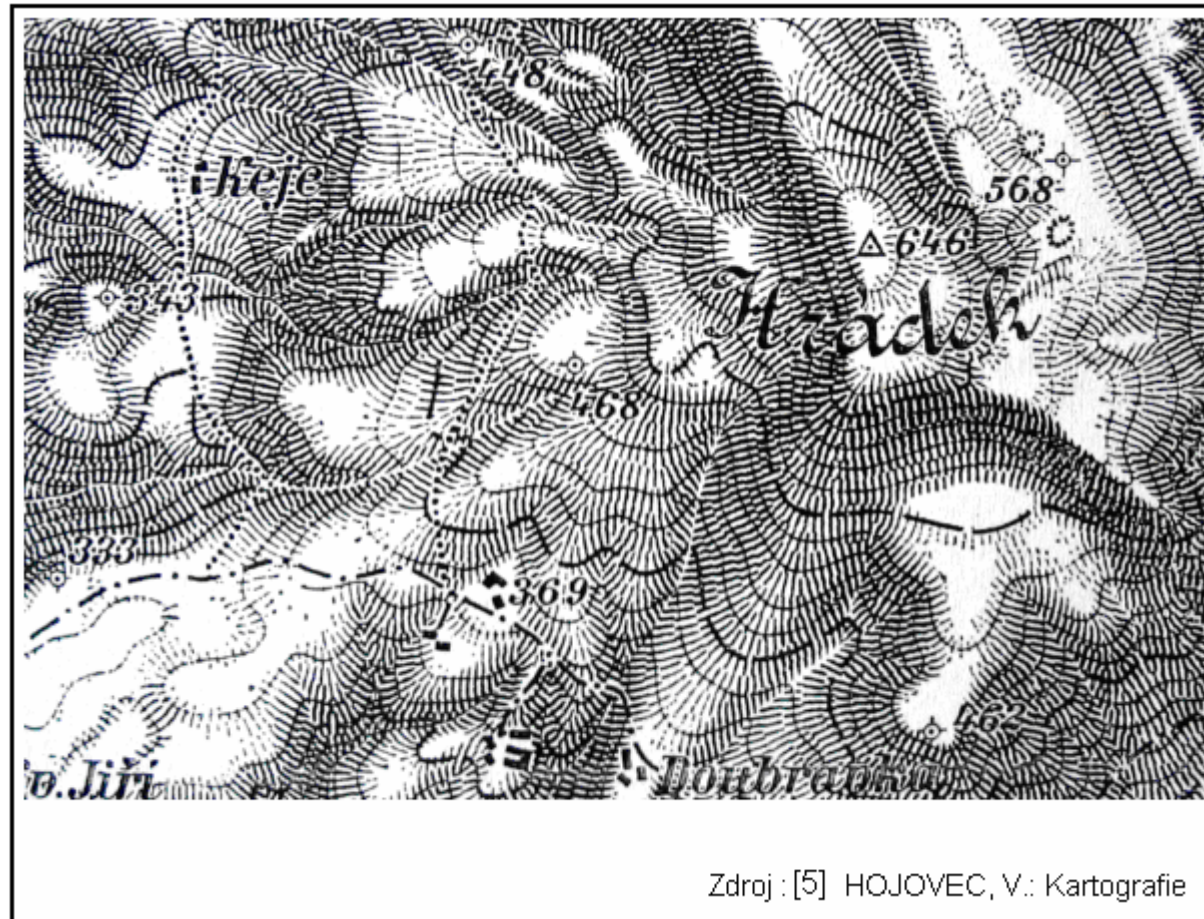




# Tvorba výškopisných map.

## Terénny reliéf a jeho znázorňovanie

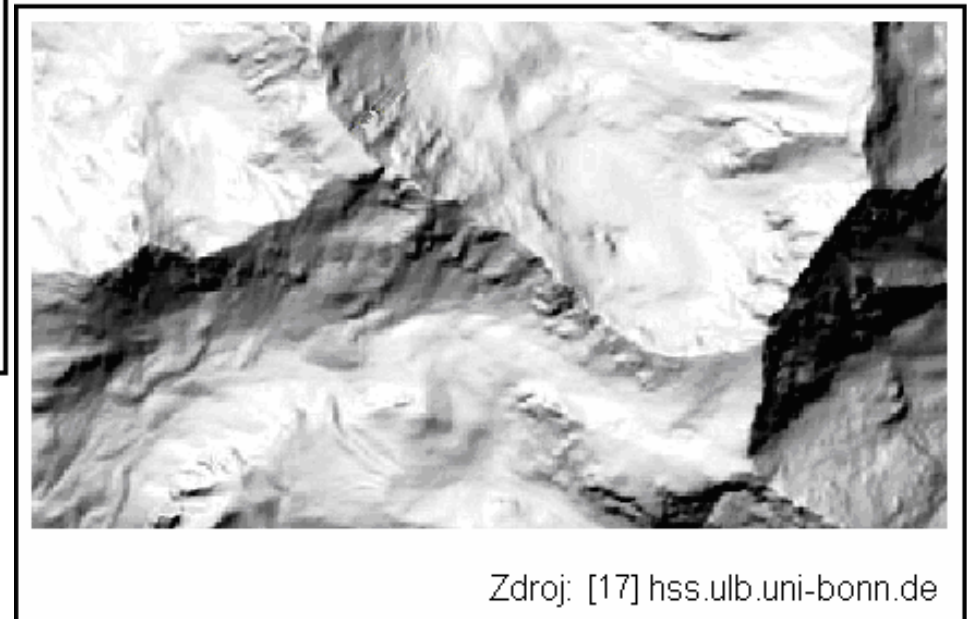
- Různé metody šrafovaní (Lehmannovy šrafy)



# Tvorba výškopisných map.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

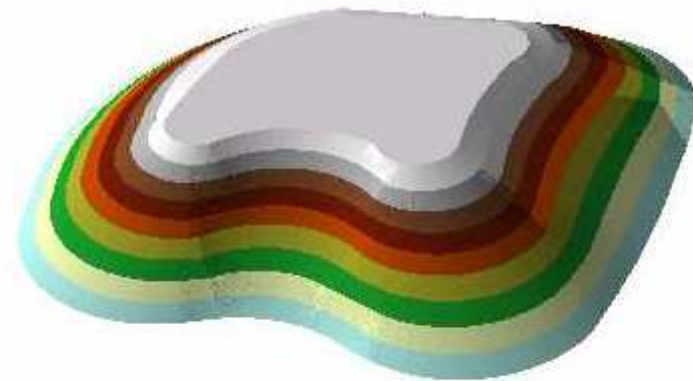
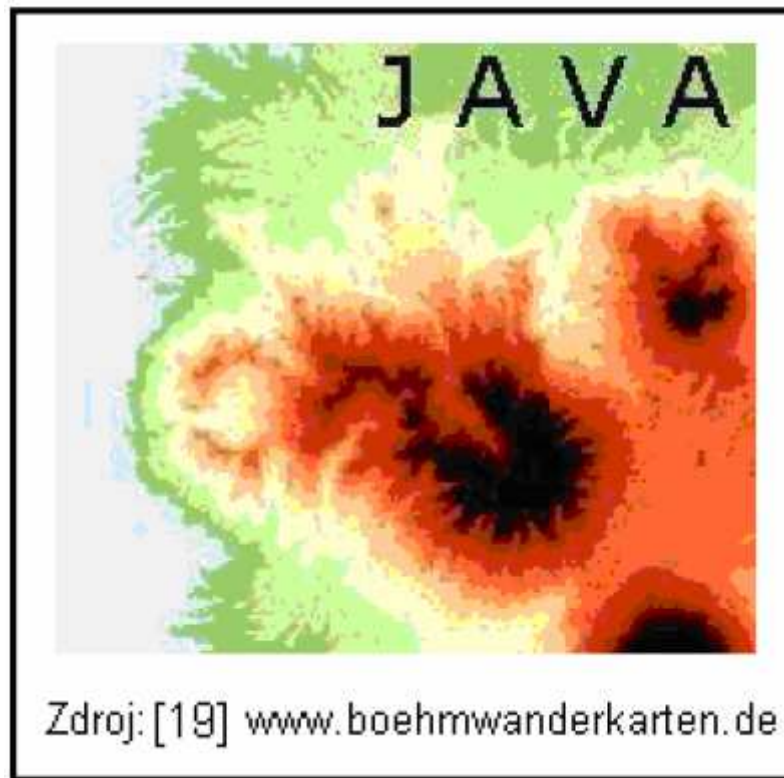
- Stínování



# Tvorba výškopisných map.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

- Barevná hypsometrie

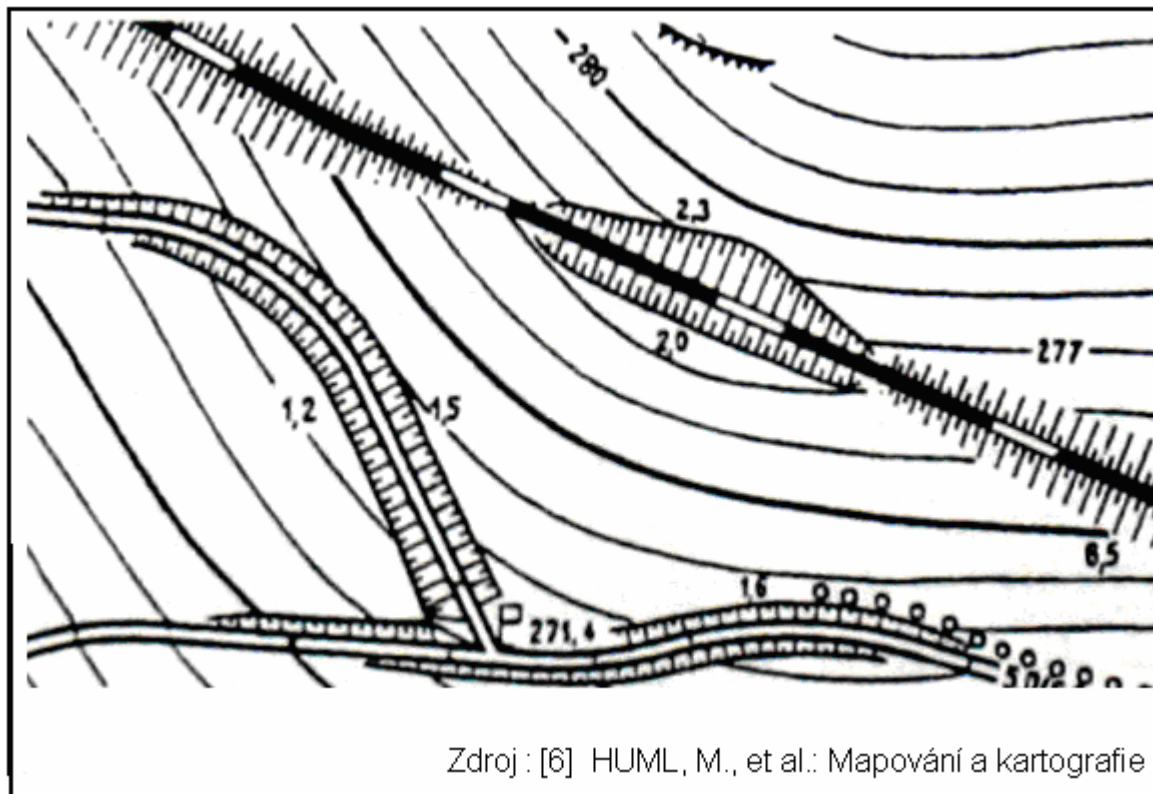
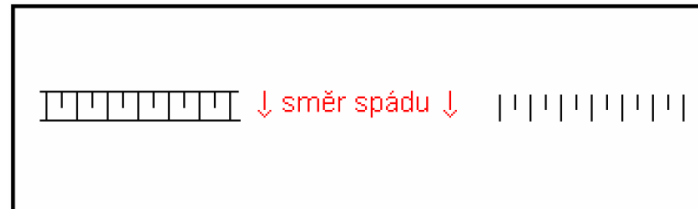




# Tvorba výškopisných map.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

- Technické šrafy

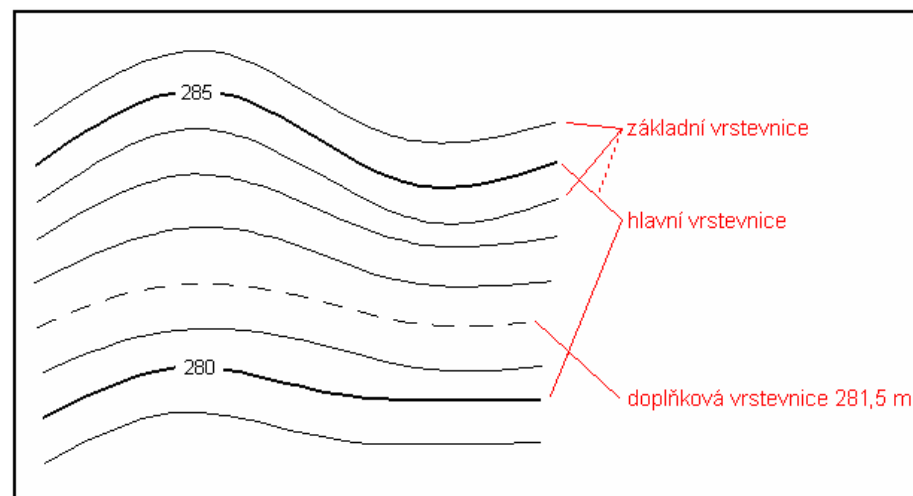
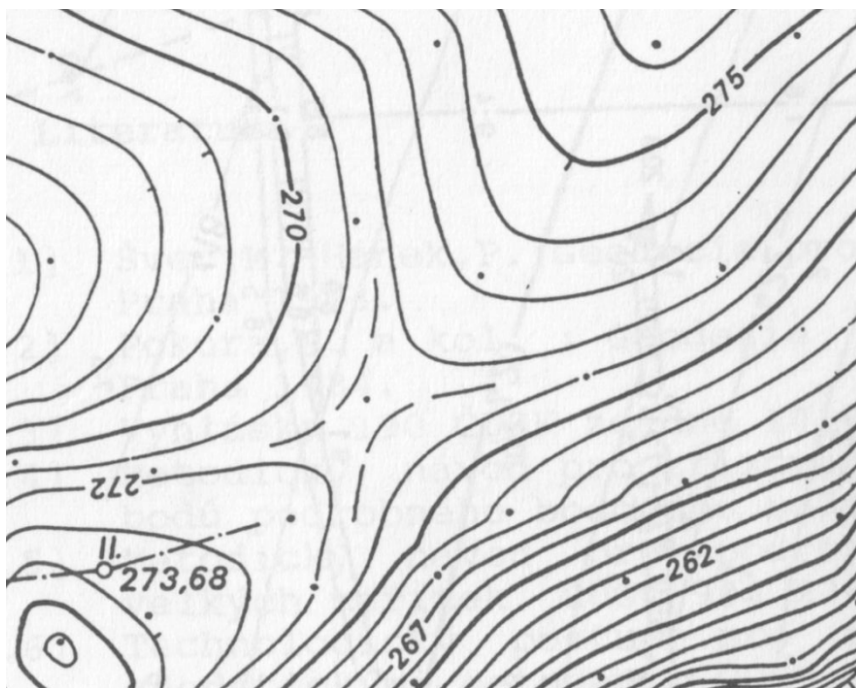


Zdroj : [6] HUML, M., et al.: Mapování a kartografie

# Zobrazování výškopisu.

## Terénní reliéf a jeho znázorňování

- Vrstevnice (každá číslovaná, písmo je „hlavou do kopce“, interval se určuje dle měřítka a účelu).



# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Používané pozemní metody:

### 1. Tachymetrie (prostorová polární metoda)

Měření podrobných bodů je stejné, liší se pouze použitou metodou měření délek.

- Historické metody (dálkoměr ryskový, autoredukční, dvojobrazový, atd.)
- Elektronický dálkoměr (TS, běžné + jednomužné systémy).

Podle systému měření lze rozpoznávat metody tachymetrie:

- Klasická tachymetrie.
- Blokovaná tachymetrie.

### 2. GPS

### 3. Laserové (3D) skenování (letecké, pozemní).

### 3. (Plošná nivelace)

- Prakticky se již nevyužívá, k měření je nutné měřit jinak polohopis jako podklad pro niv. měření.
- Blíže předchozí výklad.

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Rovnice prostorové polární metody:

Podle použité metody se jednotlivé členy určují různě.

$$X_P = X_S + \Delta X(\text{délka, směr, zenitový úhel})$$

$$Y_P = Y_S + \Delta Y(\text{délka, směr, zenitový úhel})$$

$$H_P = H_S + v_p + h(\text{délka, zenitový úhel}) - v_c + \left\{ \frac{d^2}{2 \cdot R} \cdot (1 - k) \right\}$$

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Rovnice prostorové polární metody:

Rysková (nitková) tachymetrie.

$$d = k \cdot l \cdot (\sin(\zeta))^2$$

$$h = k \cdot l \cdot \sin(\zeta) \cdot \cos(\zeta)$$

$$X_P = X_S + d \cdot \cos(\sigma_{S0} + \omega)$$

$$Y_P = Y_S + d \cdot \sin(\sigma_{S0} + \omega)$$

$$H_P = H_S + v_p + h - v_c$$

Další metody (dvojobrazový dálkoměr, autoredukční, atd.) určují nepřímo vodorovnou délku.

Historické metody jsou uváděny pouze pro celkový kontext, jejich přesnost a zejména rychlost a pracnost jsou v současné době až na výjimky diskvalifikující.



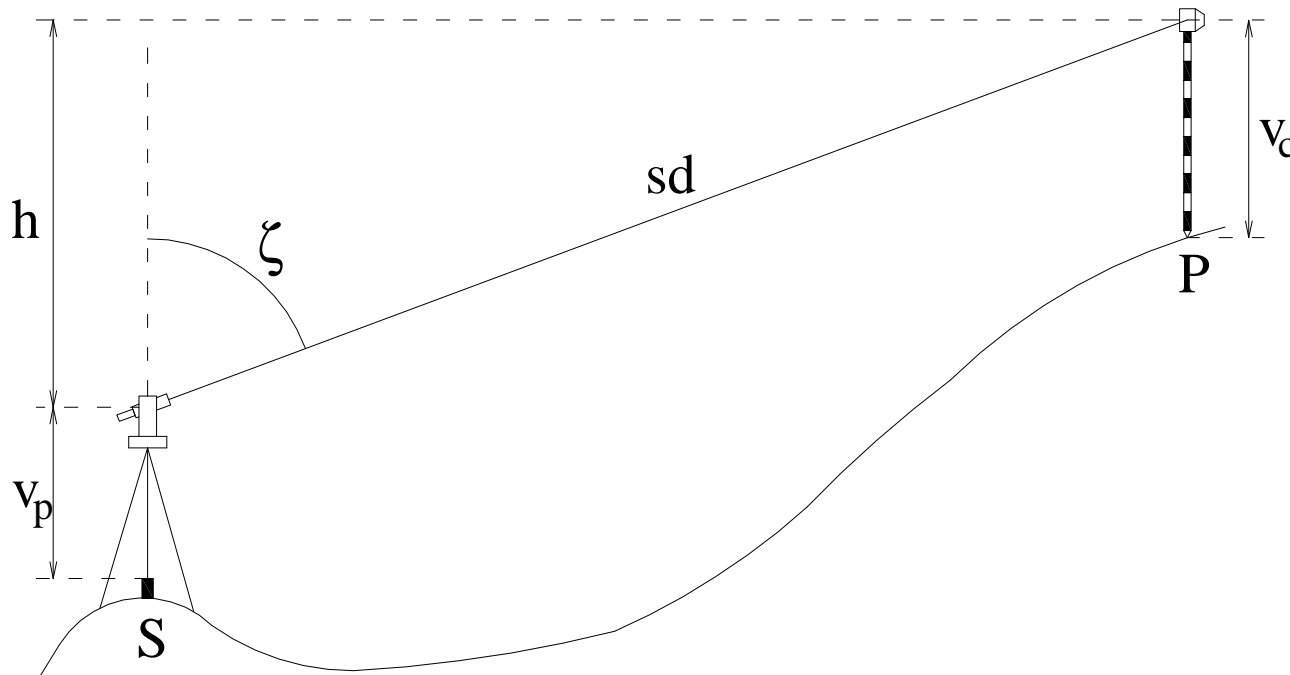
# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

Rovnice prostorové polární metody pro TS:

$$X_P = X_S + sd \cdot \sin(\zeta) \cdot \cos(\sigma_{S0} + \omega)$$

$$Y_P = Y_S + sd \cdot \sin(\zeta) \cdot \sin(\sigma_{S0} + \omega)$$

$$H_P = H_S + v_p + sd \cdot \cos(\zeta) - v_c + \left\{ \frac{d^2}{2 \cdot R} \cdot (1 - k) \right\}$$



# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Postup práce:

1. Rekognoskace terénu
2. Tvorba sítě stanovisek
3. Postup měření na stanovisku
4. Volba podrobných bodů
5. Měřický náčrt
6. Tvorba tachymetrického plánu
7. Kontrola kvality

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Tvorba sítě stanovišek

Zpravidla se buduje před měřením, na základě rekognoskace, výjimečně (tj. v praxi často) se buduje přímo při měření. Nevýhodou je nižší možnost kontroly a v současné době, kdy jsou TS schopny pracovat přímo v souřadnicích, další práce navíc (vyrovnání sítě a přepočítání všech souřadnic podrobných bodů). Metody:

1. Polygon.
2. Síť (volná stanoviška; GPS).
3. Blokovaná tachymetrie.

## Postup měření na stanovisku

- Centrace a horizontace přístroje,
- Určení výšky přístroje, nastavení teploty a tlaku do TS,
- Orientace (počáteční, koncová – kontrolní, při velkém počtu bodů i průběžně), pokud lze, kontrola na jiný bod (další bod polygonu),
- Kontrola souladu číslování bodů v zápisníku a v náčrtu po 5ti bodech,
- Systematický postup měření, náčrt = plánování postupu měření, nejzodpovědnější funkce v měřické čtě, figurant je jen držeč cíle, nevybírání bodů.
- Obvykle se měří v jedné poloze (orientace ve dvou).

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Volba podrobných bodů

Podrobné body se volí tak, aby vystihovaly průběh terénu a zároveň zahrnovaly všechny body polohopisu. Pro výškopis to značí vždy měřit body na hranách a zlomech, body nejnižší a nejvyšší. Zpravidla se při měření postupuje v profilech, tyto se volí ve směru největšího spádu (nejvhodnější pro interpolaci vrstevnic) ve vhodné rozestupu; nebo ve směru vrstevnice (nejméně namáhavé). Význačné body terénu se zaměřují vždy, v terénu, kde jich není dostatek se doplňují pravidelnou sítí tak, aby vzdálenost bodů byla v cílovém měřítku zobrazení max. 25 mm. Charakteristické křivky terénu:

- **Hřbetnice** (čára styku dvou přilehlých svahů téhož hřbetu; spojuje relativně nejvyšší body terénního tvaru a proto je rozvodnicí; má ze všech spádnic na ploše hřbetu nejmenší sklon),
- **Údolnice** (čára sledující místa největšího vhloubení údolního terénního tvaru; má ze všech spádnic tohoto terénního tvaru nejmenší sklon),
- **Úpatnice** (čára styku dvou různě skloněných dílčích ploch na rozhraní úbočí a údolí, svírajících spolu zpravidla tupý úhel),
- **Spádnice** (myšlená čára probíhající ve směru největšího sklonu plochy, kolmo k vrstevnicím).

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Volba podrobných bodů

Předmětem měření z výškopisného hlediska jsou ty body, kde terén mění svůj průběh:

- a/ na všech hranách (meze, příkopy, úvozy, násypy),
- b/ na tvarových čarách (hřbetnice, údolnice),
- c/ na charakteristických bodech terénu (vrchol kupy, střed sedla, body na spočinku, v místech, kde dochází ke změně sklonu terénu ve směru spádnice),
- d/ na vybraných bodech polohopisného měření (dno vstupní šachty, výška vtoku, výška výtoku, hladina a dno vodního toku),
- e/ jiné předměty měření dle požadavku odběratele (výšky prvních podlaží stavebních objektů, výšky porostů).

Předměty měření se zobrazují a vyznačují v měřickém náčrtu i v tachymetrickém plánu smluvenými značkami [7.8], příloha č. 7.13.



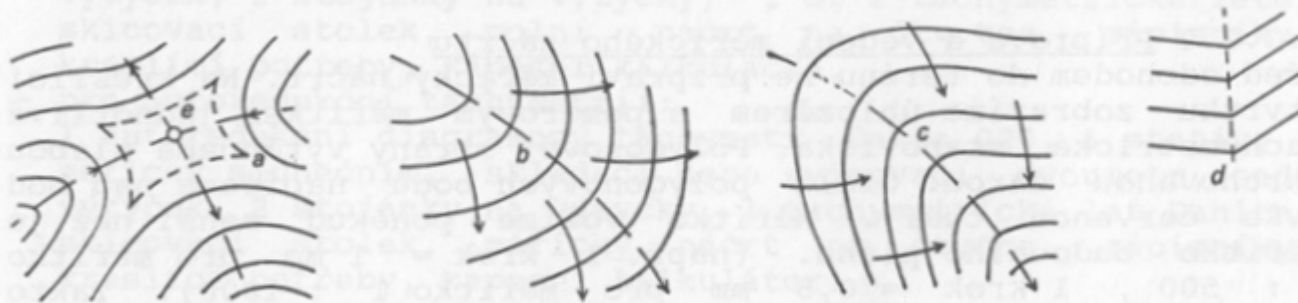
# Tvorba výškopisných map.

## 7.3.2.3 Terénní relief

### Kostra terénu

Čára a body v nichž se dílčí plochy stýkají, tvoří kostru terénu, kterou je každý terénní tvar charakterizován. Tyto čáry mají rozhodující význam při rozboru terénu, volbě podrobných bodů, vyhotovení měřického náčrtu a při konstrukci vrstevnic. Patří sem (obr.7.16):

- a/ *tvárové čáry*, které ohraničují mírně sklonitá nebo vodorovná místa některých terénních tvarů,
- b/ *hřbetnice* - čára, která spojuje relativně nejvýše položená místa terénního tvaru a voda stéká od ní po úbočí na obě strany. Hřbetnice tvoří proto vodní předěl,
- c/ *údolnice* - čára, která spojuje relativně nejnižší položená místa terénního tvaru. Má ze všech spádnic nejmenší sklon,
- d/ *hrany* - čáry, které vznikají na styku dvou terénních ploch různého sklonu. Podle toho, je-li přechod mezi plochami náhlý, jedná se o hrany ostré, nebo je-li přechod pozvolný, jsou tupé. Hrany mohou být podle svého vzniku buď přirozené (zlom terénu, zářez), nebo umělé (násyp, výkop ap.),
- e/ *body terénní kostry* - místa, kde se čáry terénní plochy sbíhají nebo protínají (styk údolnic, rozdvojení hřbetnice, sedlo).



7.16 Tvarové čáry a body

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Měřický náčrt

Vede se průběžně, zaznamenávají se poloha, číslo a význam bodu (u polohopisných bodů). Na rozdíl od starších dob, kdy se měření nezpracovávalo digitálně (číselně), ale pouze graficky, není třeba náčrt v poli rýsovat, postačí pečlivá přehledná kresba.

Před tvorbou náčrtu je třeba zhodnotit terén, nakreslit situaci a naplánovat postup měření tak, aby se při samotném měření chaoticky nepřecházelo (úspora času a energie). Do náčrtu je třeba zaznamenat VŠE, měření může zpracovávat někdo jiný, může být zpracováno později.

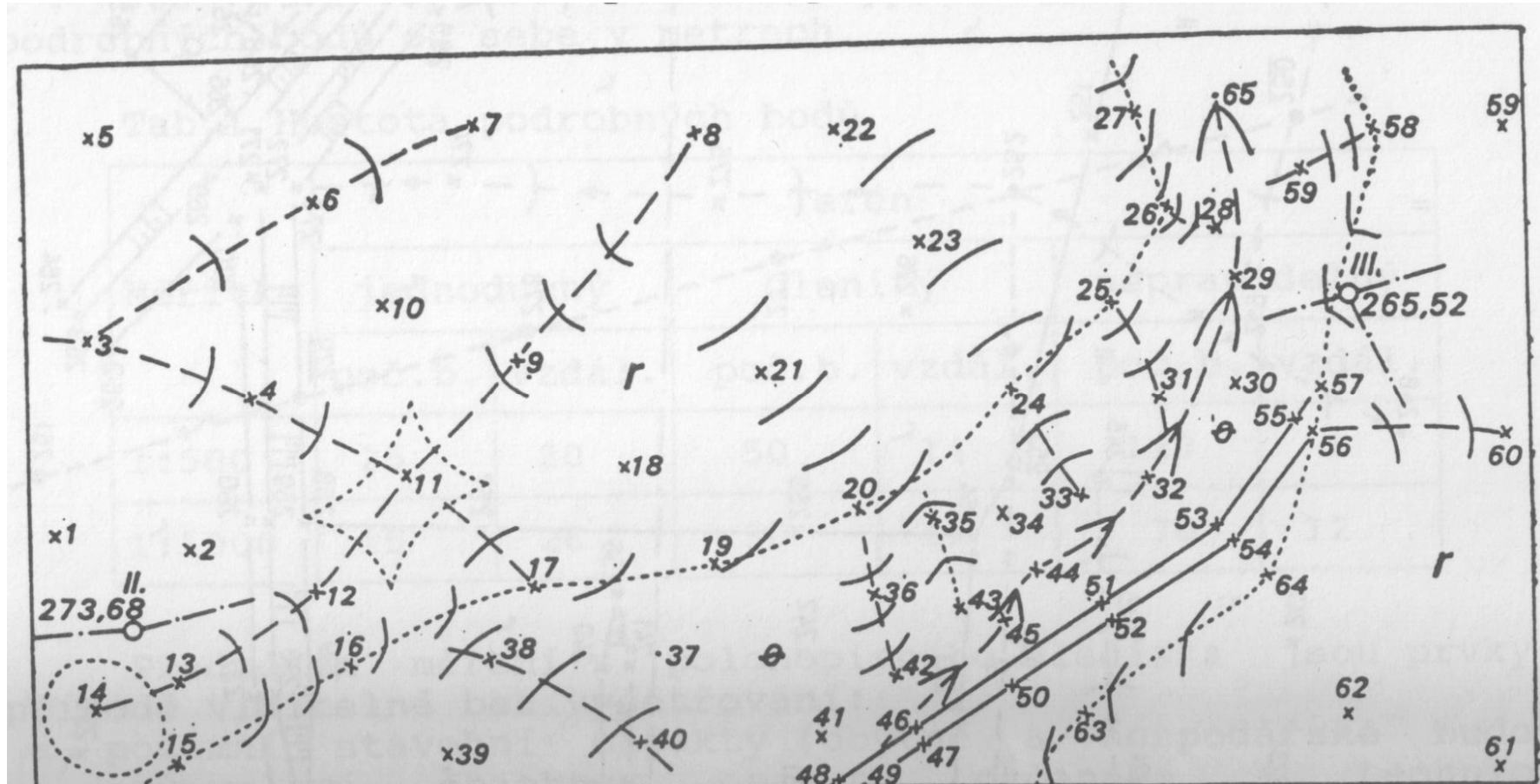
Měřený prostor se generalizuje – zjednodušuje, nevýznamné a malé prvky se neměří (grafická přesnost mapy se uvádí 0,2 mm; tj. v měřítku 1:1000 0,2 m).

Zaznamenávají se:

- Body polohopisu a kresba polohopisu včetně značek,
- Body výškopisu,
- Průběh terénních čar,
- Druhy pozemků.

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Měřický náčrt



# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Tvorba tachymetrického plánu

1. Polohopis
2. Výškopis







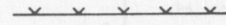
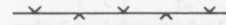
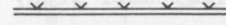
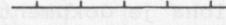


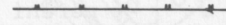






















- Výpočet zápisníku.
- Zobrazení souřadnicové sítě.
- Zobrazení stanovisek.
- Zobrazení podrobných bodů.
- Vyznačení výšek podrobných bodů.
- Vykreslení polohopisu.
- Konstrukce a číslování vrstevnic.
- Mapové značky a popis.
- Výtah výkresu.

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Tvorba tachymetrického plánu

Mapové značky a popis.  
(příklad, neplatné; různé pro různé účely).

Předmět	Značka	
	v mapě	
	1:500	1:1000
Bod čs. trigonometrické sítě, bod podrobného polohového pole		
Bod ČSJS		
Bod technické nivelace		
Hranice druhu pozemku	_____	
Drátěný plot a/vlastnictví z jedné strany b/ spoluvlastnictví c/ na podezdívce	a)  b)  c) 	
Dřevěný plot		
Kovový plot		
Plot zděný, z prefabrikátů apod.		
Živý plot		
Orná půda		
Zahrada		
Ovocný sad		
Louka		
Pastvina		
Lesní půda a/ s jehličnatým porostem b/ s listnatým porostem c/ s křovinatým porostem	a)  b)  c) 	a)  b)  c) 
Jednotlivě zaměřený strom bez vyznač. koruny a/ jehličnatý b/ listnatý c/ ovocný	a)  b)  c) 	
Park, okrasná zahrada		



# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Tvorba tachymetrického plánu

Výtah výkresu.

Ve výkresu se situace kreslí černou tuší, výškové údaje hnědou vodovou barvou.

Černě: značka polygonového bodu, číslo polygonového bodu (výška čísel 2,5 mm, ležatě), výškové kóty podrobných bodů (výška 1,5 mm, stojatě), spojení situace (síla čáry 0,18 až 0,25 mm), technické šrafy, značky objektů a značky kultur, popisové pole (rozpiska), souřadnicový systém (S-JTSK), výškový systém (Bpv) a značka severu.

Hnědě: výška stanoviska (výška číslic 2,5 mm kolmo), popis vrstevnic v mezeře vrstevnicové čáry (výška číslic 2,5 mm, kolmo), od ruky vytažené vrstevnice plynulou čarou co nejtenčí. K vytažení použijeme kótovací pero, nebo speciální vytahovací pero. Každá pátá a desátá vrstevnice je zesílená (doporučuje se 0,3 mm).

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Kontrola kvality

1. Bodová zkouška
2. Profilová zkouška
3. Plošná zkouška

# Podrobné měření výškopisu - tachymetrie.

## Možnosti současných polních výpočetně – měřických systémů

1. Registrace,
2. průběžný výpočet (tzv. měření v souřadnicích),
3. tvorba kresby přímo v terénu,
4. načítání podkladů z CAD systémů,
5. dokumentace bodu fotografiemi, textem či doplňkovou kresbou,
6. automatické cílení (one-man systém; robotic).

**Konec**