

## 7 VYTYČOVACÍ PRÁCE

Vytyčováním zpravidla rozumíme přenesení projektovaného objektu nebo jednotlivých bodů geodetickým měřením do terénu. Podkladem pro vytyčování polohy bývá obvykle mapa nebo plán velkého měřítka. Zde je zakreslen nový, dosud neexistující projektovaný objekt. Pro výšková vytyčování jsou výchozími podklady obvykle podélné a příčné profily (řezy).

Vytyčování se uplatňuje ve všech oborech stavební činnosti. Vytyčujeme jak objekty s prostorovou skladbou, tak objekty liniové a plošné. V zemědělství a lesnictví se geodetickými metodami vytyčují hospodářsko – technické úpravy pozemků, lesní a polní cesty, účelové stavební objekty (např. kravíny, silážní jámy apod.), mostky, malé vodní nádrže, odvodňovací a zavodňovací stavby atd.

Při vytyčování je třeba dbát na přesnost, pečlivost a spolehlivost práce s ohledem na maximální hospodárnost. Proto je nutno znát důkladně metody a postupy použité při vytyčení a používat všechny dostupné kontroly vytyčení, bez kterých nelze žádné vytyčování odpovědně provádět.

Vytyčovací práce dělíme na:

- polohové vytyčování – vytyčování v horizontální rovině v systému S – JTSK nebo místní soustavě,
- výškové vytyčování – vytyčení nadmořských výšek v systému Bpv, eventuálně místním.

K přístrojům a pomůckám, které jsou stejné jako při měření příslušnými metodami, je třeba přiřadit kolíky, stavební dřevo, hřebíky, kladivo, pilu, barvu, provaz, ochranné tyče apod.

### 7.1 Polohové vytyčování

Před vlastním vytyčením je třeba nejprve v zájmovém prostoru vybudovat síť vytyčovacích bodů, ze kterých bude vytyčení provedeno. Je možno využít stávajících bodů polohového pole, které je podle potřeby možno z hustit a eventuálně ochránit před zničením během výstavby. Všechny vytyčovací body musí mít jednotný polohový systém (zpravidla S-JTSK).

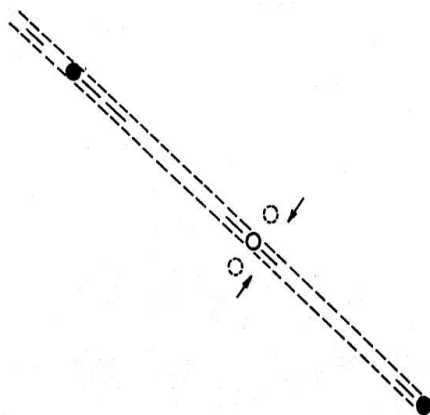
V kanceláři je třeba spočítat vytyčovací prvky a vyhotovit VYTYČOVACÍ VÝKRES, který musí mít tyto náležitosti:

- a) schematický náčrt objektu s vyznačenými hlavními vytyčovými body a vytyčovými body,
- b) místopisy vytyčovacích bodů,
- c) vytyčovací prvky hlavních vytyčovaných bodů,
- d) kontrolní údaje pro vytyčování (projektované konstrukční míry, délky úhlopříček projektovaných pravoúhlých objektů apod.),
- e) předepsanou přesnost vytyčení,
- f) použitý polohový systém (S-JTSK, místní).

### 7.1.1 Základní vytyčovací úlohy

U těchto základních úloh zpravidla vystačíme s pásmem, výtyčkami ve stojáncích, dvojitým pentagonálním hranolem, měřickými hřeby, kolíky a kladivem. Mezi základní úlohy patří:

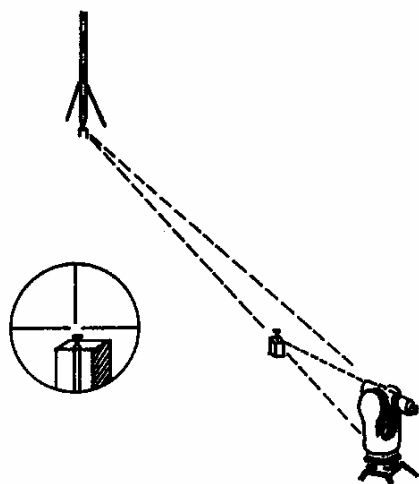
#### a) vytyčení přímky:



Obr. 7.1

#### od oka (obr. 7.1)

Pro přímky do 200 m, je-li vidět mezi koncovými body, vytyčíme přímku pouhým zařazováním. Na koncové body přímky postavíme do stojánek výtyčky. Postavíme se za jeden koncový bod a figuranta se třetí výtyčkou zařadíme do směru. Zařazení můžeme opakovat. Přitom dosáhneme přesnost v zařazení výtyčky 3-5 cm.



Obr. 7.2

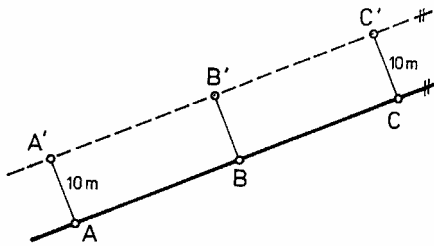
#### teodolitem (obr. 7.2)

Teodolit pečlivě centrujeme nad jedním koncovým bodem a zacílíme na druhý koncový bod. Povolíme pouze hrubou vertikální ustanovku, sklápíme dalekohled a zařazujeme figuranta na mezibody. Pro hrubé zařazení použijeme výtyčku, potom zařadíme dřevěný kolík, do kterého nakonec zatluče podle našich pokynů hřebíček. Přesnost mezibodů se tím oproti předchozímu případu asi 10 krát zlepší.

Pozn. Další zvýšení přesnosti, resp. kontrolu vytyčení, umožní opakování postupu ve druhé poloze dalekohledu.



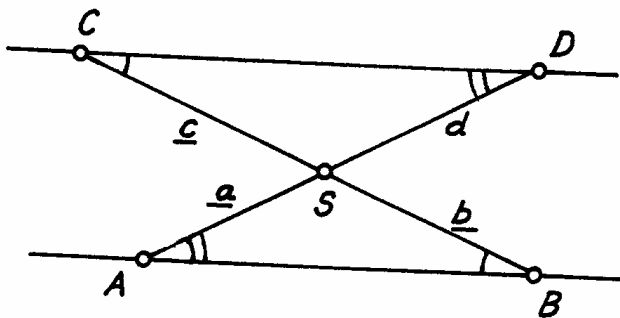
c) vytyčení rovnoběžky:



Obr. 7.5

pomocí kolmic (obr. 7.5)

Na dané přímce se zvolí body, na nichž se pomocí pentagonu vztyčí kolmice o stejných délkách.



vytyčení rovnoběžky z úhlopříček (obr. 7.6)

Zde je dána přímka AB a jeden bod rovnoběžky C. Na úhlopříčce BC se zvolí asi uprostřed bod S. Změříme délky a, b, c.

Z podobnosti trojúhelníků vypočteme délku d, kterou vytyčíme na směru AS od bodu S a získáme druhý bod rovnoběžky D.

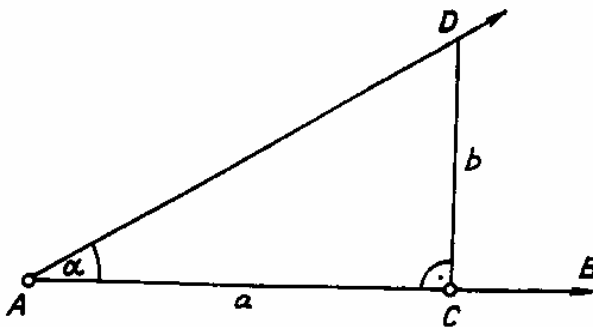
Obr. 7.6

$$b : c = a : d$$

$$b \cdot d = c \cdot a$$

$$d = \frac{c \cdot a}{b}$$

d) vytyčení úhlu dané velikosti bez teodolitu (obr. 7.7)



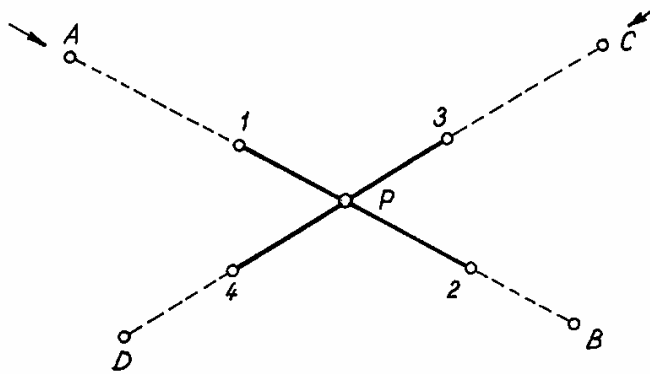
V bodě A se má vytyčit od daného směru AB úhel  $\alpha$ . Na přímce zvolíme pomocný bod C ve vhodné vzdálenosti. Změříme délku a. Délku kolmice b vypočteme ze vzorce:

$$b = a \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

V bodě C vztyčíme pentagonem kolmici a délku b na ni nanese.

Obr. 7.7

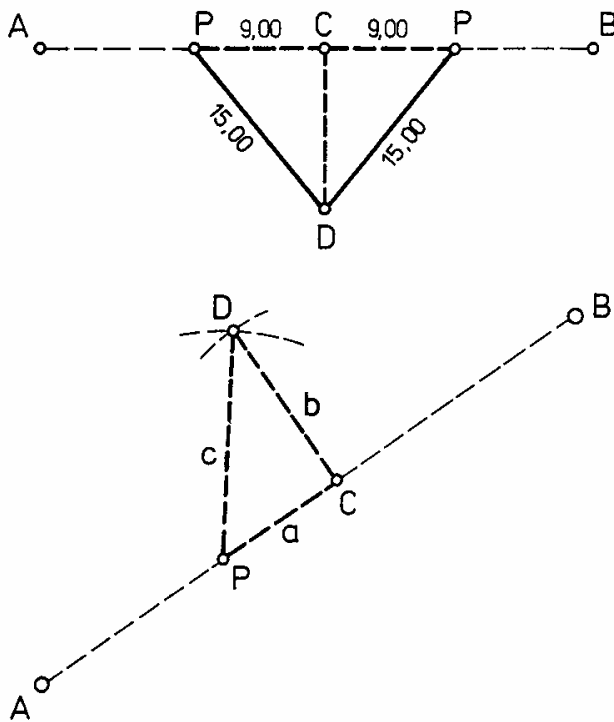
e) vytyčení průsečíků dvou přímek (obr. 7.8)



Obr. 7.8

Přímo – na koncových bodech přímek se postaví výtyčky. Dva pracovníci se postaví za body A a C a postupně přibližováním zařazují figuranta s výtyčkou tak dlouho, až je v zákrytu obou přímek. Nepřímo - v blízkosti hledaného průsečíku se na každé přímce určí dvojice bodů a osadí se měřickými hřeby nebo kolíky. Spojnici těchto bodů realizujeme provazem či pásmem, průtnutí je hledaným průsečíkem.

f) vytyčení kolmice bez pentagonu (obr. 7.9)



Obr. 7.9

Symetricky na přímce – od daného bodu, ve kterém je třeba vztyčit kolmici, vyznačíme na přímce dva pomocné body P o vhodné délce (vzhledem ke vztyčované kolmici). Od nich vypneme pásmo nad přímkou. Hledaný směr získáme v polovině pásma.

Použitím Pythagorových čísel nebo jejich násobků. Na přímce se od paty kolmice vyznačí pomocný bod P vzdálený o délku odvěsny a.

V předpokládané poloze bodu D se pásmem od bodu P o délce přepony vyznačí průběh kružnice. Stejně tak se vyznačí pásmem oblouk z bodu C o délce odvěsny b. Průsečíkem je hledaný bod D. Po vytyčení délky pro kontrolu přeměříme. Opačným postupem získáme patu kolmice k příslušné přímce.

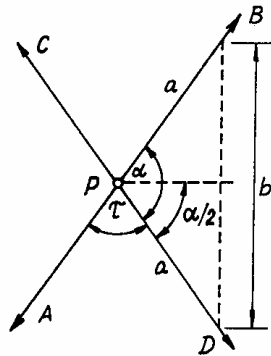
Pythagorova čísla

$$a = 3, 6, 9, 12$$

$$b = 4, 8, 12, 16$$

$$c = 5, 10, 15, 20$$

g) určení velikosti úhlu bez teodolitu (obr. 7.10)



V průsečíku přímek AB a CD je třeba určit velikost úhlu. Změříme délky a, b.

Úhel  $\alpha$  získáme ze vzorce:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{b}{2a}$$

$$\tau = 200^g - \alpha.$$

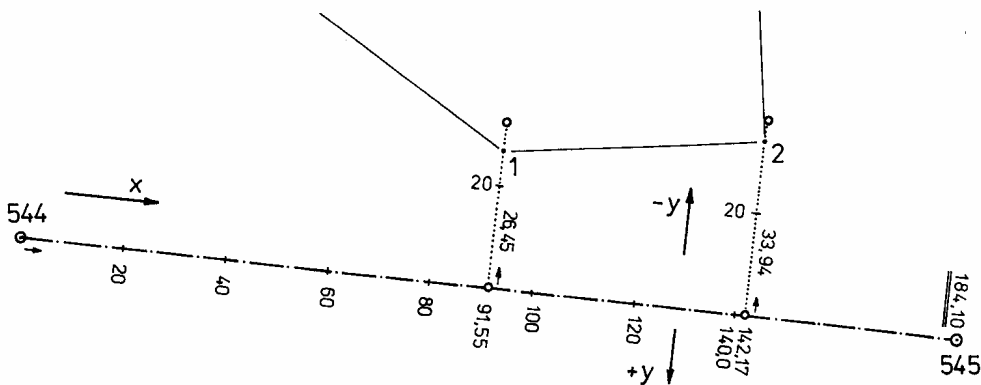
Obr. 7.10

### 7.1.2 Ortogonalní metoda vytyčování

Ortogonalní metoda se při vytyčování používá pro svou jednoduchost a běžně dostupné a laciné pomůcky (pásmo, stojánky, výtyčky, měřické jehly, dvojitý pentagonální hranol).

Podstata vytyčení spočívá v realizaci dvou vytyčovacích prvků – staničení a kolmice, od spojnice vytyčovacích bodů.

- koncové body vytyčovací přímky označíme výtyčkami ve stojánkách.
- vytyčíme příslušná staničení (paty kolmic) k bodům 1, 2 (viz obr. 7.11) pásmem ve vodorovné poloze.
- kolmice vytyčíme tak, že na vzdálenost o málo větší než je délka kolmice, zařadíme pentagonem výtyčku. Délku kolmice vytyčíme pásmem ve vodorovné poloze a na místě vytyčeného bodu zarazíme kolík. Na obr. 7.11 je naznačen postup při 20ti metrovém pásmu. Při vytyčení kolmice pentagonem nemá její délka přesahovat 30 m, max. 50 m. Dosahovaná přesnost v poloze vytyčovaného bodu je 3-5 cm v poloze.



Obr. 7.11

Pozn. Pokud není možno dodržet délku kolmice, či je třeba s větší přesností (1-2 cm) určit polohu vytyčovaných bodů, je třeba použít místo pentagonu teodolit, který postavíme vždy na patu kolmice. Nulový směr zvolíme na vzdálenější koncový bod vytyčovací přímky a podle směru kolmice nastavíme  $100^{\circ}$  nebo  $300^{\circ}$ . Při měření délek pásmem je třeba dodržovat všechny zásady z kapitoly 2.1 Přímé měření délek.

- d) po ukončení vytyčení je třeba bezpodmínečně provést kontroly vytyčeného objektu. Zpravidla to bývá kontrolní měření oměrných měř a jejich porovnání s projektovanými konstrukčními měřami. U pravouhlých objektů je třeba změřit též hodnotu úhlopříček a opět zkontrolovat s projektovanou hodnotou.

### 7.1.3 Polární metoda vytyčování

Tato metoda se v současnosti používá častěji při stavebních pracích, kde se žádá větší přesnost. Podstatou metody je vytyčení jednotlivých vytyčovaných bodů pomocí vodorovného úhlu a vodorovné délky. Tyto dvě veličiny jsou vytyčovacími prvky pro polární metodu.

Pro vlastní vytyčení je třeba znát minimálně jeden vytyčovací bod a orientační směr, ke kterému vztáhneme  $0^{\circ}$  vodorovného úhlu.

Při polární metodě vytyčování používáme úhломěrný přístroj (zpravidla minutový teodolit) a pomůcku či přístroj k vytyčení délky.

Nejlevnějším dálkoměrem pro vytyčování je nitkový dálkoměr, který je zabudován přímo v dalekohledu teodolitu (viz kapitola 2.2.1 Optické měření délek). Polární vytyčení s tímto dálkoměrem je ale poměrně nepřesné. Reálná přesnost v poloze takto vytyčených bodů je 25-40 cm. Postup při vytyčení je následovný:

- na vytyčovací bod postavíme teodolit a provedeme jeho centraci a horizontaci.
- nulový směr  $0^{\circ}$  na orientační bod nastavíme pomocí repetiční svory.
- nastavíme vytyčovací vodorovný úhel a do tohoto směru zařadíme měřickou lať do vzdálenosti, která zhruba odpovídá vytyčované délce.
- odečteme zenitový úhel  $z$  a laťový úsek  $l$  na lati a ze vzorce  $s = 100 \cdot l \cdot \sin^2 z$  vypočteme skutečně vytyčenou délku.
- rozdíl mezi vytyčovanou délkou a skutečně vytyčenou délkou nanese pomocí dvoumetru či latě před nebo za vytyčovaný bod (podle znaménka). Směr nanášení kontrolujeme teodolitem.
- závěrem postavíme měřickou lať na nově vytyčený bod, odečteme zenitový úhel, laťový úsek a opět spočteme zpřesněnou vytyčovanou délku. Zároveň kontrolujeme vytyčovací úhel.
- po vytyčení všech požadovaných bodů je nutno provést kontroly vzdáleností mezi vytyčovanými body pomocí projektovaných konstrukčních měř. U pravouhlých objektů změřit úhlopříčky.

Použití nitkového optického dálkoměru pro polární vytyčování není pro svou nízkou přesnost ve stavebnictví příliš vhodné. Má své opodstatnění pouze u hrubých zemních prací.

Kvalitnějších výsledků lze dosáhnout při použití teodolitu a pásma. Při pečlivé práci lze dosáhnout přesnosti 2-3 cm v poloze vytyčovaného bodu. Postup vytyčení odpovídá předchozímu způsobu vytyčení s tím rozdílem, že vytyčovanou délku nanášíme do vytyčovaného směru pomocí pásma ve vodorovné poloze. Odpadá zde výpočet vzorce pro rýskový (nitkový) dálkoměr. Opět je třeba využít všech kontrol správného vytyčení.

V současné době se nejčastěji při polárním vytyčování používá totální stanice, která v sobě zahrnuje elektronický teodolit i elektronický světelný dálkoměr. Programy zabudované v softwaru takové stanice obsahují převod ortogonálních souřadnic na polární. Přesnost vytyčení za použití tohoto moderního přístroje je zhruba 1 cm v poloze vytyčeného bodu. Ani tento způsob vytyčení nemusí být bezchybný. I zde se může objevit chyba (např. z nesvislosti teleskopické tyče s koutovým odrazným hranolem), proto je třeba i v tomto případě použít všech kontrol (viz výše).

Zvláštním případem polárního vytyčování za pomoci totální stanice je tzv. metoda volného stanoviska. Tato metoda vznikla při vytyčovacích pracích na rozsáhlých stavbách, kde je do výstavby zapojena těžká technika. Poměrně často se zde stávalo, že vytyčovací body, umístěné v bezprostřední blízkosti vytyčovaných objektů před započítáním zemních prací, byly stavebními stroji během výstavby zničeny. Geodeti si proto vytvořili síť vytyčovacích bodů v blízkém okolí stavby. Při požadavku vytyčení libovolného objektu uvnitř staveniště se s totální stanicí postavili na vhodné blízké nestabilizované místo, odkud byla dobrá viditelnost na vytyčované i vytyčovací body (na tzv. volné stanovisko). Na tomto místě zhorizontovali totální stanici a provedli úhlová a délková měření na okolní vytyčovací body. U moderních totálních stanic je algoritmus výpočtu volného stanoviska přímo zabudován v softwaru totální stanice, stejně jako následný výpočet vytyčovacích prvků z tohoto volného stanoviska. Při tomto postupu odpadá nebezpečí poškození či zničení vytyčovacích bodů uvnitř staveniště.

#### 7.1.4 Vytyčování metodou protínání (vpřed a z délek)

Kromě ortogonální a polární metody se v ojedinělých případech používá k vytyčování i metoda protínání. Protínání vpřed z úhlů má za vytyčovací prvky dva vodorovné úhly a předpokládá využití dvou teodolitů s obsluhou na dvou vytyčovacích bodech. Zde je nutno dbát na omezení velikosti protínacího úhlu na vytyčovaných bodech v rozmezí  $30^{\circ} - 150^{\circ}$ .

Vytyčování protínáním z délek (trilaterací) se nejčastěji využívá při vyhledávání bodů polohového pole podle místopisů pomocí křížových měř. Délky zde realizujeme zpravidla pomocí dvou pásem.

#### 7.1.5 Výpočty vytyčovacích prvků

Vytyčovacími prvky rozumíme takové délkové nebo úhlové hodnoty, jejichž vnesením z daných vytyčovacích bodů získáme polohu vytyčovacího bodu. Podle způsobu zjišťování vytyčovacích prvků rozlišujeme:

- číselnou metodu,
- grafickou metodu.

##### a) číselné metody výpočtu vytyčovacích prvků

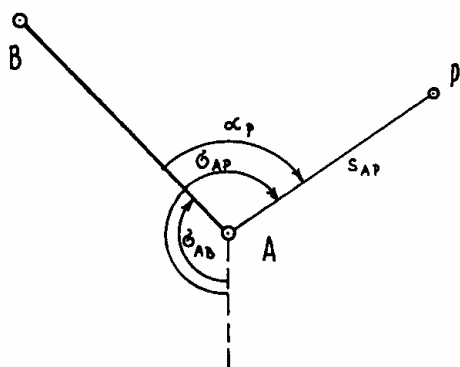
Používá se standardních výpočetních algoritmů jako je výpočet směrníku, rajonu, bodu na přímce, délky strany ze souřadnic apod. S výhodou lze použít ručních kalkulaček s funkcemi či osobních počítačů s příslušným softwarovým vybavením. Použití těchto moderních výpočetních pomůcek nese v sobě mnohá úskalí (např. malý rozsah displeje, výpočet funkcí na menší počet platných cifer než je třeba, výpočet funkcí v šedesátinné míře apod.).

Vstupními údaji pro výpočty jsou souřadnice daných vytyčovacích bodů a souřadnice bodů určených (vytyčovaných hlavních bodů stavby). Souřadnice hlavních bodů stavby



získáme v číselné formě (v případě analytického řešení projektu - dnes častější případ) nebo grafickým odsunem z polohopisného plánu projektu.

Při grafickém odsunu jsou získané hodnoty závislé na přesnosti zákresu a odměření. Hodnoty takto získané jsou i přes veškeré úsilí nepřesné. Naměřené souřadnice neodpovídají projektovaným rozměrům stavby. Proto je nutné upravit takto získané souřadnice vhodným způsobem, aby projektovaným rozměrům stavby odpovídaly.



### Výpočet polárních vytyčovacíh prvků

(obr. 7.12)

Dáno: vytyčovací bod A, B (y, x)

vytyčovaný bod P (y, x)

Určit: vytyčovací prvky  $\alpha_P$ ,  $s_{AP}$

a) vypočteme ze souřadnic  $\sigma_{AB}$ ,  $\sigma_{AP}$

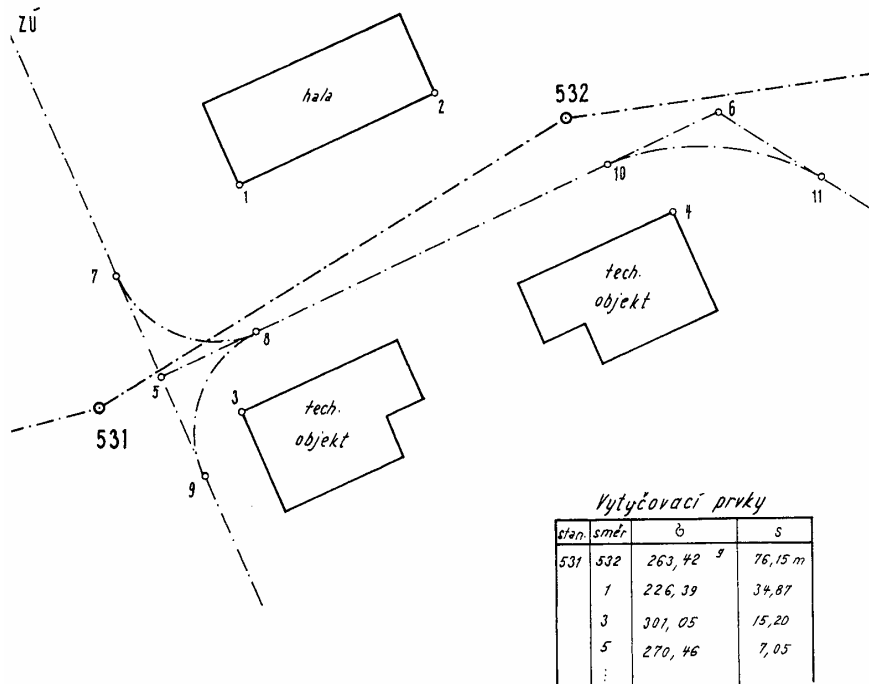
b) určíme  $\alpha_P = \sigma_{AP} - \sigma_{AB}$

c) určíme  $s_{AP} = \sqrt{\Delta y_{AP}^2 + \Delta x_{AP}^2}$

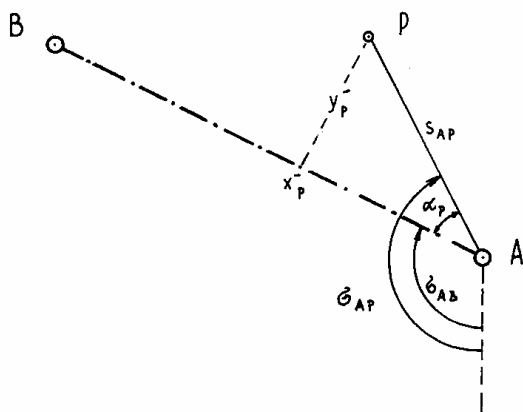
Obr. 7.12

Tímto způsobem provedeme výpočet vytyčovacíh prvků pro všechny vytyčované body. Kontrolní vzdálenosti mezi vytyčovanými body určíme Pythagorovou větou.

Pozn. Není vždy nutné určovat úhel  $\alpha_P$  od daného směru. Postačí zadat vypočtený směrnik na určovaný bod. Do daného směru je ovšem třeba též vložit příslušný směrnik! Viz obr. 7.13, kde je ukázka části vytyčovacího výkresu.



Obr. 7.13



Obr. 7.14

### Výpočet ortogonálních vytyčovacích prvků (obr. 7.14)

Dáno: vytyčovací bod A, B (y, x)  
vytyčovaný bod P (y, x)

Určit: vytyčovací prvky:

$x'_p$  ..... staničení

$y'_p$  ..... délka kolmice

a) vypočteme ze souřadnic  $\sigma_{AB}$ ,  $\sigma_{AP}$

b) určíme  $\alpha_p = \sigma_{AP} - \sigma_{AB}$

c) určíme  $s_{AP} = \sqrt{\Delta y_{AP}^2 + \Delta x_{AP}^2}$

d)  $x'_p = s_{AP} \cdot \cos \alpha_p$

e)  $y'_p = s_{AP} \cdot \sin \alpha_p$

Veškeré výpočty kontrolujeme a hledáme různé způsoby jiného ověření získaných vytyčovacích prvků. Bez kontroly je nepřijatelné provést výpis vytyčovacích prvků do vytyčovacího výkresu.

#### b) grafické metody získání vytyčovacích prvků

Grafickou metodou se zjišťují zpravidla lokální souřadnice pro ortogonální vytyčovací metodu. Odměření probíhá z grafického mapového podkladu. Graficky určované vytyčovací prvky hlavních bodů stavby se zásadně vztahují k pevným předmětům identickým v mapě i terénu. Jako pevné a identické body se mohou použít rohy budov, osy sloupů, mezníky, kilometrovníky, osamělé stromy, boží muka, rohy plotů a zdí, vpustě, šachty, šoupata, hydranty apod.

Pro každý pevný bod mají být z mapy odsunuty zajišťovací míry, které ověřují jeho polohu k jiným okolním předmětům. V terénu je nutno před vlastním vytyčením tuto kontrolu důsledně provést.

Je třeba zdůraznit, že grafické metody získávání vytyčovacích prvků jsou z hlediska přesnosti i při pečlivé práci na hranici přípustnosti. Použijeme je pouze jako nouzové řešení.

## 7.2 Výškové vytyčování

U staveb výškově vytyčujeme úrovně betonových základů a výšky různých výškových úrovní stavby. Na melioračních stavbách úrovně šachet, dna tvárnicových příkopů aj. Výškově musíme vytyčovat i různé zemní práce, propustky a výustě.

Výškové vytyčování je v principu shodné s nivelací. Rozdíl tkví v tom, že při nivelaci neznáme výškový rozdíl mezi daným niveláčným bodem a bodem určeným, kdežto u výškového vytyčování je třeba daný (projektovaný) výškový rozdíl v určitém místě vytyčit.

Kromě soupravy pro technickou nivelaci se při stavebních pracích používá i jednoduchých pomůcek, jakými jsou dlaždičské kříže, vodováhy, hadicové vodováhy, svahoměry apod.

Jako podklady, ze kterých lze odvodit projektované výškové úrovně, slouží podélné a příčné profily (řezy), výkresy zemních prací a stavební výkresy.

Za vytyčovací výškové body použijeme především stávající body nivelační sítě, které doplníme s ohledem na potřebu stavby dalšími stabilizovanými výškovými body. Mezi nimi má být tzv. hlavní výškový bod (HVB). Jediný státní výškový systém od roku 2000 je systém Balt po vyrovnání (Bpv). Pro jednoduché vytyčení lze výjimečně použít místní výškový systém, jehož výška musí být výrazně odlišná od Bpv (kvůli možné záměně).

**Všechny vytyčovací výškové body musí mít svoji výšku ověřenu.**

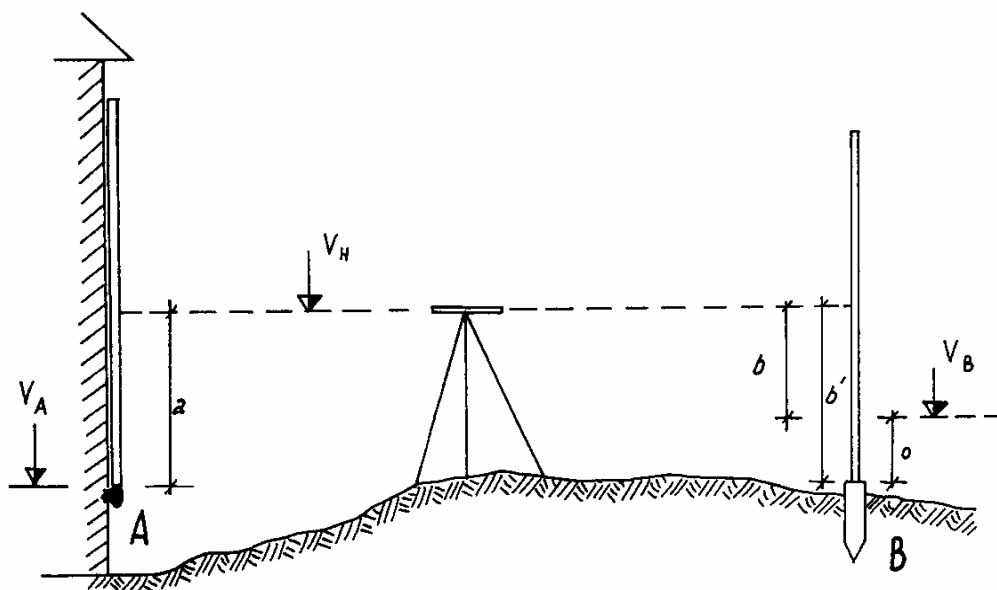
Přesnost výškových vytyčovacích prací musí odpovídat současně platným ČSN 73 0420/86, 73 0421/86, 73 0422/86 a 73 3050/86.

V uvedené tabulce jsou mezní výškové odchylky uvedeny v souvislosti s různými stavebními činnostmi a podle toho se liší.

druh práce nebo objektu	mezní výšková odchylka
cesty, zemní práce a úpravy terénu	50 mm
násypy a výkopy	20 mm
stavby kamenné, cihlové a betonové	10 mm
stavby prefabrikované	3 mm
základy pro ocelové stavby	5 mm
zavodňovací a odvodňovací stavby	2 – 5 mm

### 7.2.1 Přenesení výšky

Z obr. 7.15 je patrné, jak lze z jednoho postavení nivelačního přístroje z vytyčovacího bodu A o známé nadmořské výšce přenést výšku na vytyčovaný bod B.



Obr. 7.15

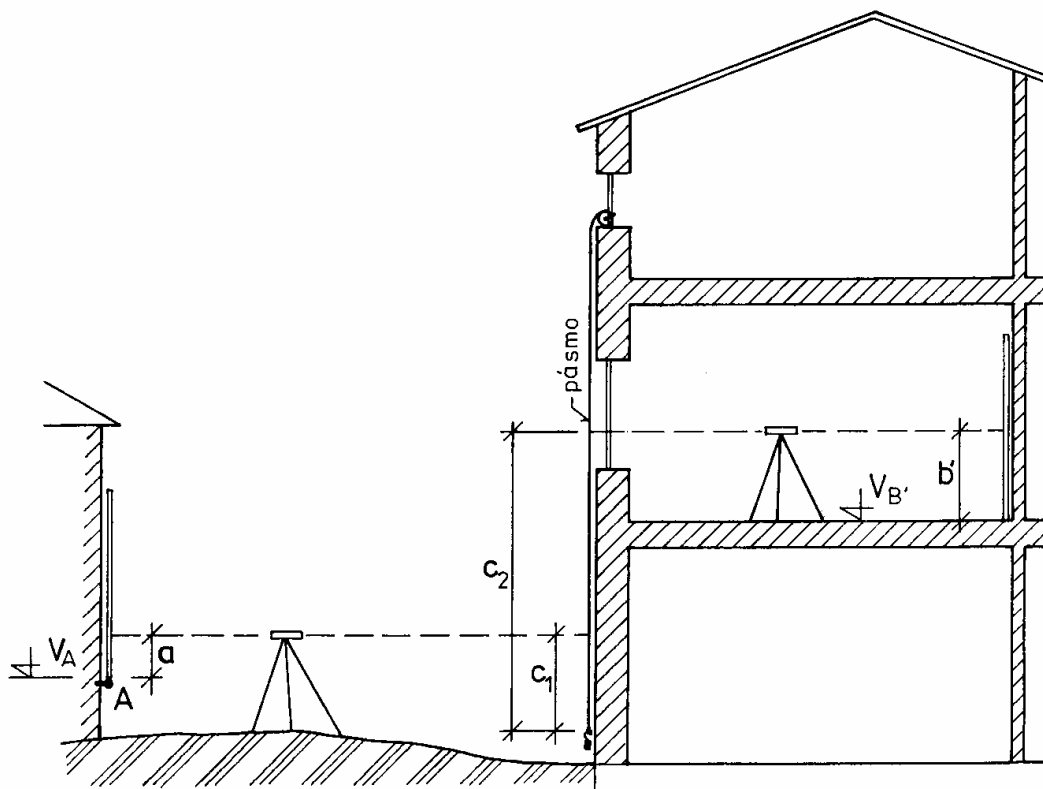
Po postavení a horizontaci nivelačního přístroje odečteme na nivelační lati čtení „a“. Získáme tak výšku horizontu přístroje  $V_H = V_A + a$ . Rozdíl výšek  $V_H$  a  $V_B$  (projektovaná výška bodu B) nám určí hodnotu „b“, což je požadované čtení na nivelační lati na bodě B. Skutečná hodnota čtení lati postavené na vrchu kolíku na bodě B je  $b'$ . Rozdíl čtení  $b' - b = o$ .

Pokud je hodnota „o“ kladná, se znaménkem + ji přepíšeme z boku v centimetrech na kolík. V opačném případě to provedeme se znaménkem - .

V případě, že je třeba přenést výšku na větší vzdálenost, opakujeme postup na obr. 7.15 (nivelační latě stavíme na nivelační podložky) až do místa, kde potřebujeme výšku vytyčit.

Sečteme všechna čtení vzad  $[a_n]$  a čtení vpřed  $[b_{n-1}]$ . Ze vzorce  $V_H = V_A + [a_n] - [b_{n-1}]$  získáme výšku posledního horizontu přístroje a dále postupujeme stejně jako u předchozího případu.

Při přenášení výšek nivelací na vysoké stavby nebo do hloubek používáme místo nivelační latě pásmo. Pásmo zavěsíme podél vytyčované stavby a dole začátek pásma zatížíme závažím. Z obr. 7.16 vyplývá, jak lze přenést výšku do nadzemních podlaží stavby.



Obr. 7.16

$$V_{B'} = V_A + a + (c_2 - c_1) - b' \quad o = V_B - V_{B'}$$

U přenesení výšek do hloubky platí následující vzorec:

$$V_{B'} = V_A + a - (c_2 - c_1) - b' \quad o = V_B - V_{B'}$$

### 7.2.2 Vytyčení vodorovné roviny (přímky)

Tato úloha se vyskytuje při terénních úpravách hřišť, parkovišť, betonáži vodorovných desek, při stavbě základů pro budovy, haly apod. V některých případech se místo nadmořských výšek používají výšky relativní, vztažené k jednomu určenému bodu.

Vytyčení vodorovné roviny je v podstatě zcela shodné s případem přenesení výšky. Jen místo jednoho bodu B přenášíme stejnou výšku na více bodů v jedné přímce či ploše.

Pozn. V případě, že je třeba určit v terénu vrstevnici (izočáru), např. zátopovou čáru u rybníku, postupuje figurant s nivelační latí po terénu (bez nivelační podložky) a měřič u nivelačního přístroje mu dává pokyny, aby postupoval nahoru či dolů po svahu, až na střední vodorovné rysce odečte požadované čtení „b“. Zde se nalézá hledaný bod. Figurant jej označí měřickým hřebem nebo kolíkem a celý postup opakuje o několik metrů dál. Vodorovné vzdálenosti mezi jednotlivými místy, kde prochází zadaná vrstevnice je nutno volit individuálně podle konfigurace terénu a účelu, pro který vrstevnici v terénu vytyčujeme.

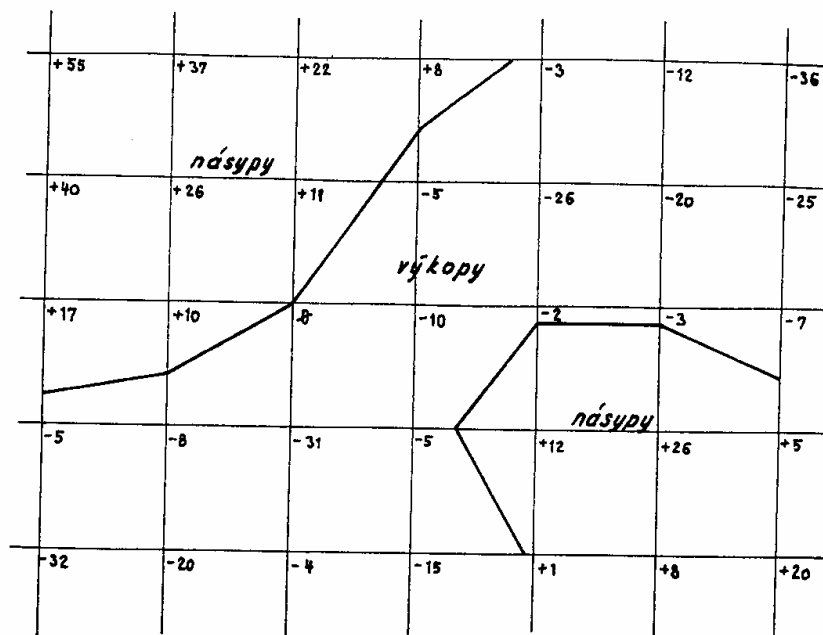
Vytyčení roviny můžeme provádět buď před zemními pracemi, nebo v jejich průběhu. V prvním případě u rozsáhlejších ploch je třeba vytvořit si v daném prostoru čtvercovou síť. Strany čtverců mohou být 5, 10, 20 m, podle konfigurace terénu a účelu, pro který vytyčení provádíme. Vlastní vytyčení sítě probíhá následovně:

- a) zvolíme v rohu plochy výchozí bod a směr jedné strany,
- b) teodolitem, nivelačním přístrojem s vodorovným kruhem či pentagonem vytyčíme na výchozím bodě kolmý směr,
- c) na obou ramenech směrů vytyčíme pásmem celé délky čtverce či obdélníku plochy,
- d) pomocí úhломěrného přístroje či pomůcky vytyčíme zbývající roh celé sítě (pro kontrolu ze dvou sousedních rohů),
- e) podél celé čtvercové sítě rozměříme velikost jednotlivých čtverců,
- f) vnitřní body čtvercové sítě se snadno vytyčí od oka jako průsečíky spojnic vnějších bodů pomocí výtyček,
- g) všechny body sítě označíme kolíky a očíslováme.

Technickou nivelací znivelujeme a určíme výšky vrchů kolíků. Změříme výšky všech kolíků čtvercové sítě nad terénem. Rozdílem výšky vrchů kolíků a jejich výškou nad terénem získáme výšky terénu v místě kolíků  $V_n$ . Ty porovnáme s projektovanou výškou  $V_B$ .

$$o_n = V_n - V_B$$

Rozdíly  $o_n$  vpisujeme do nákresu čtvercové sítě (viz obr. 7.17).



Obr. 7.17

V nákresu čtvercové sítě lze pomocí lineární interpolace vyhledat „nulovou čáru“ rozdělující výkopy a násypy a lze snadno vypočítat i kubatury. V terénu na kolíky vyznačíme s příslušnými znaménky hodnotu  $o_n$ .

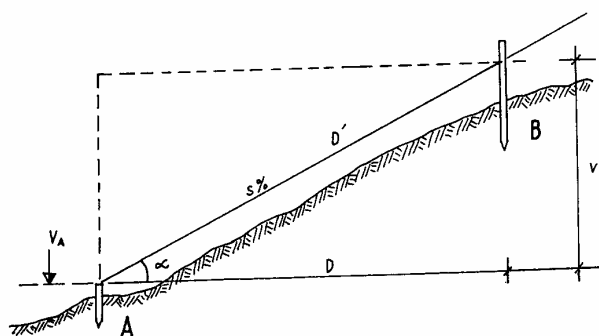
Pozn. Pozor, je třeba vždy jasně uvést, zda je hodnota počítána k terénu u kolíku nebo k vrchu kolíku.

Nyní je možno provést zemní práce. Tento způsob je vhodný pro menší úpravy, prováděné ručně či malou mechanizací.

Při použití větších stavebních mechanismů dochází často ke zničení vytyčených kolíků čtvercové sítě, a proto je lépe provádět vytyčování roviny v průběhu zemních prací. S výhodou je zde možno použít speciálních laserových nivelačních přístrojů, které mohou často i rotovat, a vytváří tak světelný horizont.

### 7.2.3 Vytyčení přímky a roviny daného spádu

Přímku daného spádu vytyčujeme obvykle v koncových bodech, kde opět umístíme kolíky (viz obr. 7.18).



$$v = D \cdot \operatorname{tg} \alpha = D' \cdot \sin \alpha$$

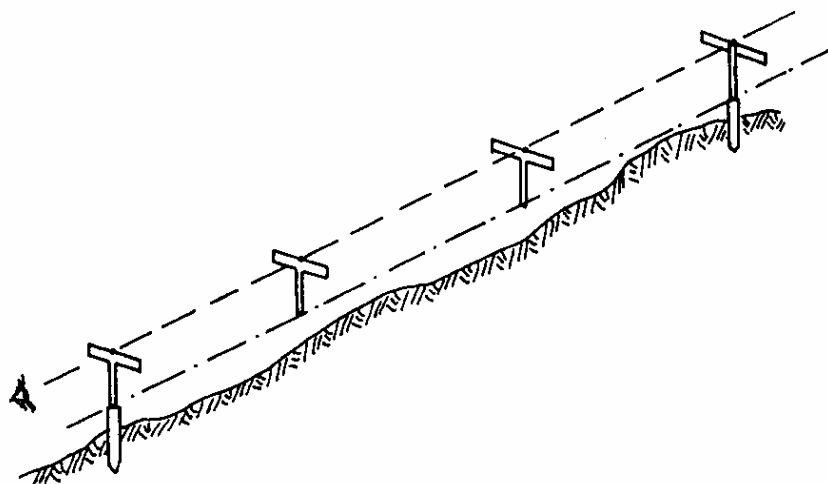
$$s\% = \frac{v}{D} \cdot 100$$

$$v = \frac{s\%}{100} \cdot D$$

Obr. 7.18

Pro výpočet je třeba znát délku mezi koncovými body. Délku musíme změřit vodorovnou nebo šikmou u velkých sklonů terénu. V zadání je třeba znát úhel sklonu nebo sklon v % event. v promilách. Horní nebo dolní kolík je třeba prohlásit za výchozí. Vytýčujeme převýšení v.

U vytýčení roviny daného spádu opět využijeme čtvercové sítě jako v kapitole 7.2.2. Mohou nastat dvě varianty. Buď jsou dvě strany této sítě vodorovné, nebo obecně položené. U první varianty vytýčíme vždy rovnoběžné přímky stejného spádu a mezilehlé body můžeme vytýčit pomocí jednoduchých pomůcek jako jsou dlaždičské kříže (viz obr. 7.19). Výška všech dlaždičských křížů musí být stejná. Zařazování do roviny provádíme od oka. Dlaždičské kříže lze samozřejmě použít i při vytýčování vodorovných rovin.



Obr. 7.19

Pokud je třeba vytýčit obecně položenou rovinu, nejčastěji se použije čtvercové sítě jako u vodorovné roviny. Projektované výšky jednotlivých bodů budou však rozdílné (získané výpočtem v kanceláři).

## 8 VÝPOČET VÝMĚR

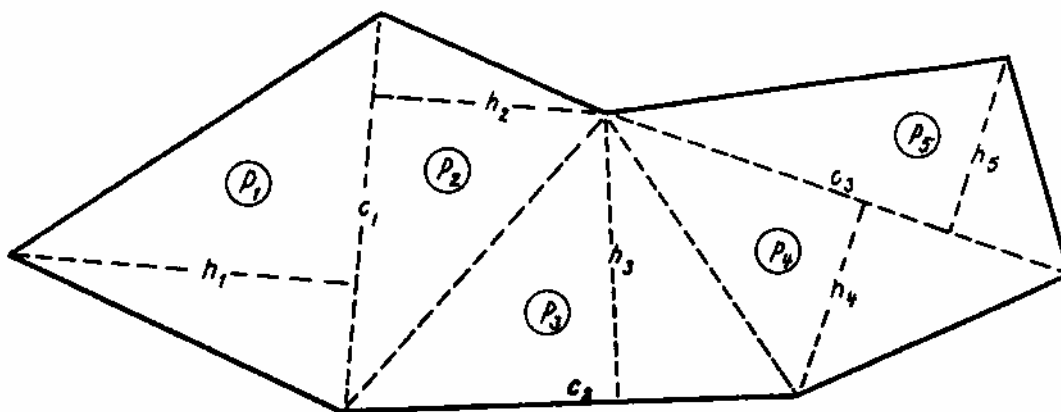
V geodezii a v technické praxi je často třeba určit plochy pozemků nebo plochy v plánech a technických výkresech. Termínem výměra rozumíme plochu prostorového mnohoúhelníku převedeného do zobrazovací (vodorovné) roviny. U ploch pozemků se tedy neurčuje plocha přirozeného povrchu, který je nepravidelný, sklonitý a nerovný, ale jeho zidealizovaného tvaru. Výměry pozemků se zjišťují:

- z přímo měřených hodnot v terénu,
- grafickým způsobem z map a plánů.

Při určování výměr obrazců v technické praxi je dělení obdobné. Za přímo měřené hodnoty jsou zde považovány projektované rozměry staveb.

### 8.1 Výpočet výměr z měřených hodnot

Před určením výměry pozemku je třeba jeho skutečné hranice nahradit lomenými přímkami. Pokud není obecný mnohoúhelník takto vytvořený příliš složitý, lze jej rozdělit na jednodušší obrazce (zpravidla trojúhelníky, viz obr. 8.1). Máme-li k dispozici pásmo a pentagon s výtyčkami, provedeme zaměření všech základen a po určení pat kolmic pentagonem i výšek dílčích trojúhelníků.



Obr. 8.1

Výpočet výměry pozemku z obr. 8.1 je následující:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 0,5 \cdot c_1 \cdot h_1 + 0,5 \cdot c_1 \cdot h_2 + 0,5 \cdot c_2 \cdot h_3 + 0,5 \cdot c_3 \cdot h_4 + 0,5 \cdot c_3 \cdot h_5$$

$$P = 0,5 \cdot c_1 \cdot (h_1 + h_2) + 0,5 \cdot c_2 \cdot h_3 + 0,5 \cdot c_3 \cdot (h_4 + h_5)$$

V praxi často nastane případ, že nemáme k dispozici pentagon, ale pouze pásmo. Výměry dílčích trojúhelníků získáme tak, že oměříme všechny tři strany a výpočet provedeme pomocí Heronova vzorce:

$$P = \sqrt{s \cdot (s - a) \cdot (s - b) \cdot (s - c)}$$

kde  $a, b, c$  jsou strany trojúhelníku

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$



Máme-li k dispozici teodolit a pásmo, a nelze z nějakého důvodu změřit jednu ze stran trojúhelníku, změříme zbývající dvě strany **a**, **b** pásmem a úhel  $\gamma$  jimi sevřený teodolitem.

$$P = 0,5 \cdot a \cdot b \cdot \sin \gamma$$

V případě, že je třeba určit výměru pozemku kruhového tvaru použijeme známý vzorec :

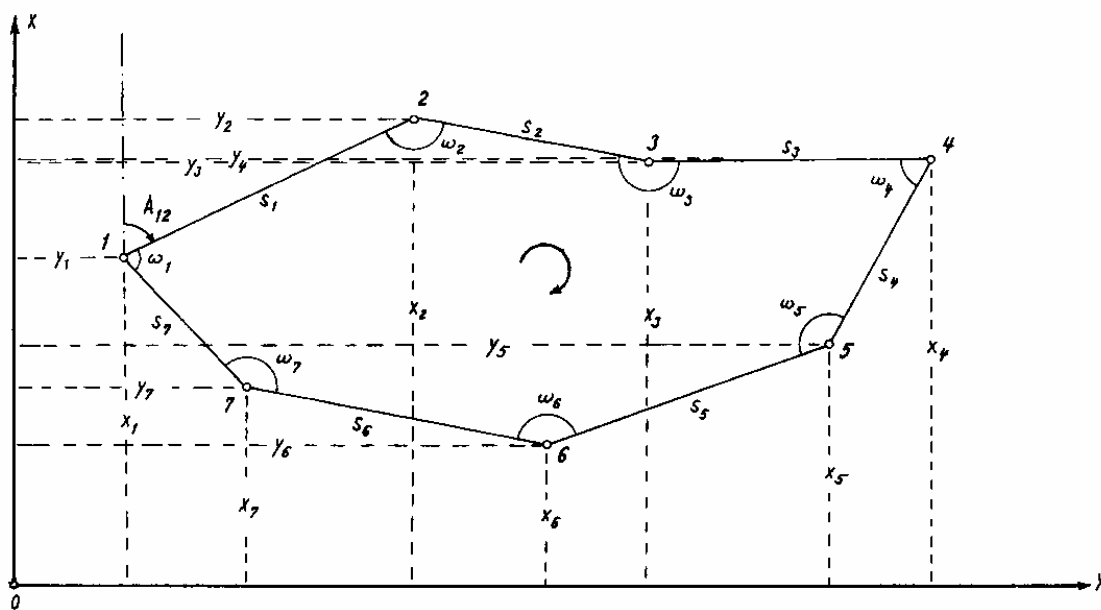
$$P = \pi \cdot r^2 \quad \text{kde } r \text{ je poloměr kruhu.}$$

Toto nastane např. při určení výměry kruhového bazénu.

Výměra eliptického tvaru se spočte ze vzorce:

$$P = \pi \cdot a \cdot b \quad \text{kde } a, b \text{ jsou poloosy elipsy.}$$

Zaměřujeme-li pozemek, uvnitř kterého se nelze pohybovat (např. rybník), pro určení výměry postačí změřit všechny obvodové strany a úhly (viz obr. 8.2).



Obr. 8.2

Výpočet provedeme pomocí Mascheroniho vzorce:  
 v obrazci vynecháme jednu obvodovou stranu, ze zbývajících vytvoříme všechny kombinace po dvou a ty vynásobíme siny součtu vrcholových úhlů ležících mezi kombinovanými stranami. Výrazům se sudým (lichým) počtem úhlů přisoudíme znaménko záporné (kladné).  
 U příkladu z obr. 8.2 bude vzorec vypadat následovně:

$$\begin{aligned}
2P = & s_1 \cdot s_2 \cdot \sin\omega_2 - s_1 \cdot s_3 \cdot \sin(\omega_2 + \omega_3) + s_1 \cdot s_4 \cdot \sin(\omega_2 + \omega_3 + \omega_4) - \\
& -s_1 \cdot s_5 \cdot \sin(\omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5) + s_1 \cdot s_6 \cdot \sin(\omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_6) + \\
& + s_2 \cdot s_3 \cdot \sin\omega_3 - s_2 \cdot s_4 \cdot \sin(\omega_3 + \omega_4) + s_2 \cdot s_5 \cdot \sin(\omega_3 + \omega_4 + \omega_5) - \\
& -s_2 \cdot s_6 \cdot \sin(\omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_6) + s_3 \cdot s_4 \cdot \sin\omega_4 - s_3 \cdot s_5 \cdot \sin(\omega_4 + \omega_5) + \\
& + s_3 \cdot s_6 \cdot \sin(\omega_4 + \omega_5 + \omega_6) + s_4 \cdot s_5 \cdot \sin\omega_5 - s_4 \cdot s_6 \cdot \sin(\omega_5 + \omega_6) + \\
& + s_5 \cdot s_6 \cdot \sin\omega_6
\end{aligned}$$

Z uvedeného vzorce vyplývá, že je výpočet již při sedmi vrcholech pozemku značně rozsáhlý a během něj může snadno dojít k chybě. Proto je třeba výpočet nezávisle kontrolovat.

Máme-li k dispozici totální stanici, bývá v doprovodných programech uveden i program pro automatický výpočet výměry pozemku. Totální stanici umístíme do blízkosti určovaného pozemku. Je jedno zda uvnitř nebo vně. Je však třeba, aby byly od stanice vidět všechny lomové body pozemku. Potom figurant obejde s odrazným hranolem jednotlivé lomové body pozemku ve směru pohybu hodinových ručiček. Na každém lomovém bodu provedeme registraci naměřených dat. Od třetího lomového bodu se na displeji totální stanice objevuje aktuální plocha pozemku. Není třeba dojít s odrazným hranolem až na výchozí bod, program automaticky uzavírá určenou plochu na první lomový bod.

## 8.2 Grafické metody určování výměr

Abychom mohli určovat výměry pozemků grafickým způsobem, je nejprve třeba zobrazit tyto pozemky do mapy či plánu. Vzniklé parcely jsou zobrazeny v měřítku 1 : M. Neboť plocha je vyjádřena jako součin dvou délek, bude plocha každého obrazce (parcely) v mapě či plánu zmenšena v poměru 1 : M<sup>2</sup>. Platí úměra:

$$\begin{aligned}
p : P &= 1 : M^2 \\
P &= p \cdot M^2
\end{aligned}
\quad \text{kde } P \text{ je plocha pozemku} \\
\quad \quad \quad p \text{ je plocha parcely na} \\
\quad \quad \quad \text{mapě v měřítku 1 : M.}$$

Graficky můžeme výměry určovat obdobným způsobem, jak bylo popsáno v kapitole 8.1 s tím rozdílem, že hodnoty, ze kterých provádíme výpočet, odměřujeme co nejpečlivěji v příslušném měřítku z mapy či plánu. U dlouhých obdélníkových tzv. honových parcel, kde jejich délka několikanásobně převyšuje šířku, měříme v terénu šířku takového pozemku a délku odsunujeme z mapy. Tímto kombinovaným způsobem příznivě ovlivníme přesnost výsledku, protože v tomto případě má kvalita změřené šířky podstatně větší váhu ve výpočtu výměry než její délka.

Nejčastěji se však pro grafické určování výměr z map či plánů používají různé pomůcky. Nejjednodušší pomůckou může být milimetrový pauzovací papír, který přiložíme na určovaný obrazec a součet celých čtverců, nalézajících se uvnitř obrazce znásobíme plochou čtverce na pauzovacím papíru. Čím hustší síť čtverců zvolíme, tím přesnějšího výsledku dosáhneme. Pro zpřesnění můžeme započítat i části čtverců, které jsou částečně vně obrazce.

Speciálními pomůckami vytvořenými pro tento účel jsou různé druhy planimetrů. Rozeznáváme:

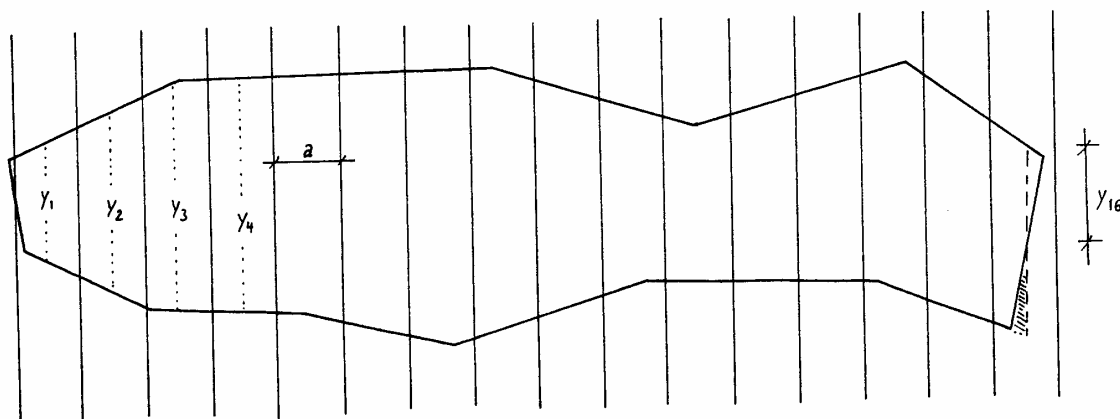
- nitkové planimetry,
- polární planimetry,
- valivé planimetry.

a) nitkový planimetr (obr. 8.3)

Princip tohoto planimetru spočívá v rozložení určovaného obrazce na úzké proužky, mající lichoběžníkový tvar. Plochu jednotlivého lichoběžníku určíme ze vzorce:

$$P = a \cdot y \quad \text{kde } a \text{ je šířka lichoběžníku}$$

$$y \text{ je střední příčka lichoběžníku.}$$



Obr. 8.3

Zachováme-li stejnou šířku „a“ lichoběžníků, můžeme určit plochu celého určovaného obrazce ze vzorce:

$$P = a \cdot y_1 + a \cdot y_2 + \dots + a \cdot y_n = a \cdot (y_1 + y_2 + \dots + y_n)$$

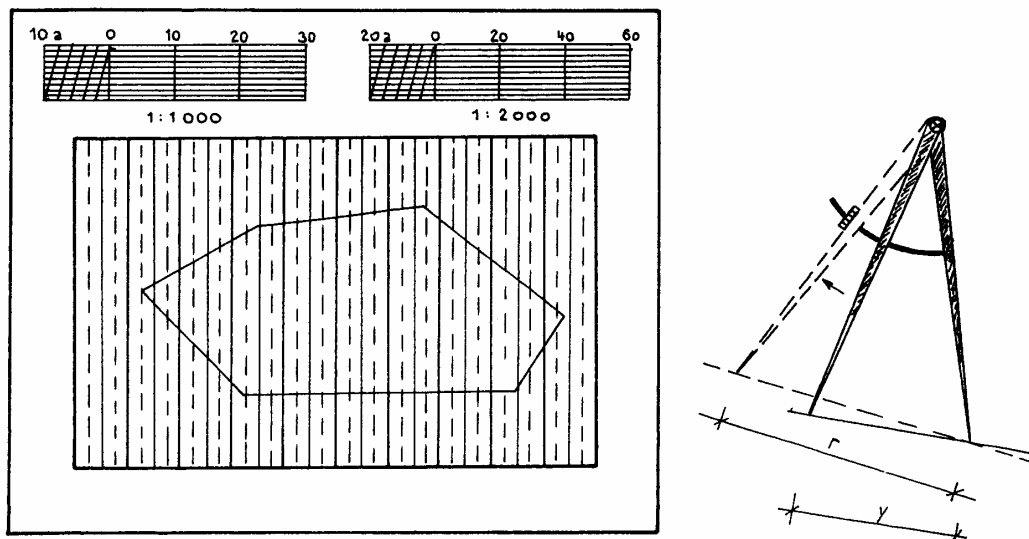
$$P = a \cdot \sum y$$

Tímto způsobem můžeme určovat výměry velmi složitých obrazců. Používají se dva typy nitkových planimetrů, astralonový, kde je síť rovnoběžek vytištěna na průhledné umělohmotné fólii, kterou přikládáme na planimetrovaný obrazec, nebo starší typ Alderův, kde je síť rovnoběžek realizována osnovou silonových vláken (původně koňských žíní) různě zbarvených pro snazší orientaci. Vláknata jsou napjata v kovovém rámu (obr. 8.4).

Do výbavy astralonového i Alderova nitkového planimetru patří tzv. součtové kroužítko, pomocí kterého sčítáme střední příčky všech lichoběžníků v planimetrovaném obrazci.

Postup práce s nitkovým planimetrem je následující:

- 1) Položíme planimetr na obrazec tak, aby rovnoběžky protínaly kolmo podélnou osu obrazce.
- 2) Zároveň je podélně nastavíme tak, aby první lichoběžník byl úplný (dotýkal se rovnoběžky), viz obr. 8.4.



Obr. 8.4

- 3) Nastavíme si maximální rozvor součtového kružítká podle měřítka mapy pomocí příčného měřítka na kovovém rámu planimetru. Příčná měřítka slouží pro přesné odečtení zbytkových hodnot určované plochy. Jsou sestrojena pro běžně používaná měřítka map a délkové hodnoty na nich jsou převedeny do plošných podle vzdáleností rovnoběžek „a“:

$$y = \frac{1}{a} P$$

- 4) Vlastní načítání plochy po jednotlivých lichoběžnících.  
Postupně rozvíráním součtového kružítká podél jednotlivých středních příček lichoběžníků.
- 5) Na konci planimetrované plochy obdržíme počet celých rozvorů součtového kružítká a zbytkovou část, kterou odečteme pomocí příčného měřítka.

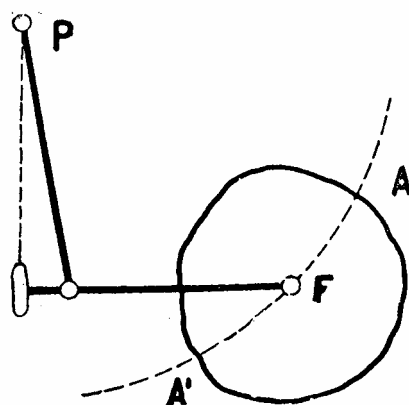
$$P = n \cdot (a \cdot r) + a \cdot \Delta y = n \cdot p + \Delta p$$

kde  $n$  je počet celých rozvorů,  
 $a$  je šířka lichoběžníku,  
 $r$  je celý rozvor kružítká,  
 $\Delta y$  je zbytková délka v kružítku.

Přesnost nitkových planimetrů je poměrně vysoká, udávaná poměrnou chybou 1 : 3 000. Pomocí nitkových planimetrů byly zjišťovány výměry v katastrálních mapách.

b) polární planimetr (obr. 8.5)

Je to nejpoužívanější pomůcka pro určování výměr z map a plánů všude tam, kde není třeba vyšší přesnost. V letech 1854 –56 jej zkonstruoval Švýcar Amsler.



Obr. 8.5

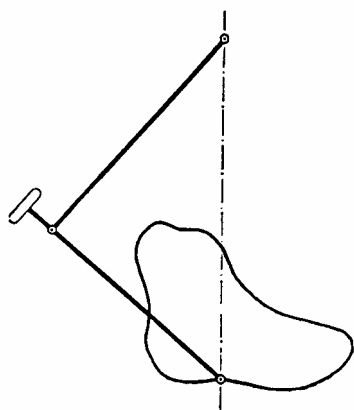
Planimetr se skládá z pólového ramene otočného kolem pólu P, dále z ramene pojízdného, spojeného kloubem s ramenem pólovým. Pojízdné rameno je zakončeno hrotem F nebo značkou na skleněné destičce, opatřené lupou. Na pojízdném rameni je umístěno odečítací zařízení spřažené s integračním kolečkem. Odečítací zařízení umožňuje určit celé otočky integračního kolečka a počet tisícín otočky pomocí vernieru.

Plošný obsah obrazce změříme tak, že objedeme ve směru otáčení hodinových ručiček pojízdným hrotem nebo značkou na skleněné desce celý obvod obrazce (podél obvodové čáry). Je třeba odečíst na odečítacím zařízení stav otáček na počátku objíždění a na jeho konci. Rozdíl mezi koncovým a počátečním čtením udá počet jednic (tisícín otáček integračního kolečka). Každé jednici přisoudíme příslušnou plochu podle seřizovací tabulky, která je přiložena ke každému planimetru. Plocha jednice je závislá na délce pojízdného ramene (je možno ji měnit a je opět uvedena v seřizovací tabulce) a na měřítku planimetrovaného plánu či mapy.

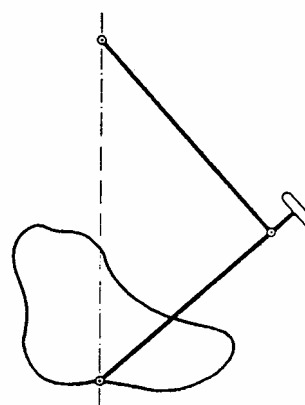
Postup při planimetrování polárním planimetrem:

- 1) Planimetrovaný obrazec umístíme na rovnou desku stolu a zajistíme proti posunu (izolepou či napínáčky).
- 2) Podle seřizovací tabulky nastavíme pomocí vernieru pro příslušné měřítko planimetrovaného obrazce délku pojízdného ramena.
- 3) Planimetr umístíme vně planimetrovaného obrazce, aby základní kružnice protínala strany planimetrovaného obrazce přibližně středem obrazce. Základní kružnici opisuje polární planimetr hrotem F, nebo značkou na skleněné destičce, když je spojnice pólu P a integračního kolečka kolmá k pojízdnému ramenu (viz obr. 8.5).

- 4) Nejprve provedeme zkušební měření. Objedeme čtvercovou plošku o známé ploše. Nastavíme hrot či značku do jednoho rohu plošky, odečteme počáteční stav otáček, ve směru pohybu hodinových ručiček objedeme obvod plošky do stejného místa a opět odečteme konečný stav otáček. Rozdíl obou čtení je počet jednic, který po vynásobení plochou jedné jednice nám dá známou plochu. Pokud se plocha liší o více než dvě jednice od plochy známé, je třeba opakovat měření, případně zkontrolovat nastavení délky pojízdného ramena.
- 5) Provedeme vlastní měření obdobným způsobem jako v bodě 4) nejprve v tzv. první poloze planimetru (obr. 8.6 a) a to ve směru pohybu hodinových ručiček. Podruhé proti směru pohybu ručiček u hodin (při rozdílu odečítáme vždy menší hodnotu od větší).
- 6) Měření opakujeme ve druhé poloze planimetru (obr. 8.6 b) opět ve směru a v protisměru pohybu hodinových ručiček.



Obr. 8.6 a



Obr. 8.6 b

- 7) Ze čtyř měření provedeme aritmetický průměr a vyloučíme tím většinu přístrojových chyb. Planimetr s možností obou poloh měření se nazývá kompenzační.

Poznámka: Je třeba dbát na to, aby pohyb integračního kolečka po podložce byl plynulý a kolečko nepřejíždělo různé překážky (hrany čtvrtky, napínáčky apod.), dále aby byl povrch dostatečně drsný a kolečko se nesmýkalo (nevhodný povrch je sklo a umakart). Na počátku je třeba nechat obecné čtení odečítacího zařízení, nenastavovat na nulu. Je-li obrazec větší a nelze jej objet najednou, rozdělíme jej na části.

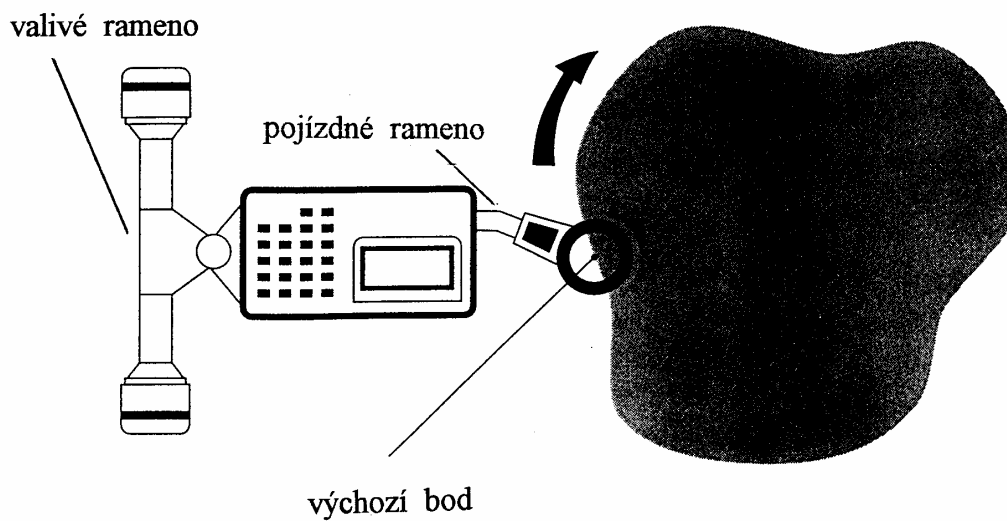
Též je třeba neplanimetrovat přímé obrysové hrany podle pravítka, ale vést hrot či značku volnou rukou.

Přesnost polárního kompenzačního planimetru se udává poměrnou chybou 1 : 500.

### c) valivý planimetr

Je modifikací planimetru polárního. Místo polárního ramena má valivé rameno symetricky připevněné k ramenu pojízdnému. Na pojízdném rameni je umístěno opět integrační kolečko s odečítacím zařízením. Na konci pojízdného ramena je opět značka pro objížďení opatřená lupou.

Postup práce s tímto planimetrem je obdobný jako u planimetru polárního, jen při výchozím postavení musí být valivé rameno vůči ramenu pojízdnému v kolmé poloze (viz obr. 8.7).



Obr. 8.7

V současné době se jak u polárních, tak u valivých planimetrů hodnoty otáček integračního kolečka registrují v digitální formě. Měření je tak velmi snadné a po zaregistrování příslušného měřítka mapy či plánu lze na displeji z tekutých krystalů okamžitě odečíst hodnotu plochy.