

8 MĚŘENÍ VÝŠKOPISU

Měření a znázorňování výškopisu v mapách a plánech není ve všech případech nutné. Již v předchozí kapitole byla jako příklad mapového díla bez výškopisné složky uvedena mapa katastrální. U většiny map a plánů je však výšková složka stejně důležitá jako polohopis. Je proto nutné věnovat jí stejnou pozornost.

8.1 Topografie

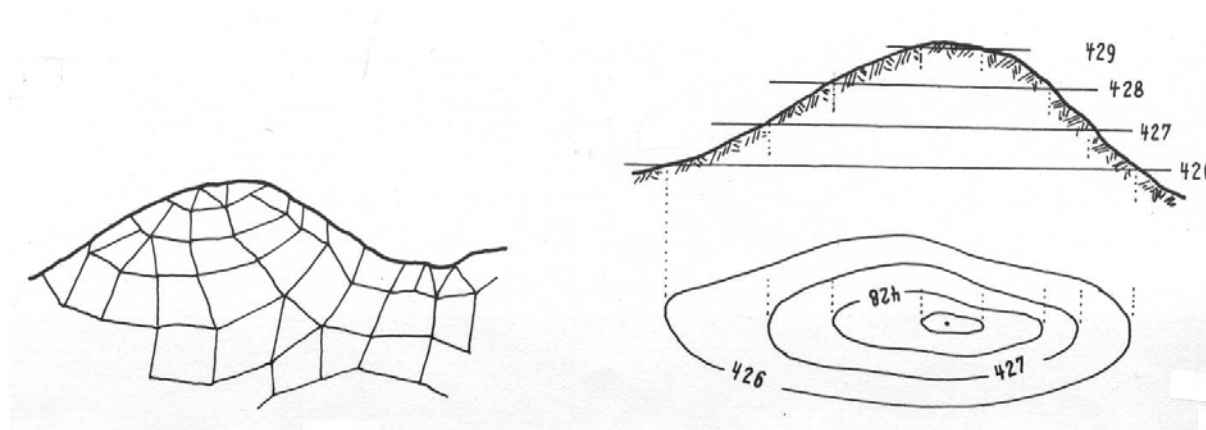
Topografie je jedním z oborů geodzie, který se zabývá popisem, studiem a znázorňováním terénních útvarů, vzniklých jak přírodními silami, tak uměle, působením lidské činnosti.

8.1.1 Základní pojmy

Všechny terénní útvary můžeme z matematického hlediska popsat ve třírozměrné prostorové soustavě, kdy k pravoúhlým souřadnicím x , y jednotlivých podrobných bodů těchto útvarů přiřadíme kolmou souřadnici z , kterou zpravidla bývá nadmořská výška (délka měřená po tížnici ke střední hladině moře).

Zemský povrch je nekonečně mnohotvárný a není možno jej matematicky vystihnout a zobrazit. Proto je nahrazován tzv. topografickou plochou.

Každou topografickou plochu můžeme vyjádřit jako soubor nekonečného počtu rovinných ploch buď nekonečně malých, nebo limitně malých, podle podmínek zjednodušení (viz obr. 8.1).



Obr. 8.1

Úkolem topografie je znázorňování terénního reliéfu v mapách a plánech. V průběhu staletí se měnily a zdokonalovaly způsoby vyjádření terénního reliéfu v mapách:

- a) Šrafování patří mezi nejstarší způsob znázorňování terénu. Tvůrce mapy udává polohou šraf směr spádu a hustotou šraf velikost spádu terénu. Šrafy mívaly tvar štíhlých klínů nebo obdélníčků. Výhodou šrafování byla plastičnost vjemu, ale pro pracnost vytváření šraf a především pro zakrytí polohopisné kresby ve svažitých terénech bylo už v minulém století od tohoto způsobu upuštěno.
- b) Barevná hypsometrie užívá barevné stupnice na vybarvení ploch mezi zvolenými vrstvami terénu. Průkopníkem této metody byl český profesor Kořistka. Vychází se ze zásady „čím vyšší vrstva tím tmavší barva“. Nížiny bývají světle zelené a velehory tmavohnědé. Tento způsob vyjádření výškových poměrů v mapách se dosud zachoval

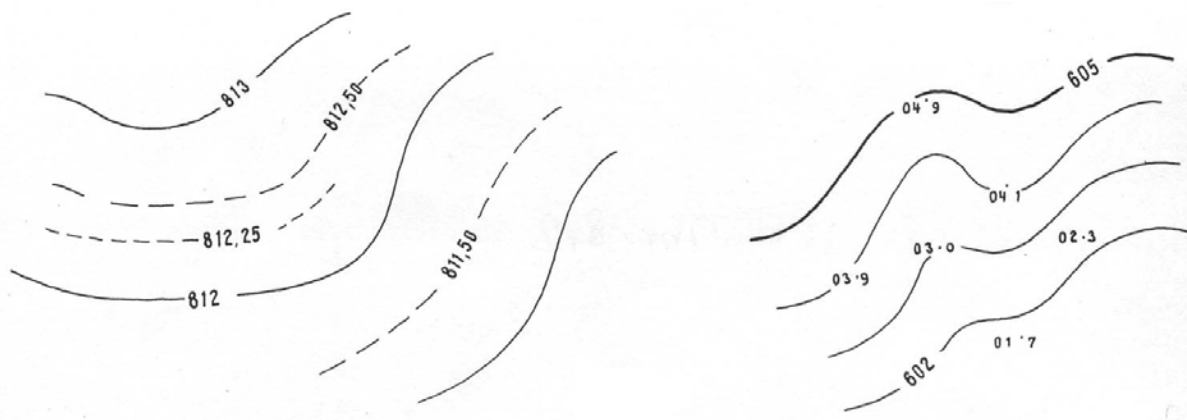
ve školních mapách a atlasech. Vytvoření reliéfu tímto způsobem je též poměrně pracné a klade vysoké nároky na barevné kartografické zpracování.

- c) Stínování je plošné šedé tónování skloněných částí terénu. Slouží ke zvýšení plasticity zobrazeného reliéfu. Využívá vlastních stínů reliéfu při šikmém osvětlení. Směr osvětlení bývá od severu či severozápadu. Tento způsob vyjádření reliéfu nebývá prováděn samostatně, ale doplňuje zpravidla vrstevnicový obraz terénu. Často se používá u turistických map.
- d) Vrstevnice (izohypsy) jsou půdorysným obrazem průsečných čar vodorovných rovin s terénem, přičemž jejich nadmořská výška je beze zbytku dělitelná zvoleným základním intervalem (výškou vrstvy). Jejich využití v současných technických mapách je téměř univerzální. Bývají doplněny výškovými kótami výškově dominantních bodů a technickými šrafami, které nahrazují vrstevnice zpravidla na terénních stupních a v příkopech. Pozor neplést s klínovými nebo obdélníkovými šrafami ad a).

Svislá vzdálenost mezi vrstvami oddělujícími jednotlivé vrstevnice se nazývá výška vrstvy nebo též základní interval vrstevnic.

Pro různá měřítka mapování a pro různě svažitě terény se liší. Pro mapy menších měřítek se užívá základních intervalů 2 m, 5 m, 10 m, 20 m apod. Pro měřítko mapování 1 : 500, 1 : 1 000 a 1 : 2 000 bývá základní interval 1 m (v případě velkých sklonů terénu 5 m). U rovinných terénů se základní interval buď půlí nebo dokonce čtvrtí.

Vznikají tak doplňkové vrstevnice, které se vykreslují čárkovaně (5 mm čára, 1 mm mezera). Pro rychlou orientaci v mapách se každá pátá vrstevnice, jejíž kóta je beze zbytku dělitelná pětinásobkem základního intervalu zobrazuje zesíleně (tříkrát silněji). Popis vrstevnic provádíme celou nadmořskou výškou, vždy „hlavou“ číslic ve směru stoupání terénu. (viz obr. 8.2)



Obr. 8.2

8.1.2 Topografické tvary

Základním předpokladem pro schopnost zobrazení výškopisného obsahu map a plánů a též pro jeho používání je znalost alespoň základních tvarů, které se v terénu vyskytují.

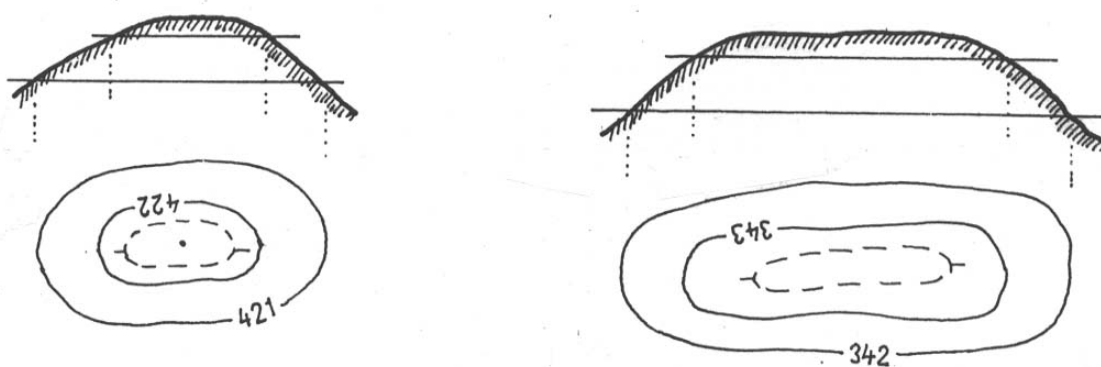
Jak již bylo v úvodu řečeno zemský povrch nahrazujeme topografickou plochou. Skutečný obraz terénu zjednodušujeme, generalizujeme a zanedbáváme malé detaily, které nejsou důležité. Jen tak je možno celý složitý zemský povrch rozložit na základní útvary,

zaměřit je a potom pospojovat v jeden celek v rámci zájmového území. Základní přirozené terénní útvary se seskupují do tří skupin:

- útvary vyvýšené (vrcholové),
- útvary na svahu,
- útvary údolní.

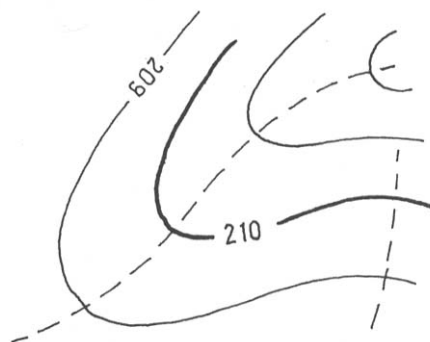
Mezi útvary vyvýšené patří:

kupa – mírně nebo nápadně zaoblený tvar, vrcholící obvykle v bodě, zvaném vrchol kupy. Spádnice z jednoho bodu nebo plochy míří na všechny strany. Tvarovou čárou kupy je uzavřená křivka (obr. 8.3),



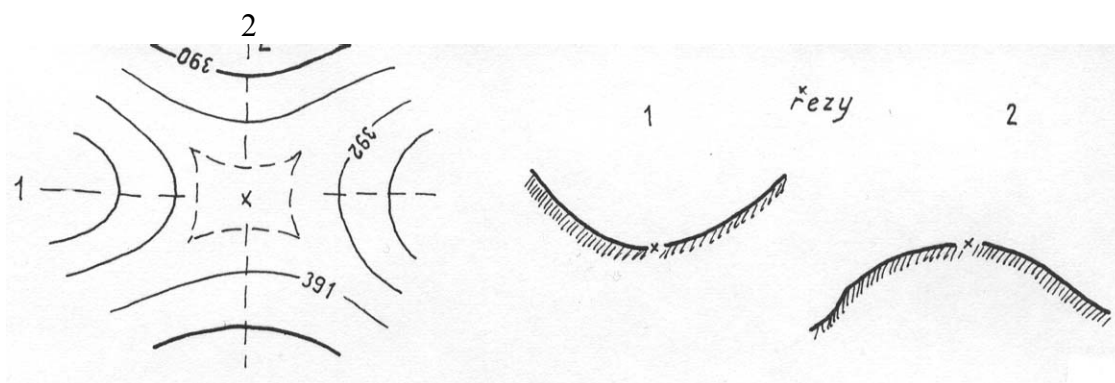
Obr. 8.3

hřbet – může být vodorovný, častěji skloněný. Je to útvar protáhlý ve směru hřbetní čáry. Svým průběhem hřbet rozděluje směr odtoku povrchových vod (obr. 8.4),

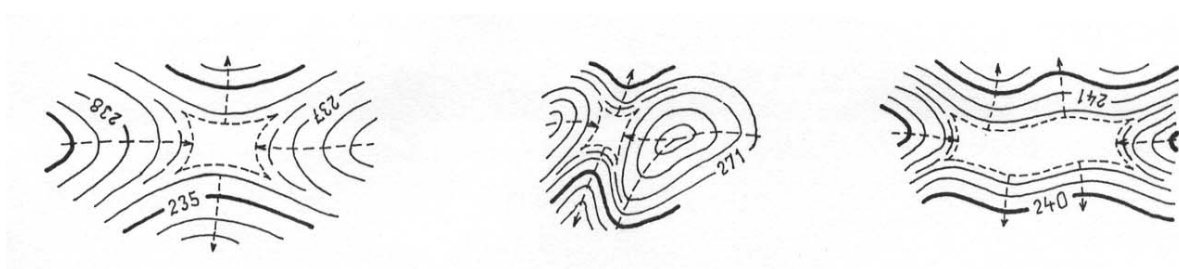


Obr.8.4

sedlo – nejnižší ležící plocha mezi dvěma kupami. Nejnižším bodem je sedlový bod čili vrchol sedla. Sedlo je také styk ploch vypuklých a vhloubených (obr. 8.5). Podle tvaru tvarové čáry sedla dělíme sedla na podélná, příčná a nepravidelná (obr. 8.6 a, b, c).



Obr. 8.5



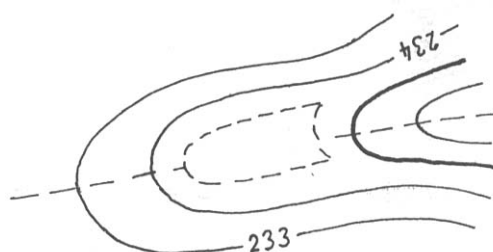
Obr. 8.6 a

Obr. 8.6 b

Obr. 8.6 c

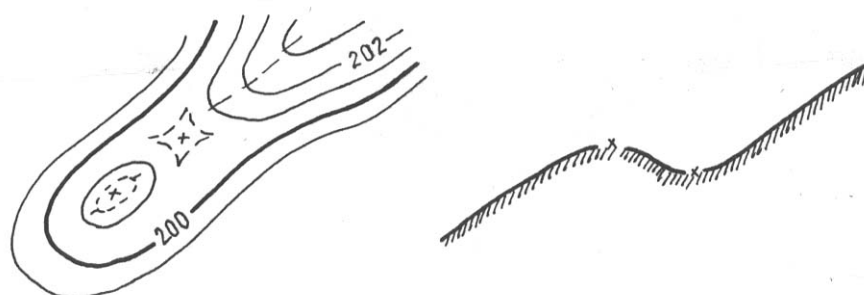
Útvary na svahu jsou:

spočinek – plochý, vodorovný nebo mírně skloněný útvar, který podél hřbetní čáry přerušuje svah (obr. 8.7),



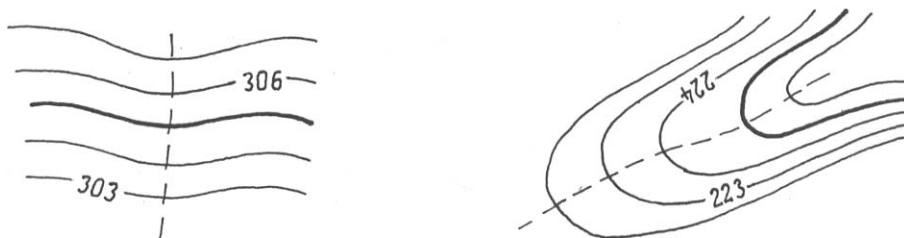
Obr. 8.7

svahová kupa – zpravidla malý kupovitý útvar, který převyšuje svahový hřbet, přičemž mezi ním a kupou vzniká sedlo (obr. 8.8),



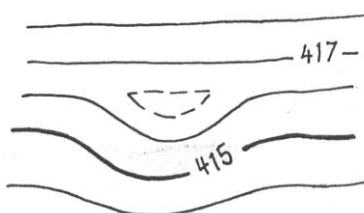
Obr. 8.8

svahový hřbet – vyvýšený útvar na úbočí, leží mezi dvěma vhloubenými plochami – úžlabinami (obr. 8.9),



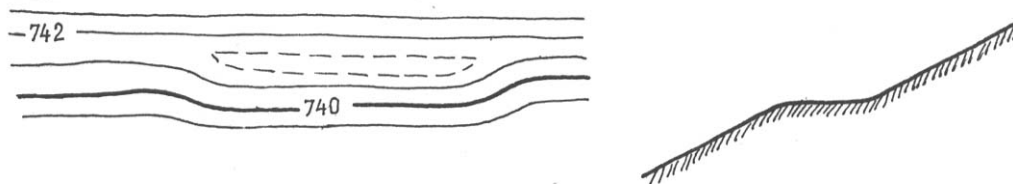
Obr. 8.9

výčnělek – malý plochý útvar na úbočí. Může být vodorovný nebo mírně skloněný (obr. 8.10),



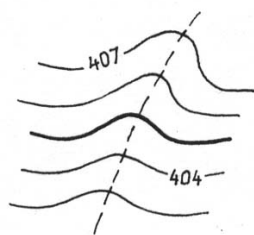
Obr. 8.10

terasa – rozsáhlejší plochý útvar na úbočí, protáhlý, sledující obvykle vrstevnici. Může být vodorovná nebo mírně skloněná (obr. 8.11),

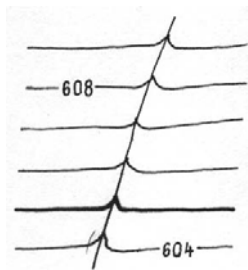


Obr. 8.11

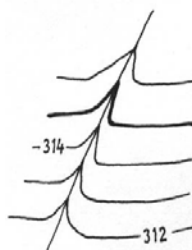
úžlabí – vhloubený útvar na svahu, mezi dvěma vypuklými plochami, hřbety kde vždy spádnice směřují k údolnici, která je tvarovou čarou úžlabí (obr. 8.12 a). Krajnými případy úžlabí jsou rýha (obr. 8.12 b), zářez (obr. 8.12 c) a strž (obr. 8.12 d).



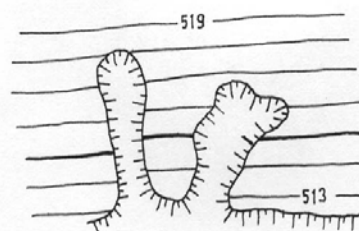
Obr. 8.12 a



Obr. 8.12 b



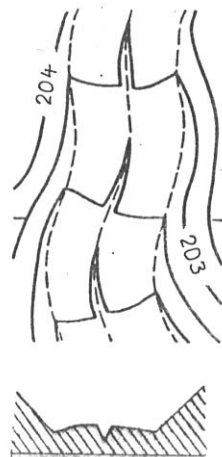
Obr. 8.12 c



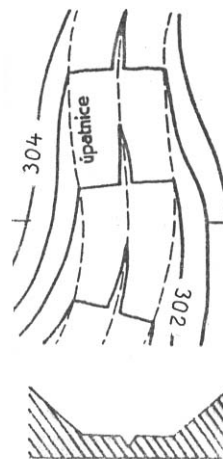
Obr. 8.12 d

Útvary údolní jsou:

údolí – útvary v nejnižším prostoru terénního reliéfu, zpravidla mírného spádu. Může mít zaoblené (jazykovité) (obr. 8.13 a) nebo rovné (obr. 8.13 b) dno. Údolím probíhá údolnice,

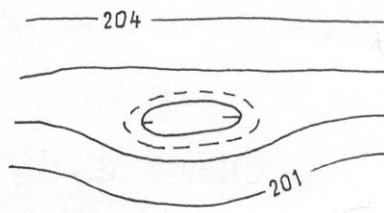
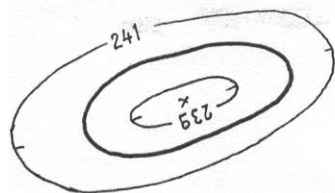


Obr. 8.13 a



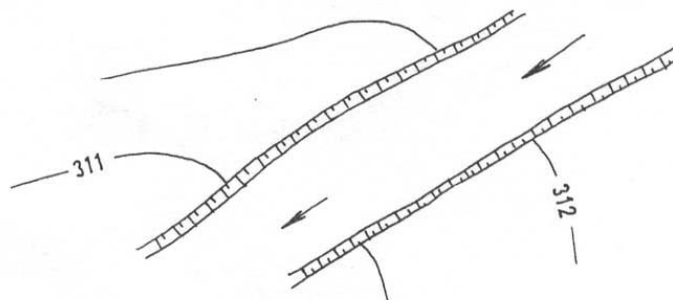
Obr. 8.13 b

prohlubeň – obvykle protáhlý, plochý údolní útvar, uzavřený, do jehož dna směřují všechny spádnice. Na dně mívá většinou vlhkou průsakovou vrstvu. Nejnižším bodem prohlubně je dno prohlubně (obr. 8.14),



Obr. 8.14

raveny, údolní stupně – nízké srázy, vzniklé působením vodních toků, naplavováním, boční erozí apod. (obr. 8.15).

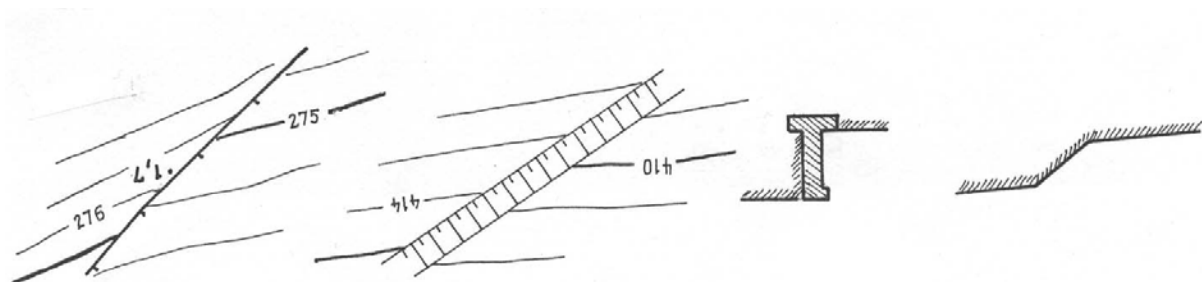


Obr. 8.15

Toto nejsou zdaleka všechny přirozené útvary na zemském povrchu, ale lze jejich pomocí popsat většinu přirozeného terénu naší republiky.

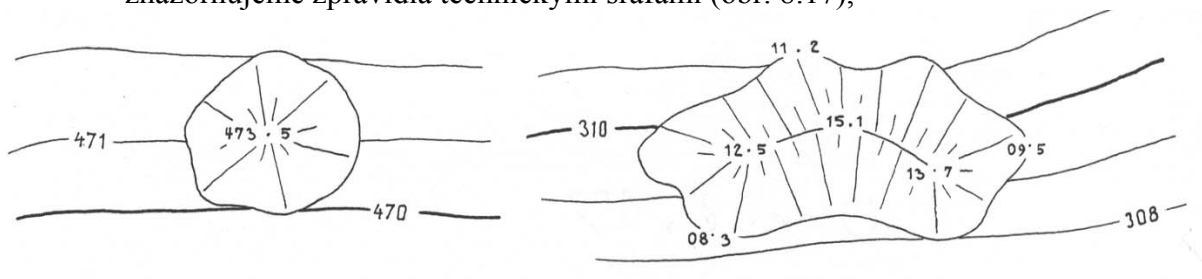
Naše krajina neobsahuje samozřejmě jen přirozené útvary. V důsledku dlouhodobé lidské činnosti jsou mnohé přirozené útvary přerušeny nebo přetvořeny lidmi. Vznikají tak útvary způsobené lidskou činností:

stupně – svislé nebo šikmé. Jsou to útvary ohraničené zpravidla vodorovnými, ale i šikmými, často rovnoběžnými hranami, mezi něž lze položit rovinu. Svislým stupněm je také opěrná zeď. Šikmé stupně řešíme zpravidla technickými šrafami (obr. 8.16),



Obr. 8.16

haldy – tvoří je obvykle navršená zemina nebo odpady. Nemají často žádný tvar, povrch je neurčitý, dochází zde k sesedání nebo sesouvání materiálu. Tyto útvary znázorníme zpravidla technickými šrafami (obr. 8.17),



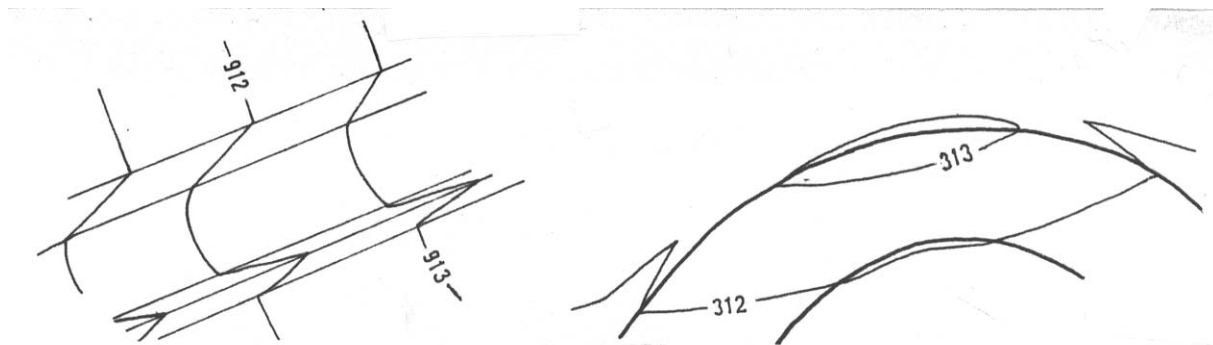
Obr. 8.17

propadliny – jámy, vzniklé propadnutím terénu po podzemní činnosti. Jejich tvar je zpravidla nepravidelný, někdy kuželový a opět pro jejich znázornění použijeme technické šrafy (obr. 8.18).



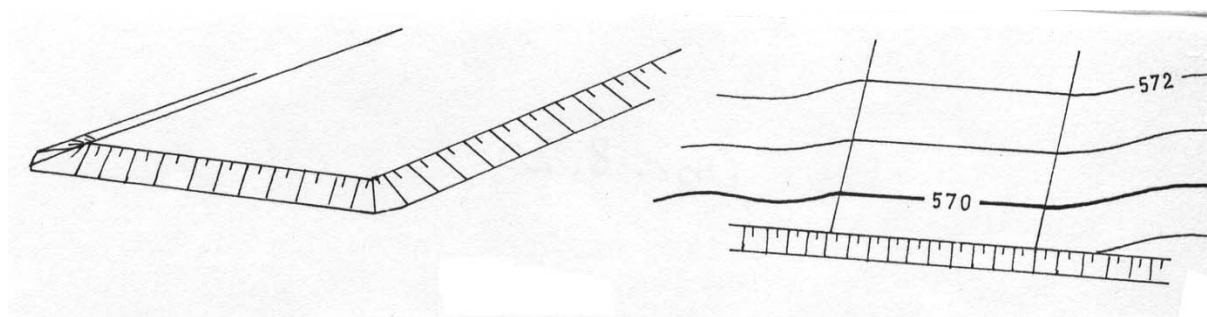
Obr. 8.18

vozovky – obvykle vyduuté plochy, tvořící v souvislosti i plochy zborčené, části rotačních těles apod. Jsou v zásadě matematicky definovatelné a povrch podléhá určitým zákonitostem – odvodnění, sklonům, jízdním parametrům atd. (obr. 8.19),



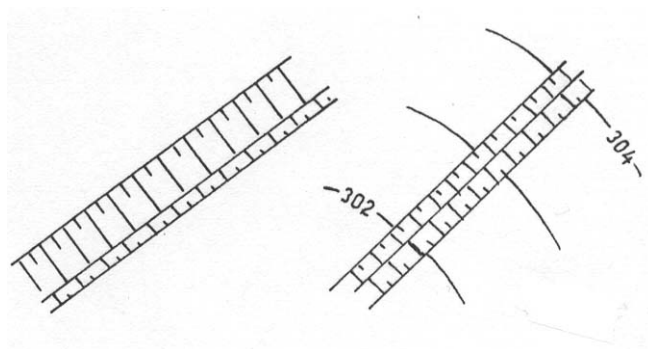
Obr. 8.19

roviny – vodorovné i šikmé (hřiště, parkoviště apod.). Bývají ostře ohraničené, mnohdy jsou částečně v náspu či ve výkopu, jejich rovinatost je dána přesností terénních úprav (obr. 8.20),



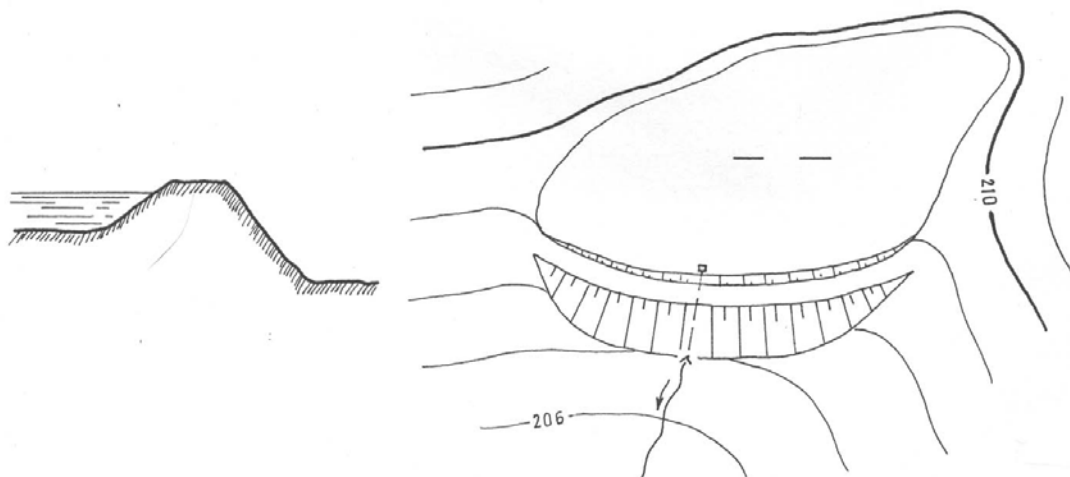
Obr. 8.20

příkopy – tvoří je dva stupně, mající společnou spodní hranu - příkopy trojúhelníkového průřezu (obr. 8.21). V praxi se též vyskytují příkopy lichoběžníkového průřezu. Průběh dna je dán sklonovými poměry podle odtoku,



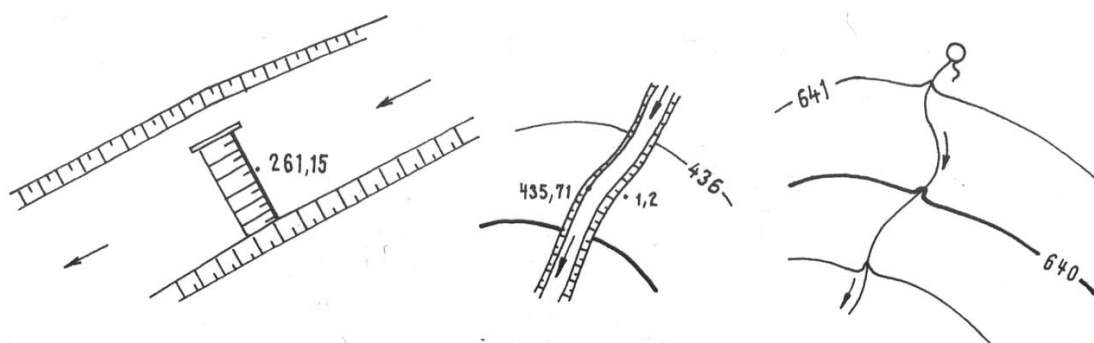
Obr. 8.21

hráze – jde o vodohospodářské stavby, sloužící k zadržení vody. Jejich tvar je určen soustavou jednoduchých geometrických ploch a rovin. Hráze jsou charakteristické hranami koruny a paty zemního tělesa (obr. 8.22),



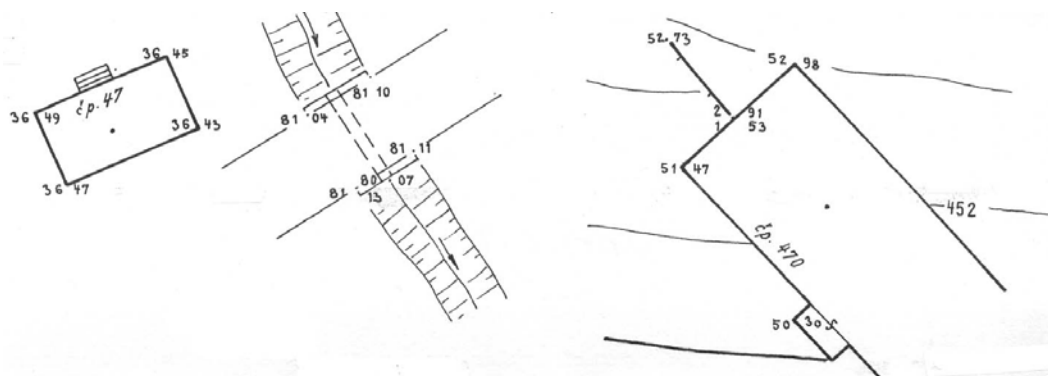
Obr. 8.22

vodní plochy – jezera, rybníky, nádrže, řeky, potoky, strouhy, kanály, jezy, náhony, plavební komory atd. tvoří zvláštní skupinu výškopisných ploch, charakterizovanou především obrysem a hlavními kótami, jako je výška hladiny k určitému datu, kóty jezů apod. (obr. 8.23),



Obr. 8.23

stavební objekty – výškově určujeme pouze kóty rohů staveb event. výšky různých stavebních úrovní (kóty vchodu, 2. podlaží apod.). Vrstevnice v místech staveb neřešíme. U technických staveb (např. propustků) je možné doplnit světlost nebo relativní kóty (obr. 8.24).



Obr. 8.24

Tyto jednotlivé terénní útvary, ať přírodní či způsobené lidskou činností, je třeba v zájmovém území vyhledat, správně propojit a vytvořit tak ucelený obraz výškové složky mapy či plánu. Je proto třeba vytvořit topografický náčrt, ve kterém bude výškovými body a charakteristickými čarami znázorněna kostra terénu. Základními výškovými body jsou tři hlavní body terénní kostry:

- vrchol kupy – její nejvyšší bod,
- vrchol sedla – nejnižší bod hřbetní čáry a současně nejvyšší bod (začátek) údolnic,
- dno prohlubně – nejnižší místo.

Hlavní čáry terénní kostry jsou také tři (v náčrtech je označujeme čárkovaně):

- hřbetnice - myšlená čára na povrchu terénu, která prochází po hraně hřbetu nebo po jeho nejvydutější ploše, ve směru spádu. Není spádnicí, má minimální sklon. Rozděluje směr odtoku povrchových vod. Tvoří rozvodí (obr. 8.25 a),
- údolnice – myšlená čára, která prochází nejnižším místem údolí nebo úžlabí, plynule klesá. Odtéká tudy povrchová voda (obr. 8.25 b),
- úpatnice – myšlená čára, procházející přechodem svahu do údolí zlomem či změnou spádu (obr. 8.25 c).

Mezi čáry terénní kostry patří též tvarové čáry, které ohraničují ostře (hranou) nebo přibližně vodorovné nebo skloněné části některých terénních útvarů jako jsou kupa, sedlo, spočinek, svahová kupa, výčnělek, terasa, prohlubeň apod. Tyto čárkované čáry slouží v náčrtu jako pomocná kresba pro konstrukci vrstevnic a v mapách se nevyskytují.

Obrisy některých dalších útvarů se značí plnou čarou jak v náčrtu tak v mapě a zpravidla bývají i čarami situačními. Jsou to strže, stupně, haldy, propadliny atd.

Do náčrtů se kromě hlavních čar terénní kostry doporučuje zvláště v nevýrazném terénu zakreslovat i spádnice. Tyto myšlené čáry největšího spádu terénu nám slouží pro interpolaci. V náčrtech je zakresluje čárkovaně, šipkou určíme směr spádu terénu (obr. 8.25 d). Horizontály, krátké křivky vystihující tvar vrstevnic na hlavních čarách terénní kostry a spádnicích slouží k jejich rozlišení. Jejich zhuštěním můžeme též vyjádřit prudší sklon terénu.



Obr. 8.25 a



Obr. 8.25 b



Obr. 8.25 c



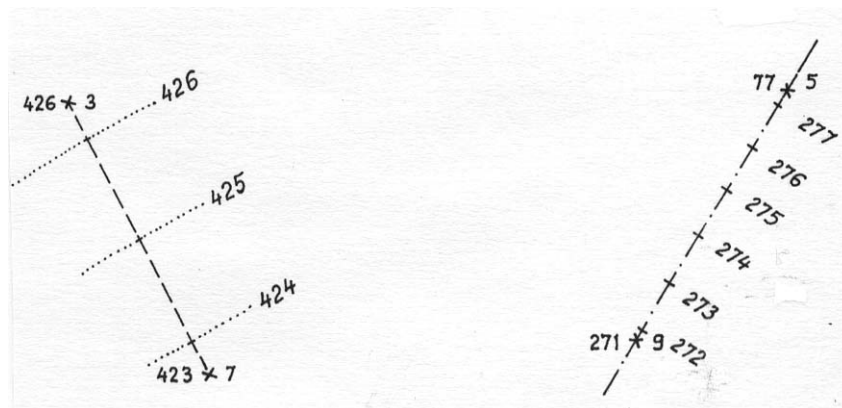
Obr. 8.25 d

8.1.3 Konstrukce vrstevnic

Sestrojení vrstevnic lze provádět několika různými způsoby. Buď přímým vytyčením a zaměřením jednotlivých vrstevnic v terénu (tento způsob je velmi pracný a až na malé výjimky - vytyčení zátopové čáry - se nepoužívá. Nepřímé určení vrstevnic na mapě či plánu provádíme buď fotogrammetrickými metodami, nebo klasickým způsobem, univerzální tachymetrickou metodou, pomocí které určíme řadu podrobných výškových bodů. Tyto body jsou voleny na charakteristických místech terénu a pomocí lineární nebo morfologické interpolace vytvoříme vrstevnicový obraz terénu. Vlastní tvorba vrstevnic může probíhat automatizovaně prostřednictvím počítačových programů (např. ATLAS) nebo ručně grafickým sestrováním vrstevnic.

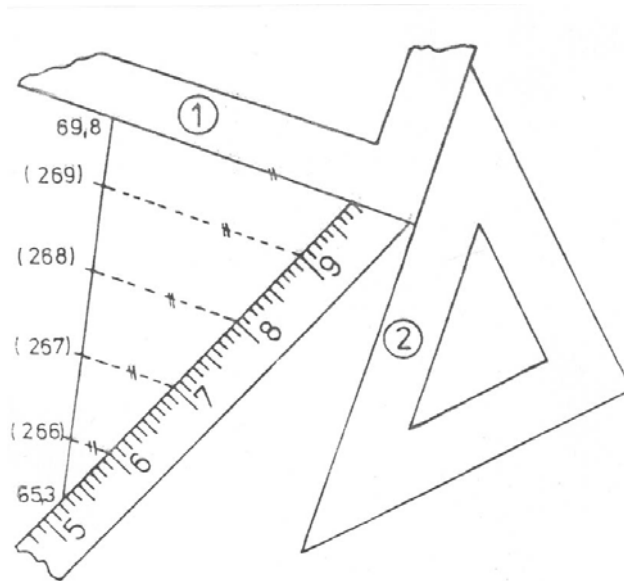
Lineární interpolaci vrstevnic provádíme zpravidla u plánů a map velkých měřítek. Základní podmínkou pro použití této interpolace je požadavek, aby mezi nejbližšími výškovými body byl stejnoměrný sklon terénu. Tuto podmínku lze splnit právě u velkoměřítkového mapování.

Při ručním sestrování vrstevnic použijeme grafický způsob lineární interpolace. Předpokladem je zobrazení všech výškových bodů opatřených příslušnými kótami v daném měřítku na kreslicí papír nesmazatelným způsobem. Z topografického náčrtu zakreslíme do tohoto polotovaru hlavní čáry terénní kostry (hřbetnice, údolnice, úpatnice) a spádnice. Nejbližší podrobné výškové body na těchto čarách mají kóty o obecných nadmořských výškách (zpravidla zaokrouhleny na decimetry). Právě mezi takovými výškovými body se bude provádět lineární interpolace. Na spojnici se naleznou místa, kterými prochází vrstevnice o nadmořské výšce, která je beze zbytku dělitelná základním intervalem vrstevnic. Rychlejší způsob je provést lineární interpolaci odhadem. Spočívá ve zrakovém rozdělení délky a převýšení mezi body na díly, odpovídající poměrově průsečíkům s vrstevnicemi (viz obr. 8.26).



Obr. 8.26

Tento způsob předpokládá delší cvik a cit. Pro začátečníky je vhodnější využít jednoduchých pomůcek (dvou trojúhelníků a papírového milimetrového měřítka) a využít poučku o podobnosti trojúhelníků (obr. 8.27).



Obr. 8.27

Nejprve přiložíme papírové měřítko šikmo od interpolované čáry ($30^{\circ} - 50^{\circ}$) tak, aby se nižší z obou kót čáry dotýkala stupnice měřítka v místě, kde na měřítku hodnota centimetrů a milimetrů odpovídá hodnotě kóty v metrech a decimetrech. Měřítko se během interpolace nesmí pohnout. První trojúhelník přiložíme k interpolované čáře tak, aby jedna jeho hrana spojovala současně vyšší kótu na konci interpolované čáry a hodnotu, která na milimetrovém měřítku odpovídá v centimetrech a milimetrech vyšší kótě v metrech a decimetrech. K prvnímu trojúhelníku přiložíme druhý, který zůstane opět nehybný. Poslouží k tomu, aby se podél jeho hrany první trojúhelník posouval a vždy na celých centimetrech milimetrového měřítka bylo na interpolované čáře vyznačeno místo, odpovídající průsečnici čáry s určitou vrstevnicí (příklad na obr 8.27 předpokládá interval vrstevnic 1 m).

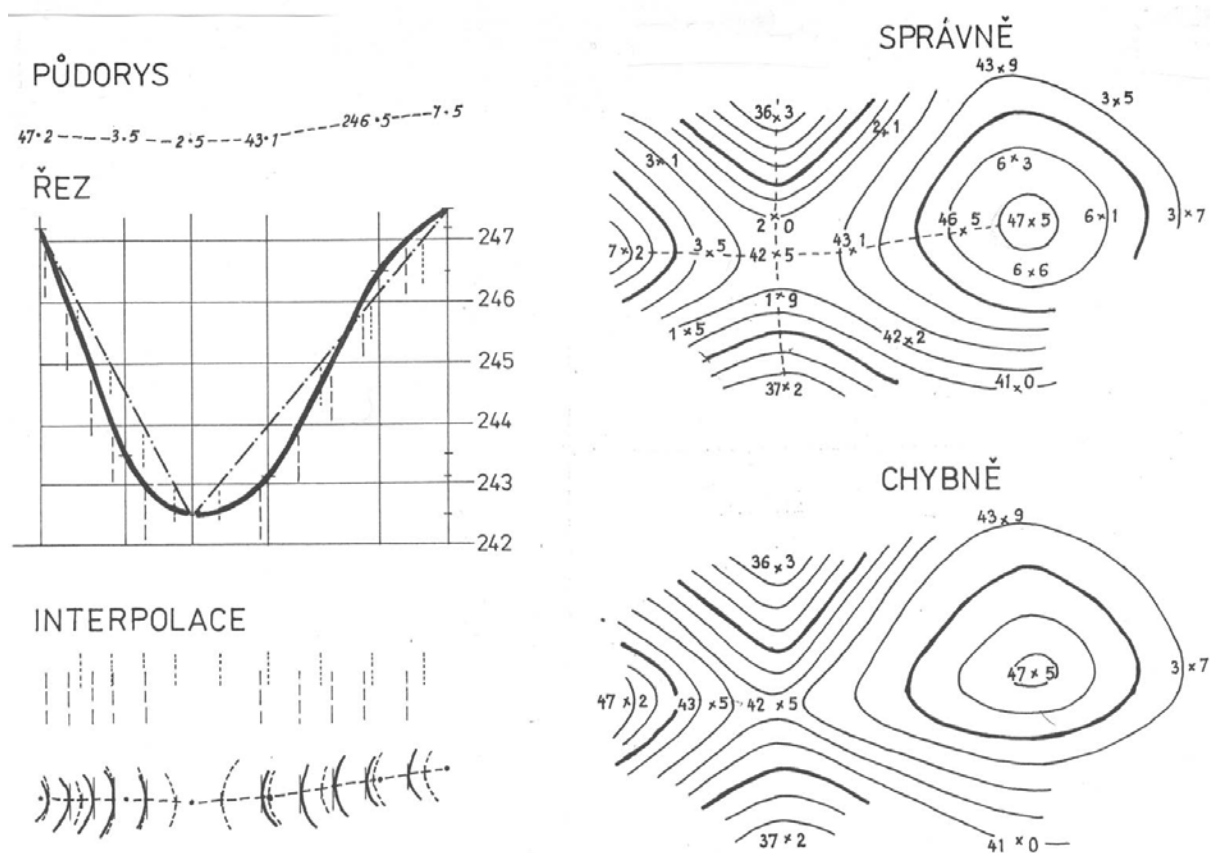
Tímto způsobem je třeba provést interpolaci na všech výše zmíněných čarách. Je třeba si uvědomit, že neprovádíme interpolaci na všech možných spojnicích mezi podrobnými výškovými body. Vždy se musí jednat o spojnice sousedících bodů ve směru největšího spádu. Interpolace nadbytečných spojnic může kvalitu celého vrstevnicového obrazu výrazně zhoršit. Při lineární interpolaci je třeba, aby interpolované průsečíky měly přesnost 0,5 – 1 mm.

Po vyinterpolování celého prostoru přistoupíme k vlastnímu vykreslení vrstevnic následovně:

- nejdříve pospojujeme lehce tužkou všechny průsečíky o stejných nadmořských výškách,
- dodržujeme zásadu, aby se vrstevnice ohýbala kolmo na hřbetnicích a údolnicích (tečna křivky v průsečniku musí být kolmá k těmto čarám),
- jde-li o terén klidný, pravidelný, mají být sousední vrstevnice téměř rovnoběžné, s plynule se měnící křivostí,
- po odstranění případných nesrovnalostí (chyby v interpolaci či špatně zobrazený či vypočtený výškový bod) vykreslíme vrstevnice definitivně,
- zesílíme každou pátou vrstevnici, které je beze zbytku dělitelná pětinašobkem základního intervalu,

- provedeme rozptýleně popis vrstevnic, vzpřímeně ve směru spádu,
- v plochých terénech je někdy vhodné sestavit ještě doplňkové vrstevnice v intervalu 0,5 vyjímecně 0,25 hodnoty základního intervalu. Tyto doplňkové vrstevnice se vykreslují čárkovaně a vystihují přesněji určitá problematická místa v terénu. Není třeba je provádět v celém rozsahu území.

Morfologická interpolace vrstevnic bývá používána většinou při tvorbě výškopisu u map středních a malých měřítek. Je nutno provádět ji všude tam, kde mezi sousedními výškovými body nastává jiný než stejnoměrný sklon terénu. Mohou se vyskytnout dva případy: sklonu ubývá (plocha konkávní), nebo sklonu přibývá (plocha konvexní). V obou těchto případech by bylo hrubou chybou použít interpolaci lineární (viz obr. 8.28).



Obr. 8.28

Morfologickou interpolaci je možno provádět pouze odhadem a citem pro terénní tvary. Zde je opět a ještě více nutný dokonale zvládnutý topografický náčrt s vyznačením ubývajícího či přibývajícího sklonu terénu (pomocí změněné hustoty horizontál na hlavních čarách terénní kostry a na spádnících). U správně interpolovaných vrstevnic, když sklonu ubývá, zvětšuje se pravidelně rozestup vrstevnic. U přibývajícího sklonu se rozestup vrstevnic pravidelně zmenšuje.

8.2 Metody měření výškopisu

Za metody měření výškopisu můžeme zvolit pouze takové metody, při kterých lze určit nadmořskou výšku podrobných bodů. Konkrétně volba metody závisí na požadované přesnosti určení výškopisu, ale také na tom, zda známe přesnou polohu všech bodů, u kterých chceme znát i výšku či nikoli.

8.2.1 Univerzální tachymetrická metoda

Nejprve k názvu. Slovo tachymetrie (dříve tacheometrie) vzniklo složením dvou řeckých slov (tacheo – rychlost a metrein – měřit). Čili do češtiny přeloženo rychloměřictví. Univerzálnost v názvu označuje, že její využití je mnohostranné. Je nejpoužívanější metodou, protože při jejím použití lze určit nejen nadmořskou výšku podrobného bodu, ale i jeho polohu (zjišťujeme prostorovou polohu bodu). Zásadní rozdělení univerzální tachymetrické metody spočívá ve způsobu, jakým při této metodě určujeme vzdálenosti. Modernější, rychlejší a přesnější způsob určování vzdáleností pomocí elektronického dálkoměru předpokládá využití totální stanice. Taková tachymetrická metoda bývá označována jako metoda přesné (elektronické) tachymetrie.

Starší, méně přesný, ale z hlediska přístrojového vybavení podstatně lacinější je způsob určování vzdáleností opticky, metodou nitkového dálkoměru. Zde lze využít obyčejného technického teodolitu (viz kapitola 2.2.1). Tato metoda se nazývá metoda nitkové tachymetrie.

Při přesné tachymetrii se měřická skupina skládá z vedoucího, který vede polní náčrt, měřiče, jenž obsluhuje totální stanici a jednoho až dvou figurantů, kteří obcházejí orientační a podrobné body s odrazným hranolem na teleskopické tyči dle pokynů vedoucího měření. Postup při měření odpovídá měření polárnímu (viz kapitola 7.3). Navíc je třeba zaměřit (v metrech s přesností na centimetry) výšku přístroje. Od nejvyššího místa stabilizovaného stanoviska (hlava kolíku, vrchol trubky apod.) až k točné ose dalekohledu měřického přístroje v_s (nejlépe svinovacím dvoumetrem). Dále je třeba znát výšku středu odrazného hranolu nad terénem v_t . Zde využijeme půlcentimetrovou stupnici na teleskopické tyči (rozsah zpravidla od 1,30 do 2,11 m).

Výšku přístroje měříme vždy až po centraci a horizontaci přístroje. Točná osa dalekohledu je vyznačena na dalekohledové vidlici. Změřené hodnoty zaregistruje měřič do vnitřní paměti totální stanice.

Stanoviska měření a orientační body musí mít určenu prostorovou polohu pravouhlými souřadnicemi (y, x, z).

Pro orientaci se doporučuje použít minimálně dvou sousedních měřických bodů. Jednotlivé orientační i podrobné body měřič (po zacílení na střed odrazného hranolu) registruje do vnitřní paměti totální stanice až do vyčerpání její kapacity (2000 bodů i více podle modelu totální stanice). V případě zaplnění vnitřní paměti je třeba data přenést pomocí speciálního kabelu do počítače nebo notebooku.

Výpočet nadmořské výšky (souřadnice z), probíhá podle vzorců u obr. 4.7 z kapitoly 4.2.2 softwarem počítače. Převod lokálních polárních souřadnic do jednotné pravouhlé soustavy (y, x) je objasněn v kapitole 9.2.2. I tyto vzorce řeší příslušný software počítače (např. KOKEŠ).

Obsluha totální stanice je velmi snadná, odpadá zde zapisovatel naměřených dat. Celá odpovědnost za správný výsledek měření je na vedoucím měřické skupiny. Musí volit správné podrobné body polohopisu s ohledem na rozumnou míru generalizace, nesmí žádný předmět měření vynechat. U podrobných bodů výškopisu se musí v terénu správně orientovat a nalézt zde dostatečný počet bodů na hlavních čarách terénní kostry, spádnících a hlavní body terénní kostry. U terénu s nevýrazným výškovým členěním musí výškové body volit šachovnicově tak, aby v měřítku mapy nebyly od sebe dál než 3 - 4 cm (což pro měřítko mapování 1:1 000 představuje 30 - 40 m).

Přesnost metody přesné tachymetrie závisí především na kvalitě změřené délky. V současnosti se přesnost měřené délky pohybuje okolo 1 cm a příliš se neliší v závislosti na měřené vzdálenosti. Úhlová přesnost těchto přístrojů bývá udávána v miligonech a je zhruba 2^{mg} ($0,002^{\text{s}}$). Z obr. 3.16 vyplývá, že při průměrné délce záměry 500 m je směrový posun způsobený chybou vodorovného úhlu o $0,002^{\text{s}}$, $s_p = 0,016$ m, což zhruba odpovídá délkovému posunu, způsobenému nepřesností měřené délky. Obdobnou úvahou dospějeme i k obdobné kvalitě určení nadmořských výšek podrobných bodů. Přesnost měření je ve většině případů vyšší, než reálná možnost identifikace podrobných polohových i výškových bodů a lze ji proto použít jak pro měření extravilánu (polní trati), tak intravilánu (místní trati).

Metoda nitkové tachymetrie není zdaleka tak přesná jako předchozí metoda. Pro nízkou cenu měřického přístroje (zhruba desetinu ceny totální stanice) se dosud při měření často používá. Vzhledem ke kvalitě určené délky (30 – 50 cm na 150 m) ji lze s úspěchem použít pouze v extravilánu, kde přesnost identifikace podrobných bodů není tak kvalitní jako v intravilánu.

Měřická skupina se zvětší o zapisovatele, který do tachymetrického zápisníku (viz příl. 8.1) zapisuje naměřená data, měří výšku přístroje a po každých pěti podrobných bodech kontroluje číslování bodů, aby bylo identické s čísly v polním náčrtu, který vyhotovuje vedoucí skupiny (viz příloha 8.2). Práce měřiče u teodolitu je značně obtížnější, než při práci s totální stanicí. Nejprve zvolí vzdálenější měřický bod za počátek a pomocí repetiční svory nastaví v první poloze dalekohledu 0^{s} . Na tento bod postaví jeden z figurantů – laťářů do svislé polohy měřickou lať. Měřič na lati odečte laťový úsek (viz kapitola 2.2.1), dále hodnotu střední nitě (střední rysky záměrného kříže) v metrech s přesností na centimetry. V tuto chvíli již může měřič odvolat laťáře a odečíst z odečítacího mikroskopu u okuláru dalekohledu zbývající dvě informace – vodorovný a zenitový úhel. Odečítá v gonech s přesností na $0,01^{\text{s}}$. Tyto čtyři informace (laťový úsek, hodnota střední nitě, vodorovný a zenitový úhel) je bezpodmínečně třeba odečítat na každém zaměřovaném bodě (podrobném i orientačním). Spolu s výškou přístroje, kterou zapisovatel změří a запиše do záhlaví zápisníku ihned po urovnání teodolitu, patří mezi nezbytné prvky, ze kterých lze určit souřadnice y, x, z podrobných bodů. Vzorec pro určení nadmořské výšky při nitkové tachymetrii vyplývá z obr. 2.5.

$$V_B = V_A + v_s \pm h - v_l$$

kde V_B = nadmořská výška určovaného bodu
 V_A = nadmořská výška stanoviska
 v_s = výška přístroje
 v_l = hodnota střední nitě
 h = převýšení mezi horizontem přístroje ($V_H = V_A + v_s$) a bodem B měřeným v úrovni výšky střední nitě, může nabývat jak kladných tak záporných hodnot.

$$h = \frac{1}{2} \cdot k \cdot l \cdot \sin 2z = D \cdot \cotg z$$

kde

z = zenitový úhel

k = 100

l = laťový úsek

D = vodorovná délka.

Nadmořské výšky obou orientačních měřických bodů jsou určeny předem přesnější metodou (např. technickou nivelací). Zapisovatel pomocí výše uvedeného vzorce zkontroluje přímo v terénu, zda je měření správné, pomocí příruční kalkulačky s funkcemi. Výsledek by se neměl lišit o více jak 2 cm.

Na konci měření na každém stanovisku je třeba, aby se laťář postavil na výchozí orientační bod a měřič zkontroloval především vodorovný úhel (neměl by se lišit o více jak $0,02^{\circ}$). Nejlépe je, aby zapisovatel napsal tento bod ještě jednou za poslední podrobný bod.

Orientace by se především kvůli určení indexové chyby měla provádět v obou polohách dalekohledu, nebo je nutné indexovou chybu každý den znovu zjistit.

Vzhledem k tomu, že délky jsou měřeny nitkovým dálkoměrem, neměla by největší vzdálenost od teodolitu překročit 150 m, což limituje vzdálenost stanovisek měření od sebe. Síť měřických bodů, na rozdíl od metody přesné tachymetrie, je třeba vybudovat hustší.

Výpočet souřadnic podrobných bodů bude rozdílný v případě, že použijeme k vynášení bodů polární polo- či celokruhový transportér. V tom případě stačí ze vzorce $D = k \cdot l \cdot \sin^2 z$ (viz obr. 2.5) vypočítat vodorovnou vzdálenost D , a vynášet pouze polární souřadnice.

Pokud je využit pro vynášení bodů plotr, je třeba určit jednotné ortogonální souřadnice všech bodů výpočtem na počítači.

Při ručním vynášení i při automatizované formě vynášení bodů na plotru jsou výsledkem podrobné body (polohové i výškové) opatřené kótou představující zbytkovou hodnotu nadmořské výšky. V nezpevněných místech jsou kóty udávány na decimetry, na zpevněném terénu (živice, beton) na centimetry. Desetinná tečka představuje zároveň polohu bodu.

Při ručním zpracování provedeme pospojování polohopisných čar černou tuší. Při automatizovaném zpracování využijeme geodetický software (např. KOKES). Následuje konstrukce vrstevnic, tak jak byla popsána v kapitole 8.1.3.

Opět je třeba zdůraznit, že bez kvalitně provedeného tachymetrického polního náčrtu, který musí bezpodmínečně zachycovat nejen polohopisné prvky, ale i výškopis (viz kapitola 8.1.2) nelze dosáhnout při tvorbě vrstevnic dobrého výsledku.

8.2.2 Plošná nivelace

Patří mezi podrobné mapovací výškopisné metody. Používá se v plochém, nepříliš svažitém a členitém terénu se zpevněným povrchem (zpravidla v zastavěném intravilánu). Protože, na rozdíl od tachymetrické metody, lze touto metodou určit pouze nadmořské výšky podrobných bodů, je základní podmínkou pro její použití předchozí polohové zaměření a zobrazení většiny podrobných výškových bodů.

Základem metody je řada pořadů technické nivelace (TN), u kterých se volí postavení nivelačního přístroje tak, aby z nich bylo možno bočními záměry postupně určit všechny podrobné výškové body. Pořady TN se oboustranně připojují na ověřené body výškového bodového pole. Výšky podrobných bodů se určují bočními záměry z jednotlivých postavení nivelačního přístroje.

U bočních záměr dochází k porušení podmínky geometrické nivelace ze středu, protože podrobné body jsou rozloženy v různých vzdálenostech a směrech od postavení nivelačního přístroje. Vzhledem k požadované centimetrové přesnosti výšek podrobných bodů to lze při rektifikovaném přístroji zanedbat.

Záměry vzad a vpřed v pořadu se odečítají na mm, boční záměry stačí odečítat na cm. Několik podrobných výškových bodů, které nejsou v polohopisném podkladu zobrazeny (např. lomy rozvodných sítí, meze ap.) se polohově do podkladu doměří nejjednodušším způsobem od nejbližších zobrazených předmětů měření křížovými měřeními či ortogonálně pásmem.

Polohopisný podklad nejlépe zvětšený do dvojnásobného měřítka nám slouží jako polní náčrt. Zanivelované podrobné body číslováme průběžně od čísla 1. Číslování bočních záměr v nivelačním zápisníku pro plošnou nivelaci (viz příloha 8.3) musí odpovídat číslům v polním náčrtu.

Přímo v terénu se spočtou dosažené odchylky o_h jednotlivých pořadů TN a porovnájí se s mezní odchylkou.

$$\Delta_h = 40mm \cdot \sqrt{r} \quad \text{kde } r \text{ je délka nivelačního pořadu v km}$$

V případě, že platí $o_h < \Delta_h$, lze odchylku v každém pořadu rovnoměrně rozdělit (na celé mm) na jednotlivé záměry vzad.

V kanceláři se spočtou nadmořské výšky u bočních záměr na podrobné body. Nivelační zápisník i polní náčrt se řádně vyadjustují.

Pozn. Metodu plošné nivelace používáme též při zaměření kontrolního profilu, pro zjištění přesnosti průběhu interpolovaných vrstevnic zaměřených tachymetrickou metodou.

9 GEODETICKÉ VÝPOČTY

9.1 Úvod

Při výpočtech prováděných v geodezii, se používají různé veličiny (měřené hodnoty úhlů, délky, výškové rozdíly, konstanty atd.), které mají rozdílné jednotky a různou přesnost. Je tedy třeba sjednotit jednotky, správně určit řád výsledku, stanovit počet platných cifer za desetinnou čárkou a správně výsledek zaokrouhlit. Pro výpočty lze použít kalkulačku s funkcemi nebo osobní počítač opatřený příslušným geodetickým softwarem.

Využití výpočetní techniky značně ulehčuje a zrychluje kancelářské práce v geodezii. Tato technika však není všespasitelná. Často se stává, že nejsou dostatečně využívány její možnosti, jako např. používání paměti a různých funkcí u kalkulaček. Při výpočtu vzorců, ve kterých figurují goniometrické funkce měřených úhlů, je třeba přepnout kalkulačku do režimu gon (grad). U starších druhů kalkulaček může též nastat případ, že argument goniometrické funkce má nižší přesnost než je požadovaná. Proto je třeba se nejprve rozhodnout, zda je kalkulačka pro daný typ výpočtů vůbec použitelná.

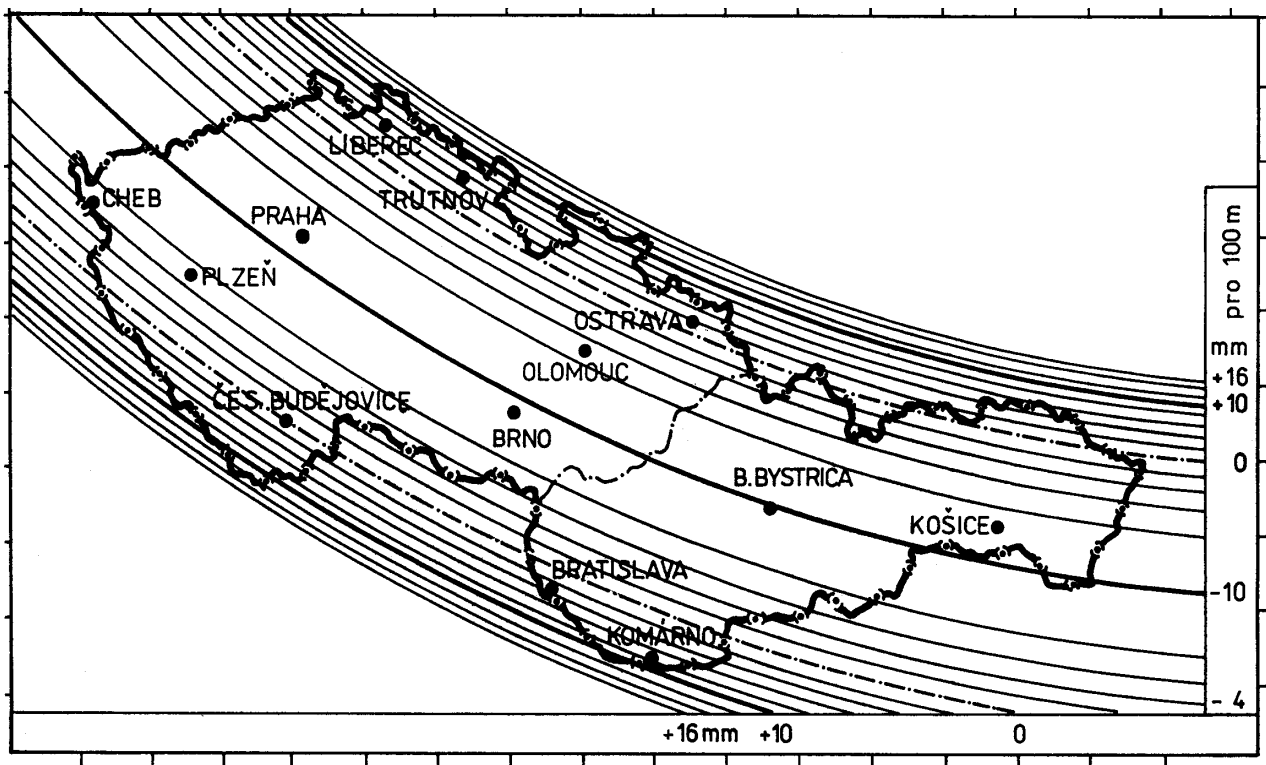
9.2 Souřadnicové výpočty

V následující kapitole bude věnována pozornost určování rovinných pravoúhlých souřadnic y , x . Všechny následující výpočty budou odvozovány ve státní geodetické soustavě pro civilní sektor S – JTSK (systém jednotné trigonometrické sítě katastrální).

Tato pravoúhlá soustava rovinných souřadnic platí na území České republiky od roku 1928. Její tvůrce Ing. Křovák, šéf triangulační kanceláře tehdejšího ministerstva financí, vyhrál soutěž na zobrazení pro tehdejší Československou republiku. Křovákovo obecné kuželové zobrazení bylo konformní (nezkreslovalo úhly). Vrchol pláště kužele rozvinutého do roviny představuje počátek této soustavy a nachází se v blízkosti St. Peterburgu v Rusku. Kladný směr osy x směřuje k jihu a osa y je pootočená o 90° ve směru pohybu hodinových ručiček. Celá republika má souřadnice y i x kladné (viz obr. 9.1). Celý převod zeměpisných souřadnic trigonometrické sítě z Besselova elipsoidu do roviny pláště kužele probíhal přes Gaussovu kouli.

Kvůli zmenšení absolutní hodnoty redukce délek zmenšil Ing. Křovák poloměr dotykové kartografické rovnoběžky (místa dotyku pláště kužele s Gaussovou koulí) tak, že ji násobil koeficientem 0,9999.

Redukce délek se pak pohybovaly v intervalu $[-10, +14 \text{ mm} / 100 \text{ m}]$. Kužel obecně umístěný na Gaussovu kouli nebyl tedy tečný, ale sečný. Protínal republiku ve dvou tzv. kartografických rovnoběžkách na nichž je délkové zkreslení rovno 1 (čerchovaná čára na obr. 9.1). Mezi těmito kartografickými rovnoběžkami je délkové zkreslení menší než 1. Vně kartografických rovnoběžek je délkové zkreslení větší než 1. Na obr. 9.1 jsou naznačeny změny délký způsobené délkovým zkreslením na území bývalého Československa..



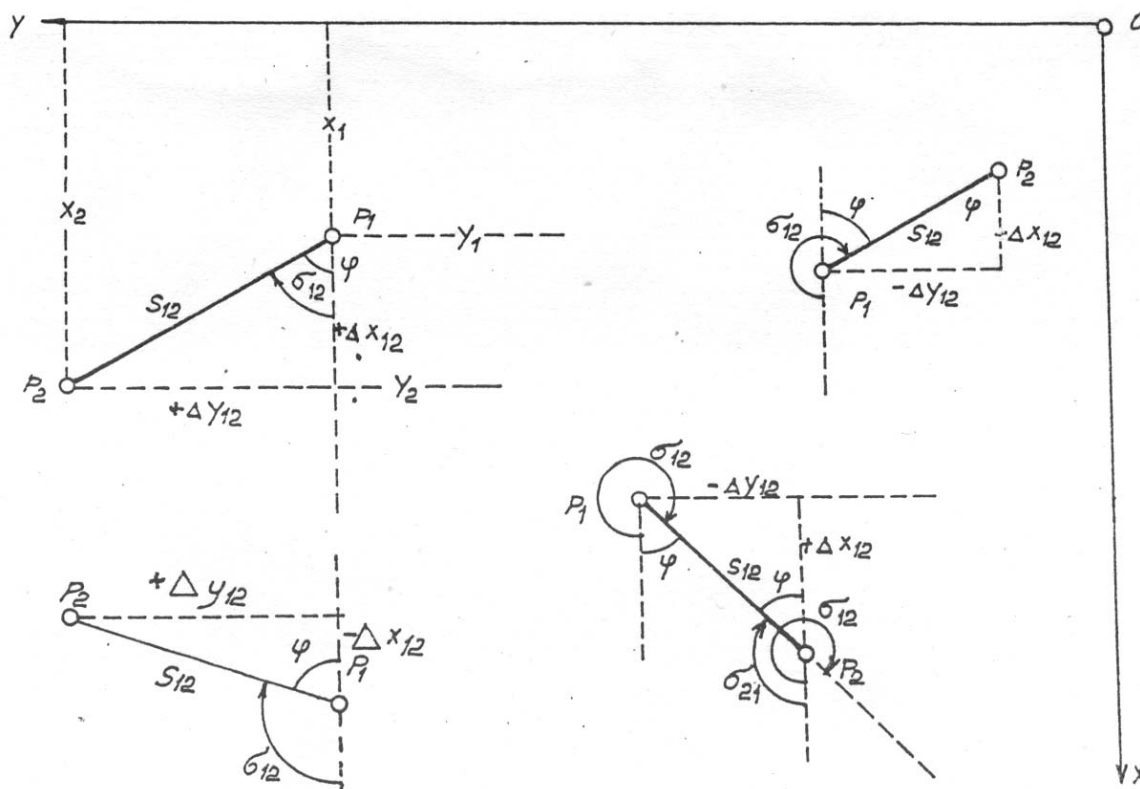
Obr. 9.1

9.2.1 Směrník

Základní úlohou v geodetických výpočtech je určení směrníku zvolené spojnice dvou bodů daných rovinnými souřadnicemi y , x .

Směrník je orientovaný úhel, udávající směr orientované spojnice dvou bodů vzhledem k rovnoběžce s kladnou osou x zvolené souřadnicové soustavy. Měří se od rovnoběžky s osou x ve směru pohybu hodinových ručiček k přímce a může nabývat hodnot od 0° do 400° . V této soustavě bývá též nazýván jako jižník (rovnoběžka směřuje k jihu). Je označován řeckým symbolem σ (viz obr. 9.2).

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}}$$



Obr.9.2

Při výpočtu směrníku vypočteme nejprve tzv. tabulkový úhel φ , [$0^\circ < \varphi < 100^\circ$]

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}$$

podle znamének souřadnicových rozdílů (viz následující tabulka) rozhodneme, ve kterém kvadrantu je hledaný směrník.

	I. kvadrant	II. kvadrant	III. kvadrant	IV. kvadrant
Δy	+	+	-	-
Δx	+	-	-	+
σ	φ	$200^\circ - \varphi$	$200^\circ + \varphi$	$400^\circ - \varphi$

Velikou výhodou je, že tento základní výpočet lze nezávislým vzorcem zkontrolovat tzv. 50° kontrolou:

$$\operatorname{tg}(\sigma + 50^\circ) = \frac{(x_2 + y_2) - (x_1 + y_1)}{(x_2 - y_2) - (x_1 - y_1)}$$

Kontrolní výpočet provedeme též nejprve v absolutních hodnotách čitatele a jmenovatele a podle výše uvedené tabulky určíme velikost $\sigma + 50^\circ$. Zásadně porovnáváme úhel nikoli funkci.

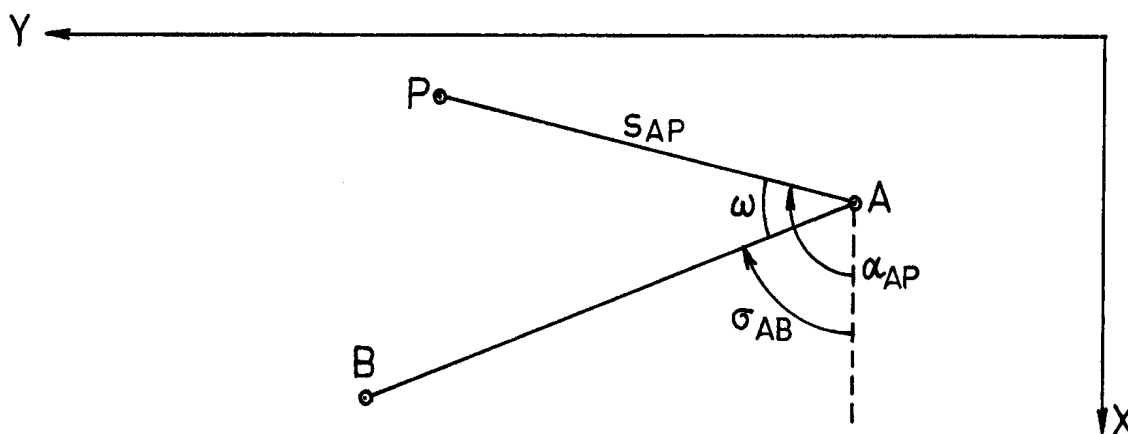
Z obr. 9.2 můžeme snadno odvodit délku strany s_{12} mezi body P_1 a P_2 trojím způsobem:

$$s_{12} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \sigma_{12}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \sigma_{12}} = \sqrt{\Delta y_{12}^2 + \Delta x_{12}^2}$$

Pozn. Délku počítáme přesněji z většího souřadnicového rozdílu

9.2.2 Rajon

Tato úloha patří mezi nejběžnější výpočty souřadnic bodů. Nejčastěji se tímto způsobem počítají souřadnice podrobných bodů zaměřených polárně (viz kapitola 7.3). Jde o úlohu převést souřadnice polární na pravouhlé. U některých modelů kalkulaček je zabudován algoritmus na tento převod.



Obr. 9.3

Dáno: A, B (y, x)

Měřeno: ω – vodorovný úhel

s_{AP} – vodorovná délka (před výpočtem je nutno provést opravu ze zobrazení, viz kapitola 9.2, a z nadmořské výšky, viz kapitola 14.1.2)

Určit: P (y, x)

- před vlastním výpočtem je třeba určit směrnic σ_{AB} podle kapitoly 9.2.1.
- vypočteme směrník α_{AP}

$$\alpha_{AP} = \sigma_{AB} + \omega$$

α_{AP} je směrník k určovanému bodu P. Protože má v sobě obsažen měřený prvek (vodorovný úhel ω), nazývá se α .

- výsledné souřadnice

$$y_P = y_A + s_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP} = y_A + \Delta y_{AP}$$

$$x_P = x_A + s_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP} = x_A + \Delta x_{AP}$$

9.2.3 Protínání vpřed

Úloha protínání vpřed je aplikovaná především u výpočtu souřadnic bodů bodových polí. Ze dvou známých bodů, pomocí dvou vodorovných úhlů či délek, lze snadno vypočítat souřadnice nového bodu. Protínání vpřed dělíme na:

- protínání z úhlů,
- protínání z orientovaných směrů,
- protínání z délek (trilaterace).

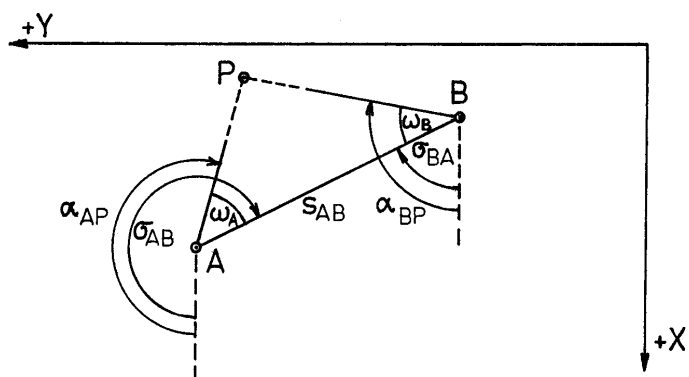
Při všech měřeních má být splněna podmínka pro správné určení neznámého bodu P: protínací úhel na bodě P by měl být v intervalu 30°-170°. Ideální úhel protnutí je 100°.

Protínání vpřed z úhlů

Dáno: A, B (y, x)

Měřeno: ω_A, ω_B

Určit: P (y, x)



Obr. 9.4

a) vypočteme směrnik σ_{AB} a stranu s_{AB} (viz kapitola 9.2.1)

$$\sigma_{BA} = \sigma_{AB} - 200^\circ$$

b) vypočteme strany s_{AP}, s_{BP} ze sinové věty

$$\frac{s_{AP}}{s_{AB}} = \frac{\sin \omega_B}{\sin(\omega_A + \omega_B)} \Rightarrow s_{AP} = s_{AB} \frac{\sin \omega_B}{\sin(\omega_A + \omega_B)}$$

$$\frac{s_{BP}}{s_{AB}} = \frac{\sin \omega_A}{\sin(\omega_A + \omega_B)} \Rightarrow s_{BP} = s_{AB} \frac{\sin \omega_A}{\sin(\omega_A + \omega_B)}$$

c) vypočteme směrníky

$$\alpha_{AP} = \sigma_{AB} - \omega_A$$

$$\alpha_{BP} = \sigma_{BA} + \omega_B$$

d) výsledné souřadnice

$$y_P = y_A + s_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP} = y_B + s_{BP} \cdot \sin \alpha_{BP}$$

$$x_P = x_A + s_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP} = x_B + s_{BP} \cdot \cos \alpha_{BP}$$

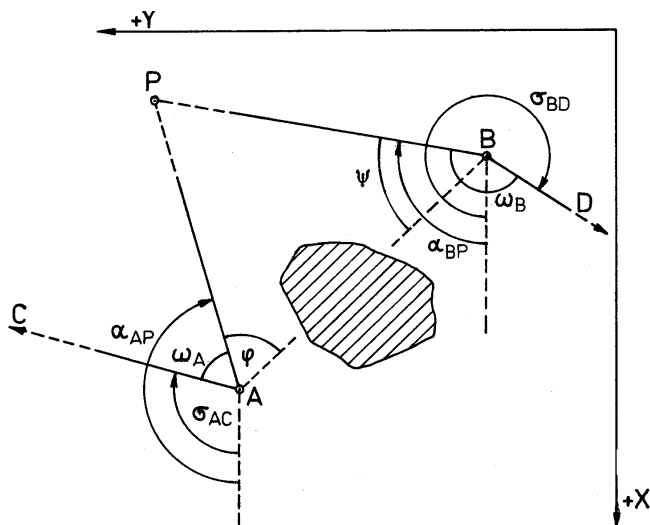
POZOR! DVOJÍ VÝPOČET SOUŘADNIC BODU P PŘEDSTAVUJE POUZE POČETNÍ KONTROLU

Protínání vpřed z orientovaných směrů

Dáno: A, B, C, D (y, x)

Měřeno: ω_A, ω_B

Určit: P (y, x)



Obr. 9.5

a) vypočteme směrníky σ_{AC} , σ_{BD} , σ_{AB} a stranu s_{AB} (viz kapitola 9.2.1)

b) vypočteme orientované směry $\alpha_{AP} = \sigma_{AC} + \omega_A$
 $\alpha_{BP} = \sigma_{BD} + \omega_B$ (-400°)

c) vypočteme pomocné úhly φ, ψ
 $\varphi = \sigma_{AB} - \alpha_{AP}$ $\psi = \alpha_{BP} - \sigma_{BA}$

d) vypočteme strany s_{AP}, s_{BP} ze sinové věty (trojúhelník ABP)

$$s_{AP} = s_{AB} \cdot \frac{\sin \psi}{\sin(\varphi + \psi)} \qquad s_{BP} = s_{AB} \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin(\varphi + \psi)}$$

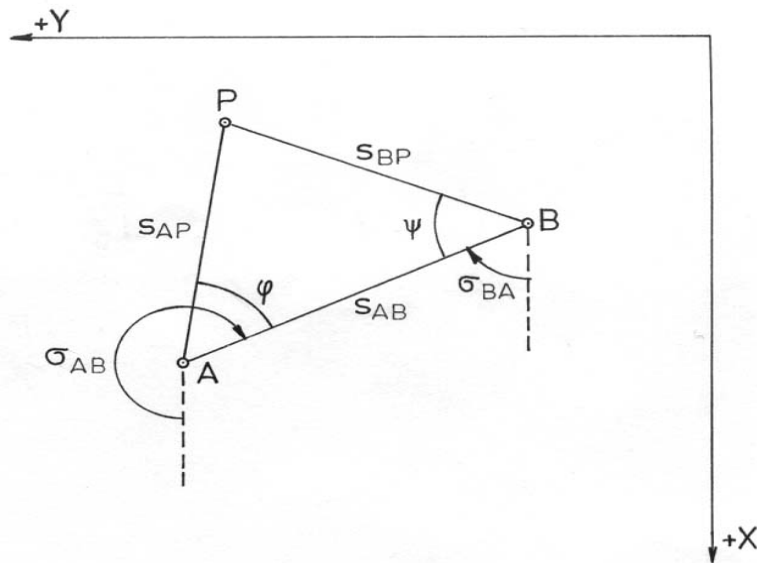
e) výsledné souřadnice

$$y_P = y_A + s_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP} = y_B + s_{BP} \cdot \sin \alpha_{BP}$$

$$x_P = x_A + s_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP} = x_B + s_{BP} \cdot \cos \alpha_{BP}$$

POZOR! DVOJÍ VÝPOČET SOUŘADNIC BODU P PŘEDSTAVUJE POUZE POČETNÍ KONTROLU

Protínání vpřed z délek (trilaterace)



Obr. 9.6

Dáno: A, B (y, x)

Měřeno: s_{AP} , s_{BP} (před výpočtem je nutno provést opravu ze zobrazení, viz kapitola 9.2, a z nadmořské výšky, viz kapitola 14.1.2)

Určit: P (y, x)

a) vypočteme směrnic σ_{AB} a stranu s_{AB} (viz kapitola 9.2.1)

b) vypočteme úhel φ , ψ z kosinové věty (trojúhelník ABP)

$$s_{BP}^2 = s_{AB}^2 + s_{AP}^2 - 2 s_{AB} \cdot s_{AP} \cdot \cos \varphi \quad \cos \varphi = \frac{s_{AB}^2 + s_{AP}^2 - s_{BP}^2}{2 s_{AB} \cdot s_{AP}}$$

$$s_{AP}^2 = s_{AB}^2 + s_{BP}^2 - 2 s_{AB} \cdot s_{BP} \cdot \cos \psi \quad \cos \psi = \frac{s_{AB}^2 + s_{BP}^2 - s_{AP}^2}{2 s_{AB} \cdot s_{BP}}$$

c) vypočteme směrníky $\alpha_{AP} = \sigma_{AB} - \varphi$

$$\alpha_{BP} = \sigma_{BA} + \psi$$

d) výsledné souřadnice

$$y_P = y_A + s_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP} = y_B + s_{BP} \cdot \sin \alpha_{BP}$$

$$x_P = x_A + s_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP} = x_B + s_{BP} \cdot \cos \alpha_{BP}$$

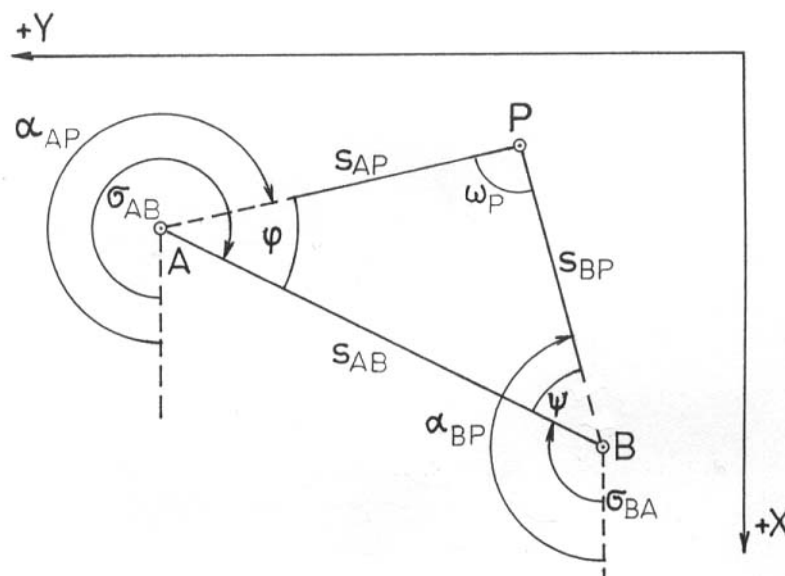
POZOR! DVOJÍ VÝPOČET SOUŘADNIC BODU P PŘEDSTAVUJE POUZE POČETNÍ KONTROLU

9.2.3 Volné stanoviško

Dáno: A, B (y, x)

Měřeno: S_{AP} , S_{BP} , ω_P

Určit: P (y, x)



Obr. 9.7

V tomto případě stojíme s teodolitem nebo totální stanicí přímo na určovaném bodu. U totální stanice bývá výpočetní algoritmus přímo součástí její výbavy. Toto řešení je oblíbené především u polohového vytyčování polární metodou v místech, kde je nebezpečí zničení předem stabilizovaných a určených vytyčovací bodů.

Pozn. U změřených délek S_{AP} a S_{BP} je opět nutno před výpočtem provést opravu ze zobrazení, viz kapitola 9.2, a z nadmořské výšky, viz kapitola 14.1.2.

- a) vypočteme směrník σ_{AB} a stranu S_{AB} (viz kapitola 9.2.1)

$$\sigma_{BA} = \sigma_{AB} - 200^s$$

- b) vypočteme úhel φ , ψ ze sinové věty (trojúhelník ABP)

$$\sin \varphi = \sin \omega_P \cdot \frac{S_{BP}}{S_{AB}}$$

$$\sin \psi = \sin \omega_P \cdot \frac{S_{AP}}{S_{AB}}$$

- c) vypočteme směrníky $\alpha_{AP} = \sigma_{AB} - \varphi$
 $\alpha_{BP} = \sigma_{BA} + \psi$

- c) výsledné souřadnice

$$y_P = y_A + S_{AP} \cdot \sin \alpha_{AP} = y_B + S_{BP} \cdot \sin \alpha_{BP}$$

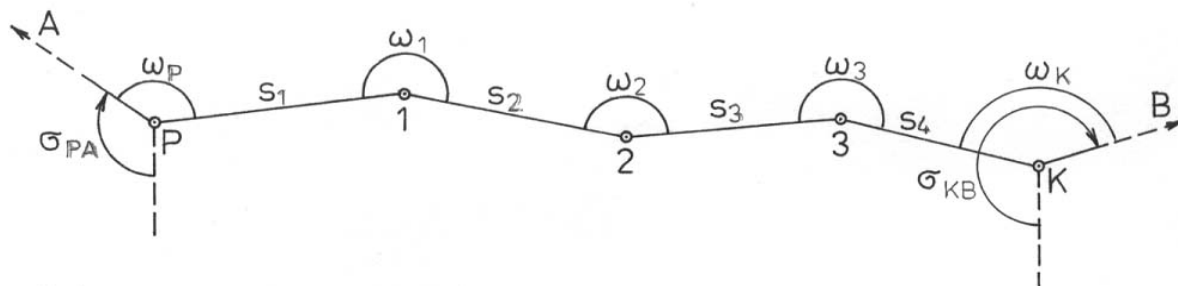
$$x_P = x_A + S_{AP} \cdot \cos \alpha_{AP} = x_B + S_{BP} \cdot \cos \alpha_{BP}$$

POZOR! LÉPE JE URČIT SOUŘADNICE VOLNÉHO STANOVISKA (BODU P) ZE TŘÍ BODŮ. VÝSLEDKEM POTOM BUDE ARITMETICKÝ PRŮMĚR Z VYPOČTENÝCH SOUŘADNIC.

9.2.5 Polygonové pořady

O problematice polygonových pořadů bylo pojednáno v kapitole 6.1. Dále bude odvozen vlastní výpočet bodů různých druhů polygonových pořadů.

Oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad



Obr. 9.8

Dáno: A, B, P, K (y, x)

Měřeno: $s_1, s_2, s_3, s_4, \omega_P, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_K$

Určit: 1, 2, 3 (y, x)

V principu je řešení založeno na postupném výpočtu na sebe navazujících rajonů (viz kapitola 9.2.2). Vzhledem k tomu, že máme dány a naměřeny nadbytečné prvky pro výpočet, je třeba provést vyrovnání souřadnic nových bodů 1, 2, 3. Pro naše účely postačí vyrovnání přibližné, které rozdělujeme na úhlové a souřadnicové. Úhlové vyrovnání lze provést, protože na konci pořadu je měřen připojovací úhel ω_K (orientace na konci pořadu).

Souřadnicové vyrovnání lze též provést, protože jsou známy souřadnice koncového bodu K k němuž je měřena strana s_4 a vrcholový úhel ω_3 (konkrétní výpočet viz příl. 9.1).

- 1) úhlové vyrovnání provádíme rovnoměrně na všechny vrcholové úhly
 - a) vypočteme směrníky σ_{PA}, σ_{KB} (viz kapitola 9.2.1)
 - b) sečteme všechny vrcholové úhly $\omega_P, \omega_1, \dots, \omega_K = [\omega]$
 - c) vypočteme $\alpha'_{KB} = \sigma_{PA} + [\omega] - i \cdot 200^g$
kde i je počet násobků 200^g
 - d) spočteme odchylku úhlového uzávěru $o_\omega = \sigma_{KB} - \alpha'_{KB}$
 - e) o_ω porovnáme s mezní odchylkou úhlového uzávěru Δ_ω
pro hlavní polygonový pořad $\Delta_\omega = 10^{mg} \cdot \sqrt{n}$
pro vedlejší polygonový pořad $\Delta_\omega = 37,5^{mg} \cdot \sqrt{n+2}$
kde n je počet vrcholových úhlů
 - f) v případě $o_\omega < \Delta_\omega$ spočteme opravu δ_ω (zaokrouhlujeme na desetiny miligonu)
 - g) $\delta_\omega = \frac{o_\omega}{n}$ $n \dots$ počet vrcholových úhlů včetně připojovacích

h) výpočet směrniců

$$\alpha_{P1} = \sigma_{PA} + \omega_P + \delta_{\omega}$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{P1} - 200^g + \omega_1 + \delta_{\omega}$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} - 200^g + \omega_2 + \delta_{\omega}$$

$$\alpha_{3K} = \alpha_{23} - 200^g + \omega_3 + \delta_{\omega}$$

$$\alpha_{KB} = \alpha_{3K} - 200^g + \omega_4 + \delta_{\omega} \Rightarrow \text{kontrola } \sigma_{KB} = \alpha_{KB}$$

2) souřadnicové vyrovnání – provádíme buď úměrně absolutním hodnotám souřadnicových rozdílů (při měření stran pásmem či optickým dálkoměrem), nebo rovnoměrně na všechny souřadnicové rozdíly (při měření stran elektronickým dálkoměrem)

a) vypočteme

$$\begin{array}{l} \Delta y'_{P1} = s_1 \cdot \sin \alpha_{P1} ; \quad \Delta x'_{P1} = s_1 \cdot \cos \alpha_{P1} \\ \vdots \\ \Delta y'_{3K} = s_4 \cdot \sin \alpha_{3K} ; \quad \Delta x'_{3K} = s_4 \cdot \cos \alpha_{3K} \end{array}$$

b) sečteme $\Delta y'_{P1}, \Delta y'_{12}, \dots, \Delta y'_{3K} = [\Delta y']$

sečteme $\Delta x'_{P1}, \Delta x'_{12}, \dots, \Delta x'_{3K} = [\Delta x']$

c) vypočteme $\Delta y_{PK} = y_K - y_P$ $\Delta x_{PK} = x_K - x_P$

d) spočteme souřadnicové uzávěry a polohový uzávěr

$$o_y = \Delta y_{PK} - [\Delta y'] \quad o_x = \Delta x_{PK} - [\Delta x']$$

$$o_p = \sqrt{o_y^2 + o_x^2}$$

e) o_p porovnáme s mezní odchylkou Δ_p

pro hlavní polygonový pořad $\Delta_p = 0,011 \cdot \sqrt{[s]} + 0,12 \text{ m}$

pro vedlejší polygonový pořad $\Delta_p = 0,030 \cdot \sqrt{[s]} + 0,15 \text{ m}$

kde $[s]$ je součet polygonových stran v metrech

f) v případě $o_p < \Delta_p$ spočteme opravy $\delta_{\Delta y_{ij}}, \delta_{\Delta x_{ij}}$. Rozdělení oprav odvodíme úměrně absolutním hodnotám souřadnicových rozdílů.

$$\delta_{\Delta y_{ij}} = \frac{o_y}{[\Delta y']} \cdot |\Delta y'_{ij}|$$

$$\delta_{\Delta x_{ij}} = \frac{o_x}{[\Delta x']} \cdot |\Delta x'_{ij}|$$

g) výpočet souřadnic bodů 1, 2, 3

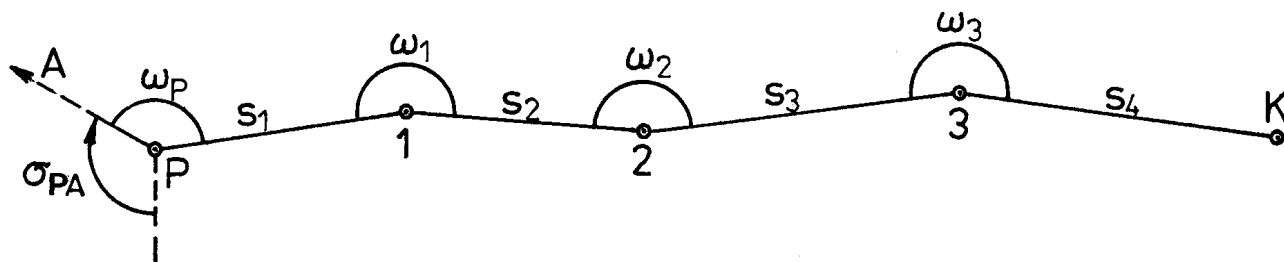
$$y_1 = y_P + (\Delta y'_{P1} + \delta_{\Delta y_{P1}}) \quad x_1 = x_P + (\Delta x'_{P1} + \delta_{\Delta x_{P1}})$$

$$y_2 = y_1 + (\Delta y'_{12} + \delta_{\Delta y_{12}}) \quad x_2 = x_1 + (\Delta x'_{12} + \delta_{\Delta x_{12}})$$

$$y_3 = y_2 + (\Delta y'_{23} + \delta_{\Delta y_{23}}) \quad x_3 = x_2 + (\Delta x'_{23} + \delta_{\Delta x_{23}})$$

kontrola: $y_K = y_3 + (\Delta y'_{3K} + \delta_{\Delta y_{3K}}) \quad x_K = x_3 + (\Delta x'_{3K} + \delta_{\Delta x_{3K}})$

Oboustranně připojený a jednostranně orientovaný polygonový pořad



Obr. 9.9

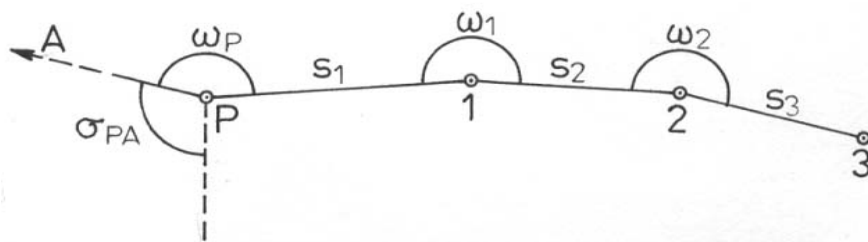
Dáno: A, P, K (y, x)

Měřeno: $S_1, S_2, S_3, S_4, \omega_P, \omega_1, \omega_2, \omega_3$

Určit: 1, 2, 3 (y, x)

V principu je řešení založeno na postupném výpočtu na sebe navazujících rajonů (viz kapitola 9.2.2). Oproti předchozímu případu chybí orientace na konci pořadu (vrcholový úhel ω_K). Není proto možno provést úhlové vyrovnání. Souřadnicové vyrovnání provést lze (jsou známy souřadnice koncového bodu K). Postup souřadnicového vyrovnání je shodný s předcházejícím případem.

Jednostranně připojený a orientovaný polygonový pořad (volný)



Obr. 9.10

Dáno: A, P, K (y, x)

Měřeno: $S_1, S_2, S_3, \omega_P, \omega_1, \omega_2$

Určit: 1, 2, 3 (y, x)

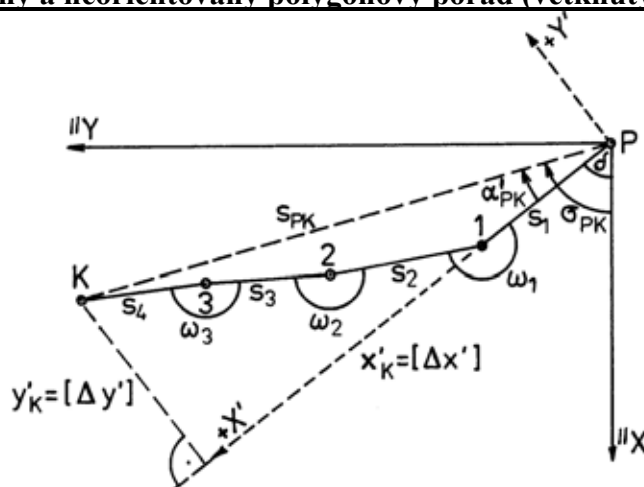
V principu je řešení opět založeno na postupném výpočtu na sebe navazujících rajonů (viz kapitola 9.2.2). Nelze zde provést úhlové ani souřadnicové vyrovnání (nejdou zadány ani změřeny žádné nadbytečné prvky). Není zde žádná kontrola měření ani výpočtu. Je lépe se takovému řešení vyhnout. V případě nouze by volný pořad měl mít **maximálně** tři strany.

Oboustranně připojený a neorientovaný polygonový pořad (vetknutý)

Dáno: P, K (y, x)

Měřeno: $s_1, s_2, s_3, \omega_1, \omega_2, \omega_3$

Určit: 1, 2, 3 (y, x)



Obr. 9.11

Princip řešení: nejprve vypočteme souřadnicové rozdíly hledaných bodů v pomocné souřadnicové soustavě Y', X' . Výpočet v systému S-JTSK provedeme buď pomocí úhlu stočení s následným souřadnicovým vyrovnáním nebo podobnostní transformací.

Dále bude odvozen výpočet pomocí úhlu stočení s následným souřadnicovým vyrovnáním.

- vypočteme směrník σ_{PK} a stranu s_{PK} (viz kapitola 9.2.1)
- zvolíme pomocnou souřadnicovou soustavu Y', X'
počátek – bod P
kladný směr osy X' – první polygonová strana
- vypočteme směrníky stran polygonového pořadu v pomocné soustavě

$$\alpha'_{P1} = 0^{\text{g}}$$

$$\alpha'_{12} = \alpha'_{P1} + \omega_1 - 200^{\text{g}}$$

$$\alpha'_{23} = \alpha'_{12} + \omega_2 - 200^{\text{g}}$$

$$\alpha'_{3K} = \alpha'_{23} + \omega_3 - 200^{\text{g}}$$
- vypočteme souřadnicové rozdíly v pomocné soustavě

$$\Delta y'_{P1} = s_1 \cdot \sin \alpha'_{P1}; \quad \Delta x'_{P1} = s_1 \cdot \cos \alpha'_{P1}$$

$$\Delta y'_{12} = s_2 \cdot \sin \alpha'_{12}; \quad \Delta x'_{12} = s_2 \cdot \cos \alpha'_{12}$$

$$\Delta y'_{23} = s_3 \cdot \sin \alpha'_{23}; \quad \Delta x'_{23} = s_3 \cdot \cos \alpha'_{23}$$

$$\Delta y'_{3K} = s_4 \cdot \sin \alpha'_{3K}; \quad \Delta x'_{3K} = s_4 \cdot \cos \alpha'_{3K}$$
- sečteme

$$\Delta y'_{P1}, \dots, \Delta y'_{3K} = [\Delta y'] = y'_K$$

$$\Delta x'_{P1}, \dots, \Delta x'_{3K} = [\Delta x'] = x'_K$$

- f) vypočteme s'_{PK}
$$s'_{PK} = \sqrt{[\Delta y']^2 + [\Delta x']^2}$$
- g) spočteme odchylku mezi stranou s_{PK} viz bod a) a stranou s'_{PK} viz bod f)

$$o_s = s_{PK} - s'_{PK}$$
- h) o_s porovnáme s mezní odchylkou Δ_s

$$\Delta_s = 0,01 \sqrt{[s]} + 0,04 \text{ m}$$
 kde $[s]$ je součet všech stran v metrech
- i) v případě $o_s < \Delta_s$ spočteme úhel stočení δ

$$\delta = \sigma_{PK} - \alpha'_{PK} \quad \text{tg } \alpha'_{PK} = \frac{[\Delta y']}{[\Delta x']}$$
- j) o úhel stočení opravíme směrníky v pomocné souřadnicové soustavě

$$\alpha_{P1} = \alpha'_{P1} + \delta$$

$$\alpha_{12} = \alpha'_{12} + \delta$$

$$\alpha_{23} = \alpha'_{23} + \delta$$

$$\alpha_{3K} = \alpha'_{3K} + \delta$$
- k) s opravenými směrníky spočteme Δy , Δx v soustavě S-JTSK
- l) provedeme souřadnicové vyrovnání (viz oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad)
- m) vypočteme souřadnice bodů 1, 2, 3 (viz oboustranně připojený a orientovaný polygonový pořad).

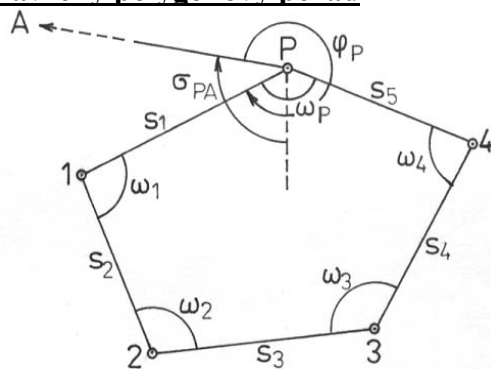
Uzavřený polygonový pořad

Dáno: A, P (y, x)

Měřeno: s_1, s_2, s_3, s_4, s_5

$\omega_P, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \varphi_P$

Určit: 1, 2, 3, 4 (y, x)



Obr. 9.12

V principu se jedná o postupný výpočet na sebe navazujících rajonů (viz kapitola 9.2.2). Z poučky o součtu vnitřních (resp. vnějších) úhlů v uzavřeném obrazci získáme úhlovou kontrolu a lze provést úhlové vyrovnání. Protože bod P je totožný s bodem K, lze provést i souřadnicové vyrovnání. V případě, že je z bodu P možná orientace na dva známé body A a B je lépe ji využít. Výpočet úhlového vyrovnání bude potom totožný s úhlovým vyrovnáním polygonového pořadu oboustranně připojeného a orientovaného. Lze tím zamezit možné chybě v měření úhlu φ_P a možného pootočení celého polygonového pořadu.

- 1) úhlové vyrovnání (u případu z obr. 9.12) – rovnoměrně na všechny vrcholové úhly
 - a) vypočteme směrník σ_{PA} (viz kapitola 9.2.1)
 - b) sečteme všechny vrcholové úhly $\omega_P, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4 = [\omega]$
 - c) mělo by platit $[\omega] = (n - 2) \cdot 200^g$
event. $(n + 2) \cdot 200^g$ pro vnější úhly
 $[\omega] = 600^g$ (v našem případě $n = 5$)
 - d) spočteme odchylku úhlového uzávěru
 $o_\omega = (n - 2) \cdot 200^g - [\omega]$
 - e) o_ω porovnáme s mezní odchylkou úhlového uzávěru Δ_ω (viz polygonový pořad oboustranně připojený a orientovaný)
 - f) v případě $o_\omega < \Delta_\omega$ spočteme opravu δ_ω

$$\delta_\omega = \frac{o_\omega}{n} \quad \text{kde } n \text{ je počet vrcholových úhlů}$$

- g) výpočet směrníků

$$\alpha_{P1} = \sigma_{PA} + \varphi_P + \omega_P + \delta_\omega \quad (-400^g)$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{P1} + \omega_1 + \delta_\omega - 200^g$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + \omega_2 + \delta_\omega - 200^g$$

$$\alpha_{34} = \alpha_{23} + \omega_3 + \delta_\omega - 200^g$$

$$\alpha_{4P} = \alpha_{34} + \omega_4 + \delta_\omega - 200^g$$

- 2) souřadnicové vyrovnání a výpočet souřadnic bodu 1, 2, 3, 4 viz řešení oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu

Poznámka: hodnoty $[\Delta y]$ a $[\Delta x]$ se mají rovnat nule (bod $P \equiv K$). Uzavřený polygonový pořad není z hlediska geometrických parametrů ideální řešení. Není zde respektován požadavek co možná nejpřímějšího vedení polygonového pořadu. Kvalita takto určených bodů je nižší.

10 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.

10.1 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 zhustit a eventuálně ochránit před zničením během výstavby. Všechny vytyčovací body musí mít jednotný polohový systém (zpravidla S-JTSK).

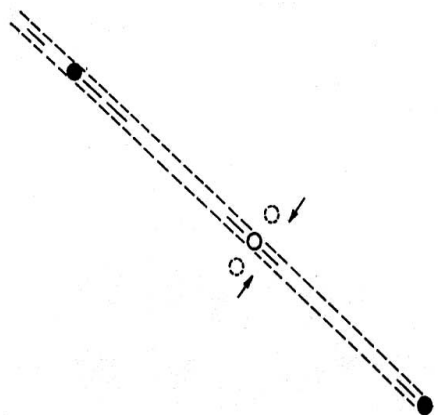
V kanceláři je třeba spočítat vytyčovací prvky a vyhotovit VYTYČOVACÍ VÝKRES, který musí mít tyto náležitosti:

- 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).

10.1.1 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:

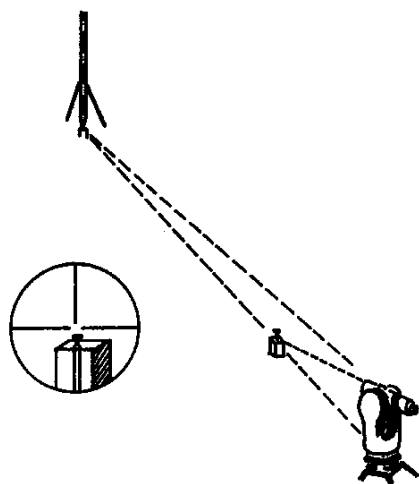
a) vytyčení přímky:



Obr. 10.1

od oka (obr. 10.1)

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.

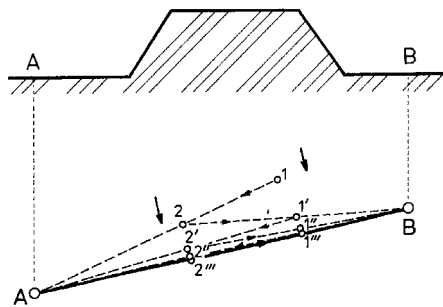


Obr. 10.2

teodolitem (obr. 10.2)

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.

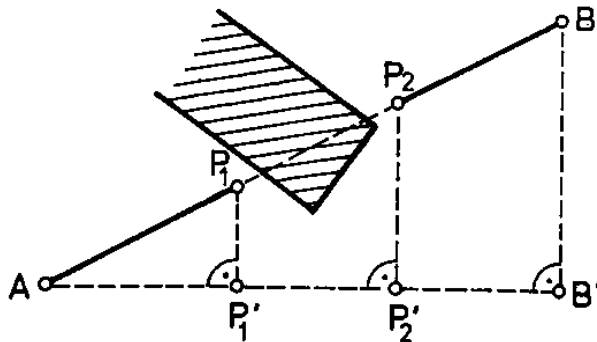
Pozn. Další zvýšení přesnosti resp. kontrolu vytyčení umožní opakování postupu ve druhé poloze dalekohledu.



Obr. 10.3

přes překážku (obr. 10.3)

Vpřípadě, že není viditelnost mezi koncovými body přímky v důsledku terénní vlny (např. železniční násep), je třeba postavit na koncové body přímky výtyčky do stojánek. S figurantem se postavíme do prostoru, odkud je vidět na obě koncové výtyčky (na železniční násep). Postupně zařazujeme svou a figurantovu výtyčku navzájem tak, až je každá trojice výtyček v přímce.



Obr. 10.4

přes neprůhlednou překážku

(obr. 10.4) K řešení využijeme podobnosti trojúhelníků. Od bodu A vedeme pomocný směr AB' , na kterém nalezneme patu kolmice B' pomocí pentagonu. Změříme délky AB' a BB' . Podle přibližné polohy určených mezilehlých bodů P_1 a P_2 zvolíme paty kolmic P_1' a P_2' . Jejich délky se spočtou ze vzorců:

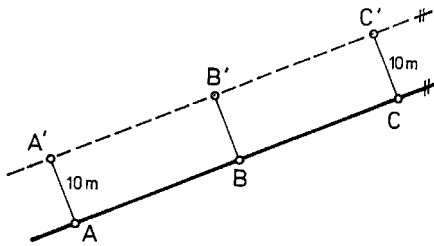
$$P_1P_1' = AP_1' \frac{BB'}{AB'}$$

$$P_2P_2' = AP_2' \frac{BB'}{AB'}$$

b) prodloužení přímky:

Od oka lze prodloužit přímku pomocí výtyček maximálně o 1/3 její délky. V případě, že potřebujeme prodloužit přímku více, a to nejvýš o její celou délku, je třeba použít teodolitu.

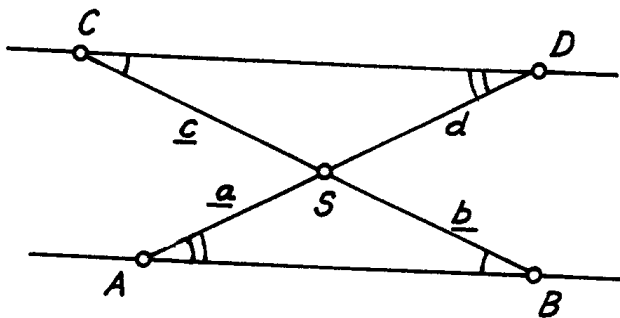
c) vytyčení rovnoběžky:



Obr. 10.5

pomocí kolmic (obr. 10.5)

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



Obr. 10.6

$$b : c = a : d$$

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

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

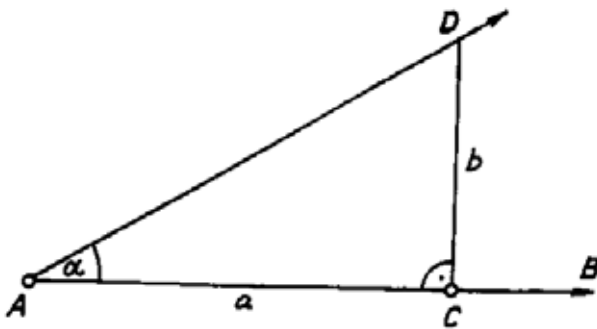
vytyčení rovnoběžky

z úhlopříček (obr. 10.6) 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.

d) vytyčení úhlu dané velikosti bez teodolitu (obr. 10.7)



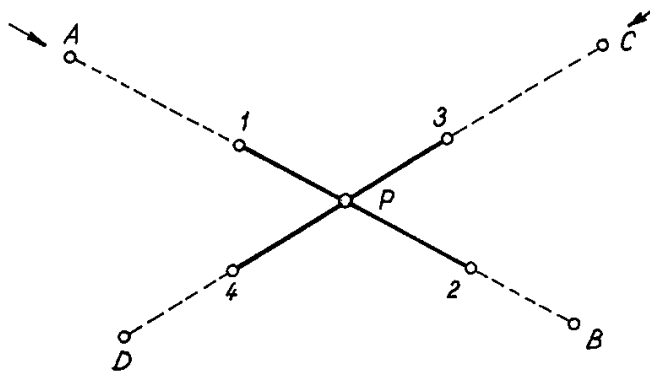
Obr. 10.7

V bodě A se má vytyčit od daného směru AB úhel α . 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.

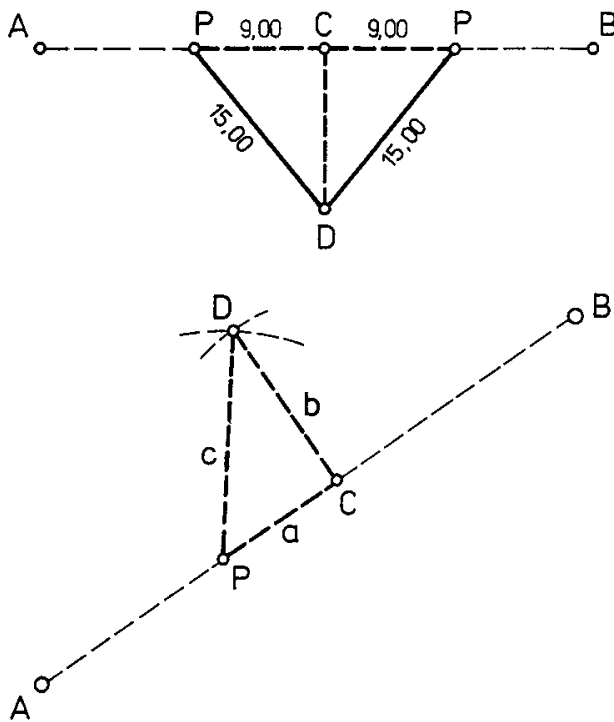
e) vytyčení průsečíků dvou přímek (obr. 10.8)



Obr. 10.8

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. 10.9)



Obr. 10.9

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.

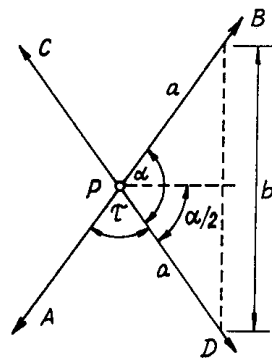
Pythagorova čísla

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

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

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

g) určení velikosti úhlu bez teodolitu (obr. 10.10)



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

Úhel α získáme ze vzorce:

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

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

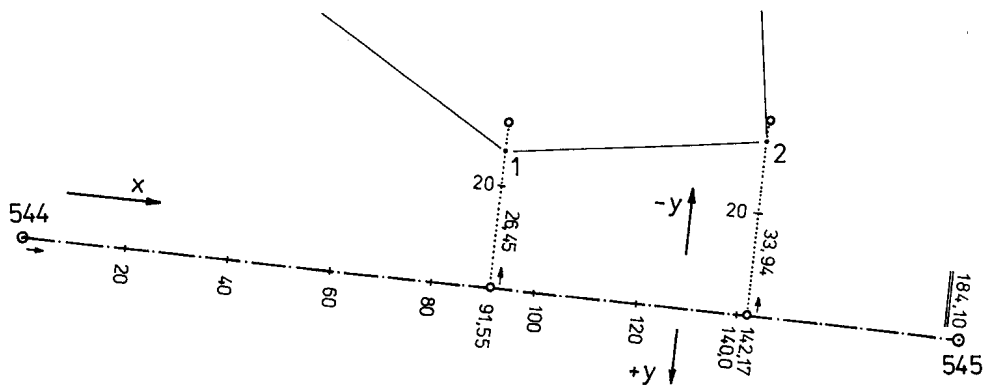
Obr. 10.10

10.1.2 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 vytyčkami ve stojáncích.
- vytyčíme příslušná staničení (paty kolmic) k bodům 1, 2 (viz obr. 10.11) 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. 10.11 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. 10.11

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^g nebo 300^g. 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 měr a jejich porovnání s projektovanými konstrukčními měrami. U pravouhlých objektů je třeba změřit též hodnotu úhlopříček a opět zkontrolovat s projektovanou hodnotou.

10.1.3 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 minimální jeden vytyčovací bod a orientační směr, ke kterému vztáhneme 0^g 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:

- a) na vytyčovací bod postavíme teodolit a provedeme jeho centraci a horizontaci
- b) nulový směr 0^g na orientační bod nastavíme pomocí repetiční svory.
- c) nastavíme vytyčovací vodorovný úhel a do tohoto směru zařadíme měřickou lať do vzdálenosti, která zhruba odpovídá vytyčované délce.
- d) 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.
- e) rozdíl mezi vytyčovanou délkou a skutečně vytyčenou délkou nanese pomocí dvoumetru či latě před nebo za vytyčovaný bod (podle znaménka). Směr nanášení kontrolujeme teodolitem.
- f) závěrem postavíme měřickou lať na nově vytyčený bod odečteme zenitový úhel, laťový úsek a opět spočteme zpřesněnou vytyčovanou délku. Zároveň kontrolujeme vytyčovací úhel.
- g) po vytyčení všech požadovaných bodů je nutno provést kontroly vzdálenosti mezi vytyčovanými body pomocí projektovaných konstrukčních měr. 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 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. Výpočet souřadnic tohoto volného stanoviska je popsán v kapitole 9.2.4 Volné stanovisko. 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.

10.1.4 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° – 150° .

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.

10.1.5 Výpočty vytyčovacích prvků

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

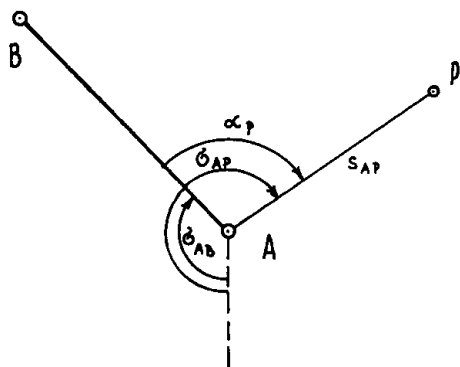
- číselnou metodu,
- grafickou metodu.

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 vytyčovacíh bodů a souřadnice bodů určovaných (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 vytyčovacích prvků

(obr. 10.12)

Dáno: vytyčovací bod A,B (y, x)

vytyčovaný bod P (y, x)

Určit: vytyčovací prvky α_P , s_{AP}

a) vypočteme ze souřadnic σ_{AB} , σ_{AP}

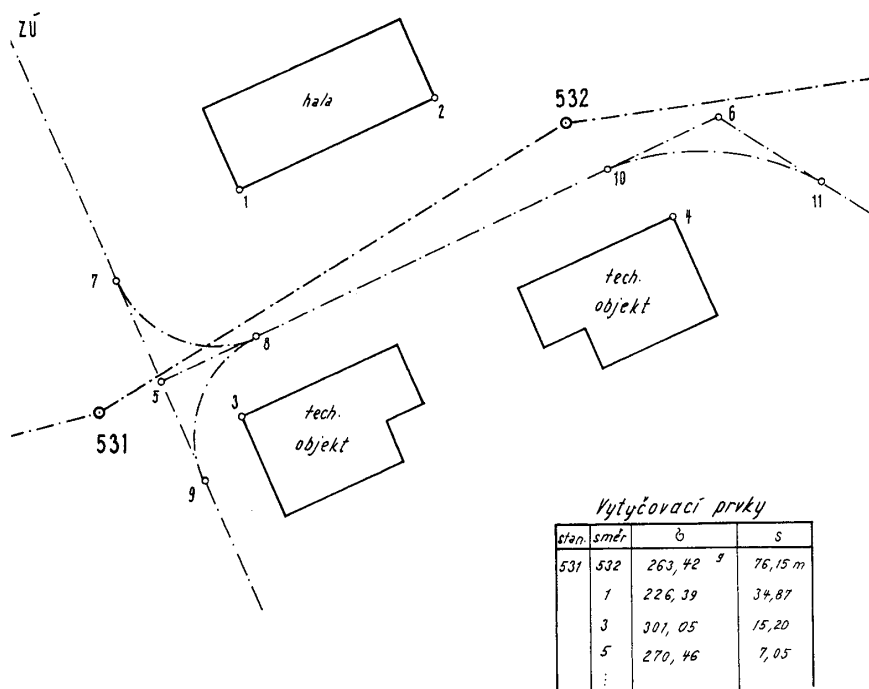
b) určíme $\alpha_P = \sigma_{AP} - \sigma_{AB}$

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

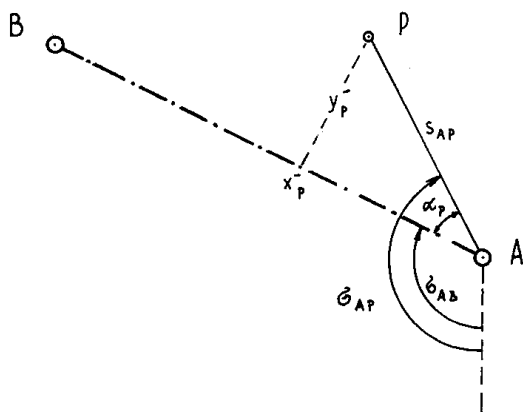
Obr. 10.12

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

Pozn. Není vždy nutné určovat úhel α_P od daného směru. Postačí zadat vypočtený směrnik na určovaný bod. Do daného směru je ovšem třeba též vložit příslušný směrnik! Viz obr. 10.13, kde je ukázka části vytyčovacího výkresu.



Obr. 10.13



Obr. 10.14

Výpočet ortogonálních vytyčovacích prvků (obr. 10.14)

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 σ_{AB} , σ_{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.

10.2 Výškové vytyčování

U staveb výškově vytyčujeme úrovně betonových základů a výšky různých výškových úrovní stavby. Na melioračních stavbách úrovně šachet, dna tvárniceových 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.

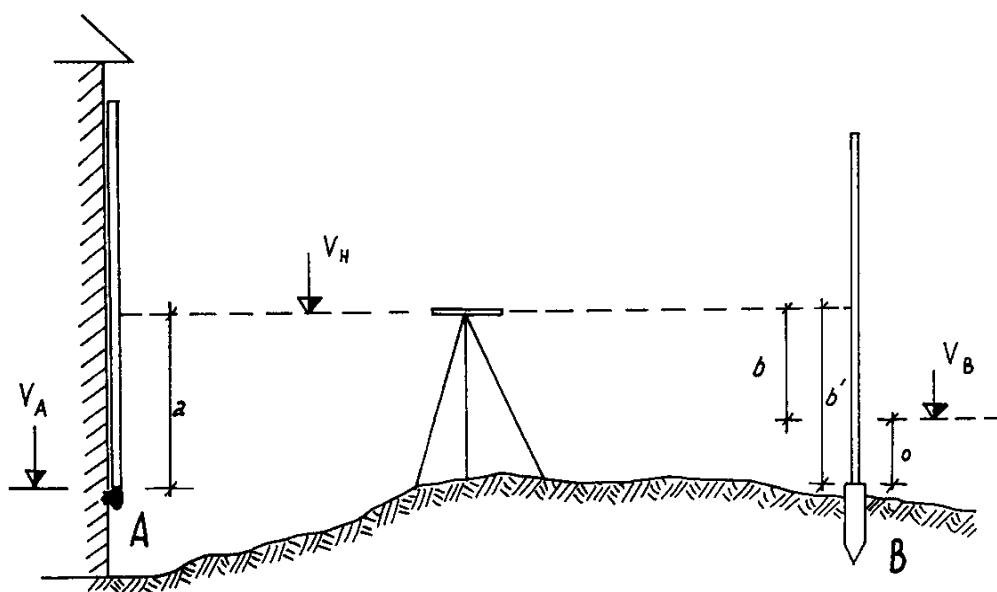
Přesnost výškových vytyčovacích prací musí odpovídat současně platným ČSN 73 0420/86, 73 0421/86, 73 0422/86 a 73 3050/86.

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

10.2.1 Přenesení výšky

Z obr. 10.15 je patrné, jak lze z jednoho postavení nivelačního přístroje z vytyčovacího bodu A o známé nadmořské výšce přenést výšku na vytyčovaný bod B.



Obr. 10.15

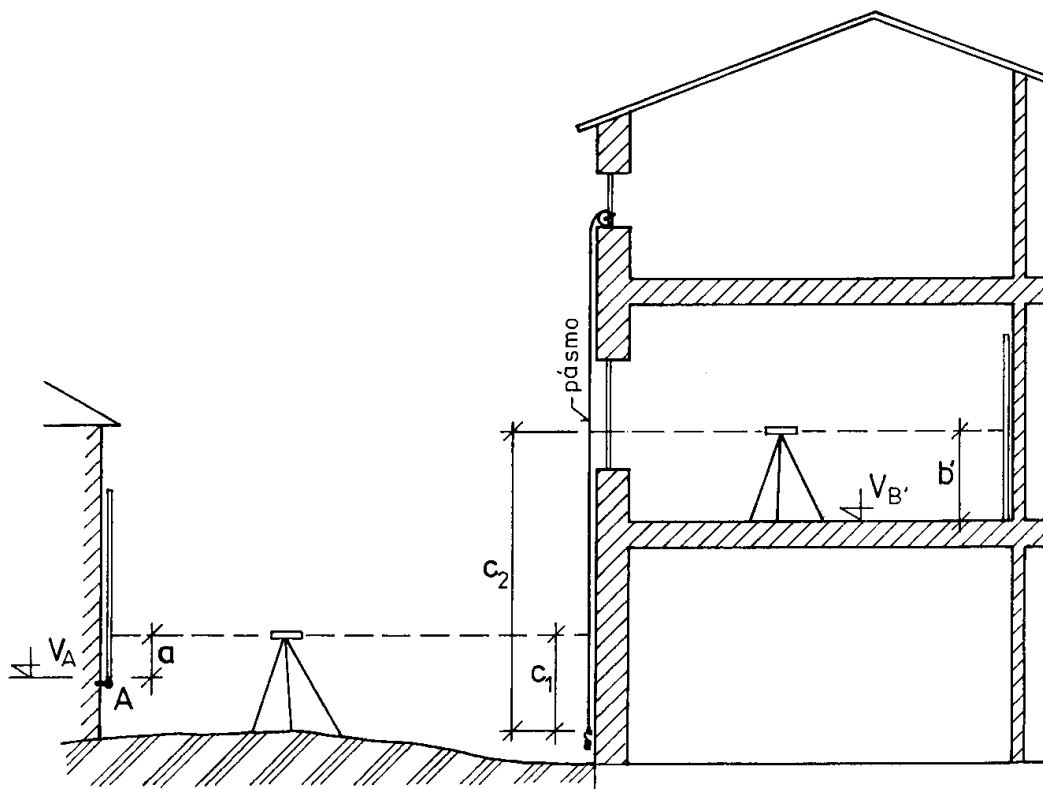
Po postavení a horizontaci nivelačního přístroje odečteme na nivelační lati čtení „a“. Získáme tak výšku horizontu přístroje $V_H = V_A + a$. Rozdíl výšek V_H a V_B (projektovaná výška bodu B) nám určí hodnotu „b“, což je požadované čtení na nivelační lati na bodě B. Skutečná hodnota čtení lati postavené 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. 10.15 (nivelační latě stavíme na nivelační podložky) až do místa, kde potřebujeme výšku vytyčit.

Sečteme všechny 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 dole začátek pásma zatížíme závažím. Z obr. 10.16 vyplývá, jak lze přenést výšku do nadzemních podlaží stavby.



Obr. 10.16

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

U přenesení výšek do hloubky platí následující vzorec

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

10.2.2 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 nutno volit individuálně podle konfigurace terénu a účelu, pro který vrstevnici v terénu vytyčujeme.

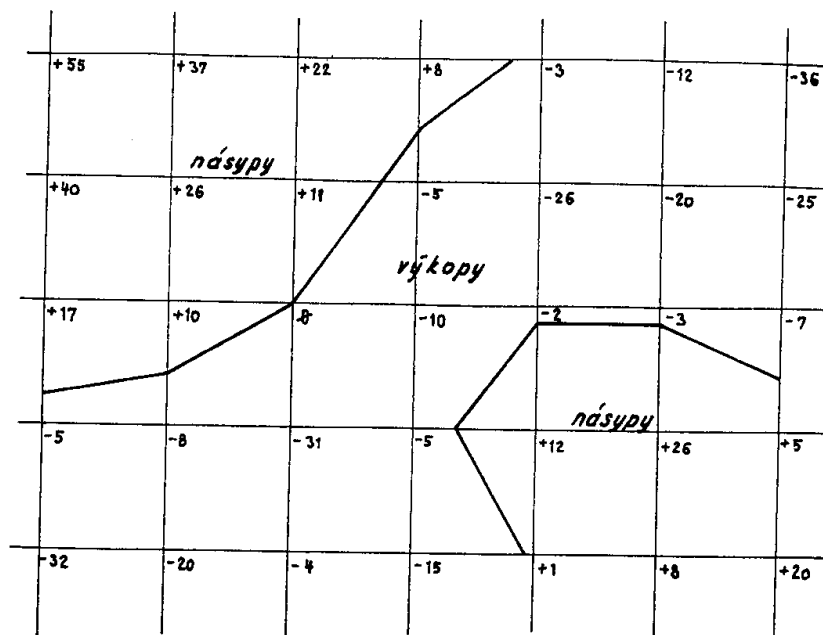
Vytyčení roviny můžeme provádět buď před zemními pracemi nebo v jejich průběhu. V prvním případě u rozsáhlejších ploch je třeba vytvořit si v daném prostoru čtvercovou síť. Strany čtverců mohou být 5, 10, 20 m, podle konfigurace terénu a účelu, pro který vytyčení provádíme. Vlastní vytyčení sítě probíhá 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 celé délky čtverce či obdélníku plochy pásmem,
- 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 zanielujeme 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. 10.17).



Obr. 10.17

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 .

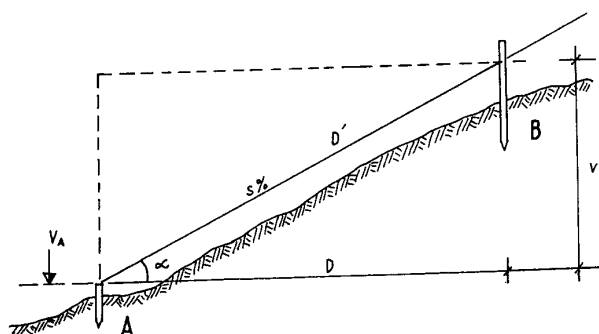
Pozn. Pozor, je třeba vždy jasně uvést, zda je hodnota počítána k terénu u kolíku nebo k vrchu kolíku.

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.

10.2.3 Vytyčení přímky a roviny daného spádu

Přímku daného spádu vytyčujeme obvykle v koncových bodech, kde opět umístíme kolíky (viz obr. 10.18)



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

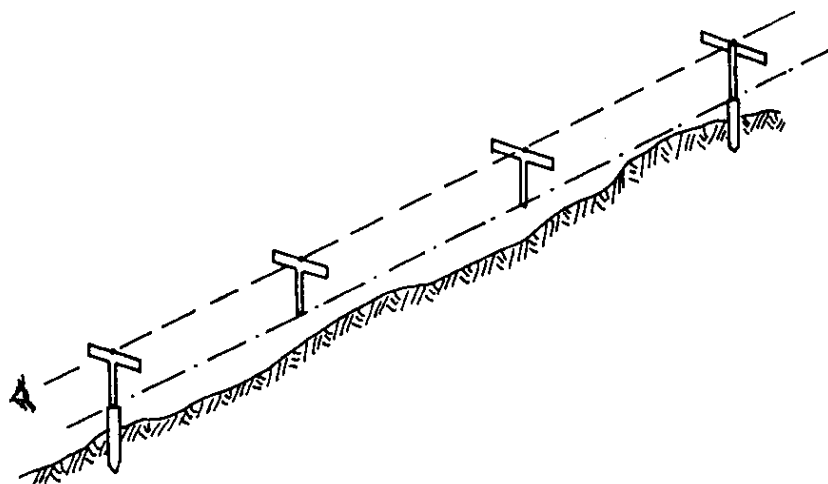
$$s\% = \frac{v}{D} \cdot 100$$

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

Obr. 10.18

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 vytyčení roviny daného spádu opět využijeme čtvercové sítě jako v kapitole 10.2.2. Mohou nastat dvě varianty. Buď jsou dvě strany této sítě vodorovné, nebo obecně položené. U první varianty vytyčíme vždy rovnoběžné přímky stejného spádu a mezilehlé body můžeme vytyčit pomocí jednoduchých pomůcek jako jsou dlaždičské kříže (viz obr. 10.19). Výška všech dlaždičských křížů musí být stejná. Zařazování do roviny provádíme od oka. Dlaždičské kříže lze samozřejmě použít i při vytyčování vodorovných rovin.



Obr. 10.19

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

11 VÝPOČET VÝMĚR

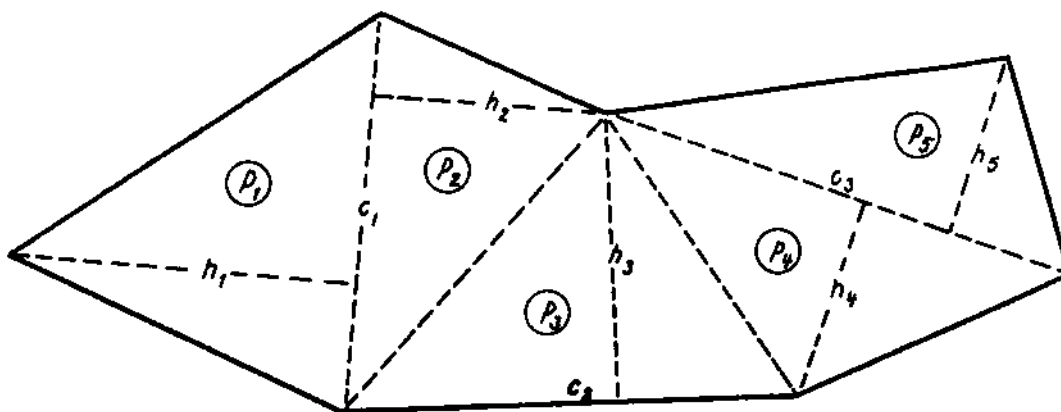
V geodezii a v technické praxi je často třeba určit plochy pozemků nebo plochy v plánech a technických výkresech. Termínem výměra rozumíme plochu prostorového mnohoúhelníku převedeného do zobrazovací (vodorovné) roviny. U ploch pozemků se tedy neurčuje plocha přirozeného povrchu, který je nepravidelný,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

11.1 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. 11.1). Máme-li k dispozici pásmo a pentagon s výtyčkami, provedeme zaměření všech základen a po určení pat kolmic pentagonem i výšek dílčích trojúhelníků.



Obr. 11.1

Výpočet výměry pozemku z obr. 11.1 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 γ 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 :

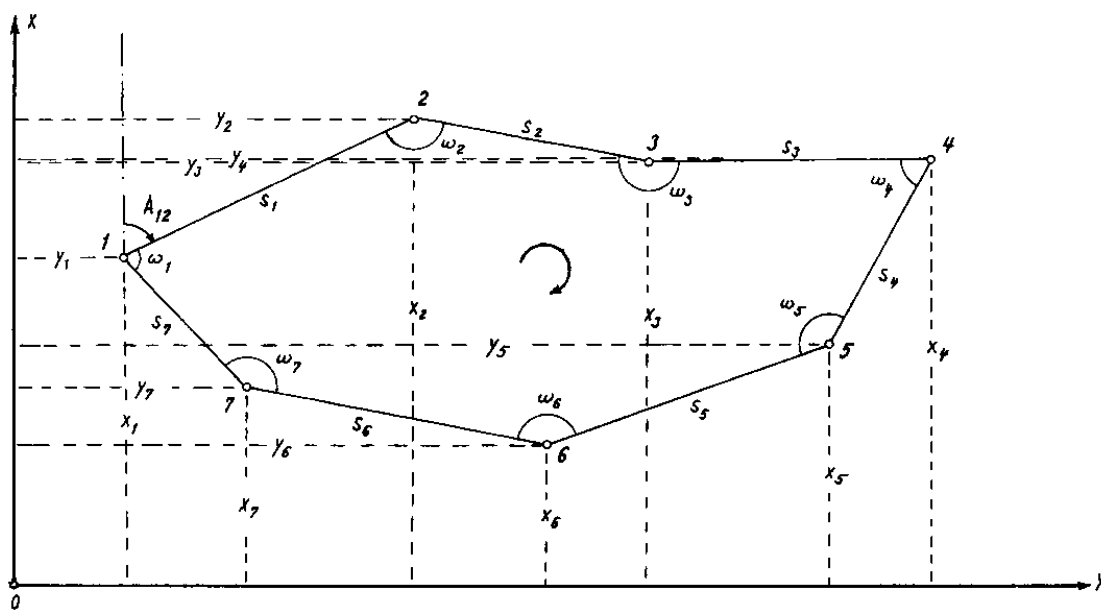
$$P = \pi \cdot r^2 \quad \text{kde } r \text{ je poloměr kruhu.}$$

toto nastane např. při určení výměry např. 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. 11.2).



Obr. 11.2

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. 11.2 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.

11.2 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 : M². 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 11.1 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:

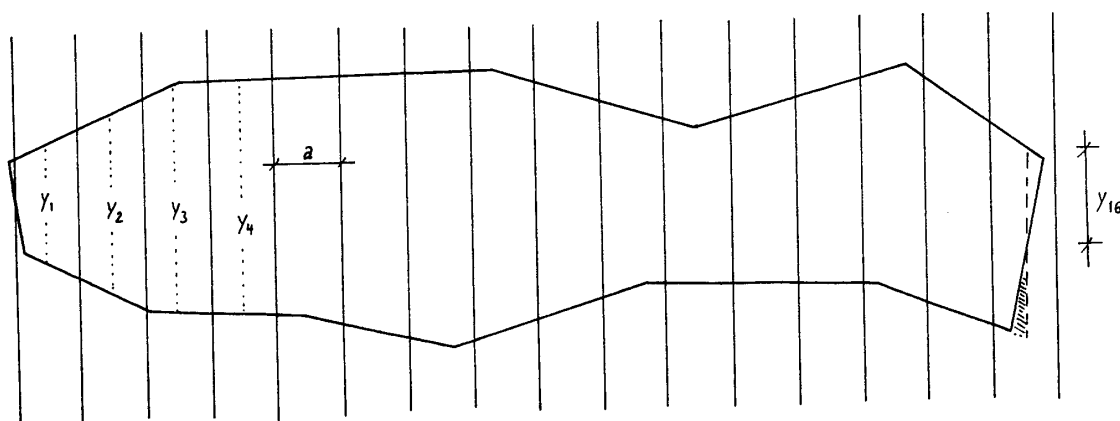
- nitkové planimetry,
- polární planimetry,
- valivé planimetry.

a) nitkový planimetr (obr. 11.3)

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. 11.3

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

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

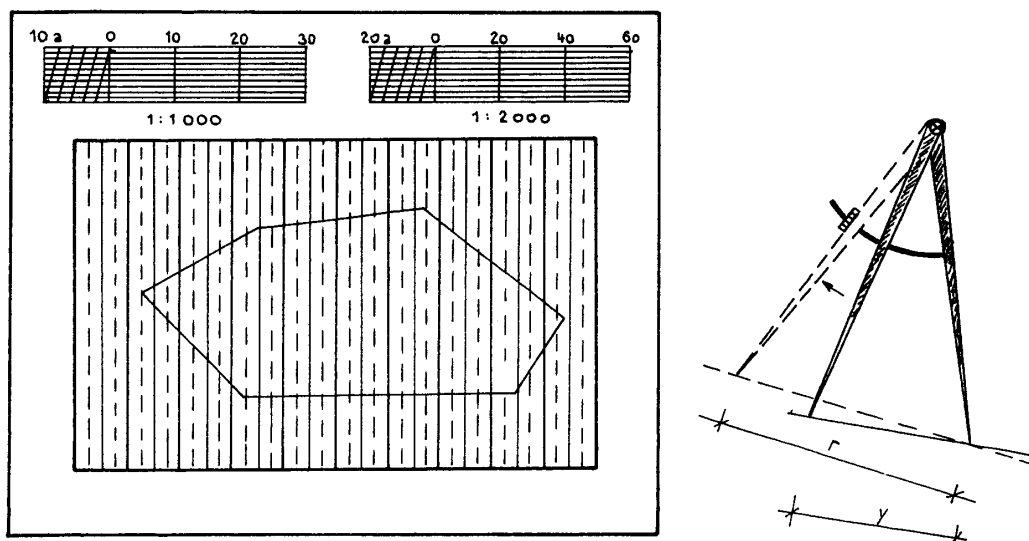
$$P = a \cdot \sum y$$

Tímto způsobem můžeme určovat výměry velmi složitých obrazců. Používají se dva typy nitkových planimetrů astralonový, kde je síť rovnoběžek vytištěna na průhledné umělohmotné folii, 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. Vlákna jsou napjata v kovovém rámu (obr. 11.4).

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. 11.4.



Obr. 11.4

- 3) Nastavíme si maximální rozvor součtového kružítka 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 kružítka podél jednotlivých středních příček lichoběžníků.
- 5) Na konci planimetrované plochy obdržíme počet celých rozvorů součtového kružítka a zbytkovou část, kterou odečteme pomocí příčného měřítka.

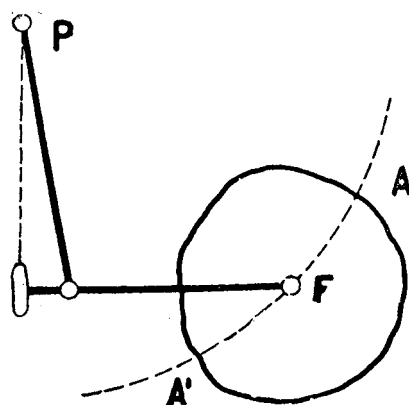
$$P = n \cdot (a \cdot r) + a \cdot \Delta y = n \cdot p + \Delta p$$

kde n je počet celých rozvorů
 a je šířka lichoběžníku
 r je celý rozvor kružítka
 Δy 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. 11.5)

Je to nejpoužívanější pomůcka pro určování výměr z map a plánů všude tam, kde není třeba vyšší přesnost. V letech 1854 – 6 jej zkonstruoval Švýcar Amsler.



Obr. 11.5

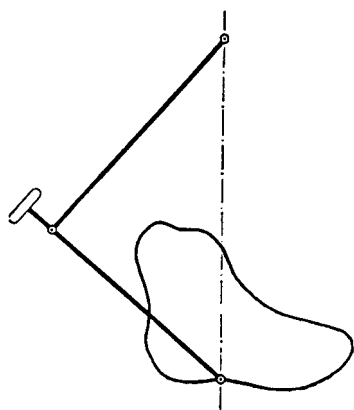
Planimetr se skládal z pólového ramene otočného kolem pólu P, dále z ramene pojízdného, spojeného kloubem s ramenem pólovým. Pojízdné rameno je zakončeno hrotem F nebo značkou na skleněné destičce, opatřené lupou. Na pojízdném rameni je umístěno odečítací zařízení spřažené s integračním kolečkem. Odečítací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

Plošný obsah obrazce změříme tak, že objedeme ve smyslu 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.

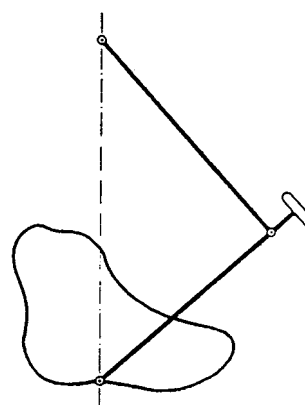
Postup při planimetrování polárním planimetrem:

- 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. 11.5).

- 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. 11.6 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. 11.6 b) opět ve směru a v protisměru pohybu hodinových ručiček.



Obr. 11.6 a



Obr. 11.6 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 nepřijíždělo 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.

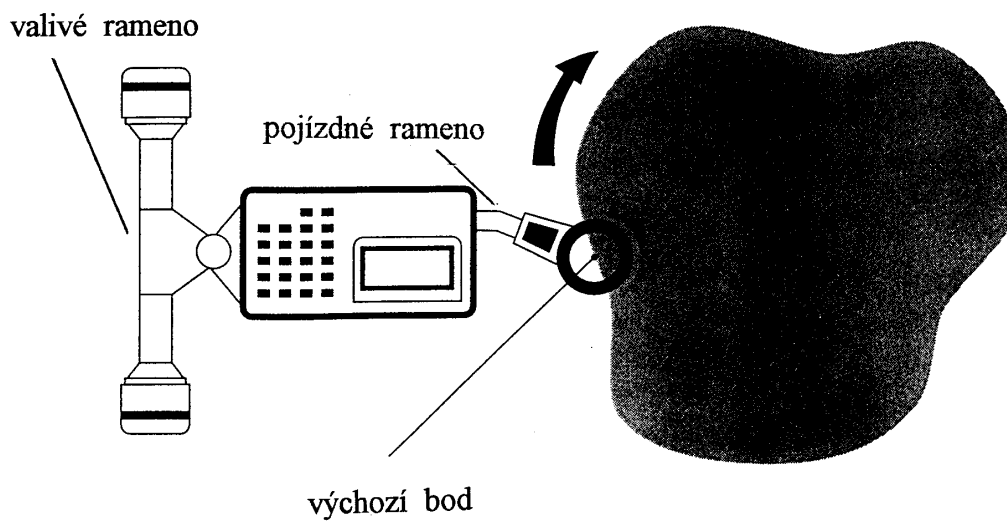
Též je třeba neplanimetrovat přímé obrysové hrany podle pravítka, ale vést hrot či značku volnou rukou.

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. 11.7).



Obr. 11.7

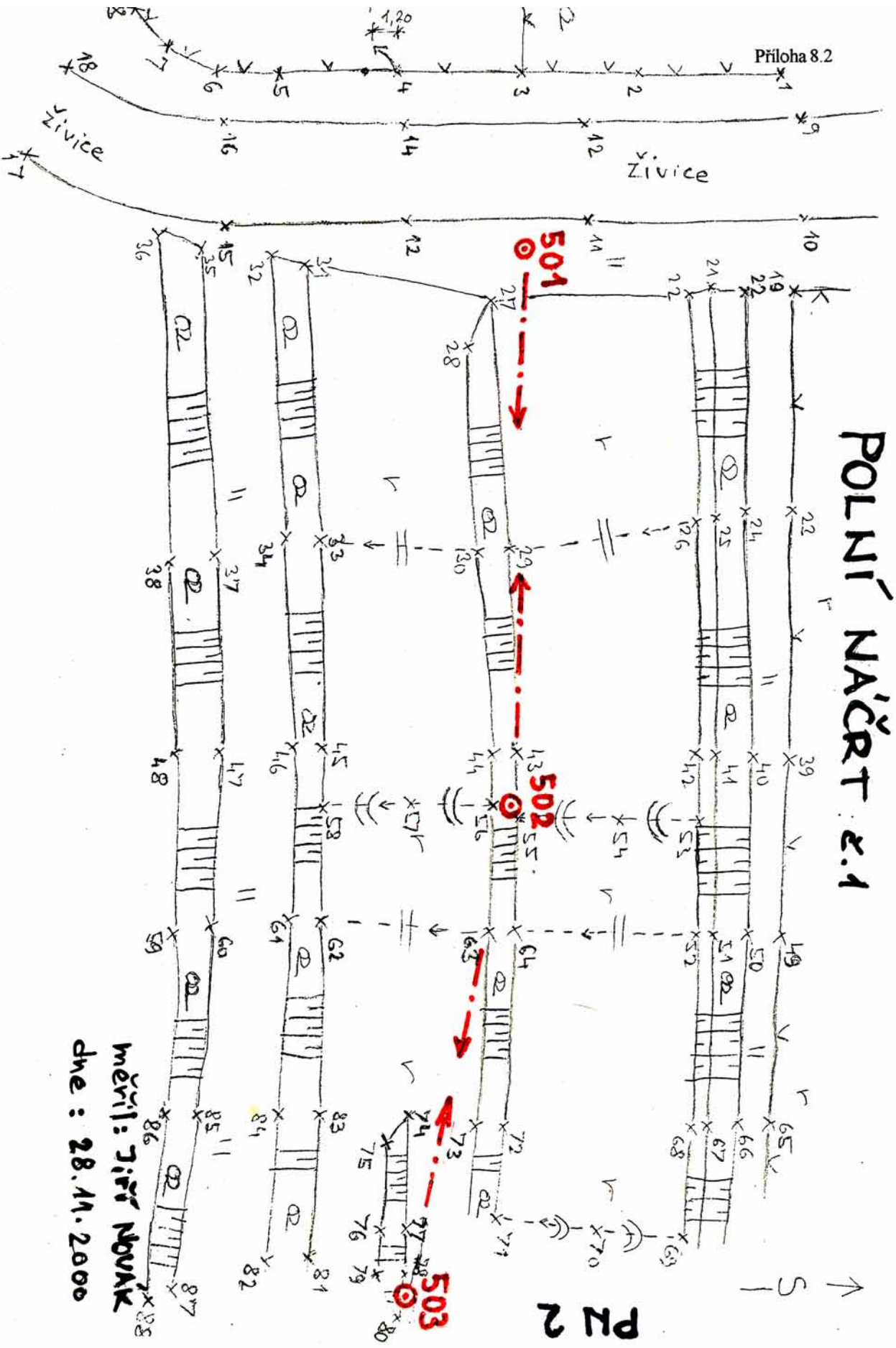
V současné době se jak u polárních, tak u valivých planimetrů hodnoty otáček integračního kolečka registrují v digitální formě. Měření je tak velmi snadné a po zaregistrování příslušného měřítka mapy či plánu lze na displeji z tekutých krystalů okamžitě odečíst hodnotu plochy.

Pořad č.:

Tachymetrický zázpisník

Str.:

Stanovisko :		Úhel				Laťový úsek l	Čtení na obrazu latě	Výšky:		Výška bodu $V_B = V_H + (h - v_l)$
502		vodorovný		svislý Z		cm		$1,62 = v_s$ přístroje	$281,44 = V_A$ stanoviska rov. srov.	
Tachymetrický bod	číslo	popis	výškový β		Vodorovná vzdálenost d_0	dolní	střední v_l	$\Sigma = V_H = 283,06$	$h - v_l$	
			g	c	g	c	m	cm		$h = 50.l \sin 2z$
							\pm	m	\pm	m
				98	98	36,9	-	1,18		(282,46)
501		0 00				36,9	+	0,59	- 0,59	282,47
				99	16	47,3	-	2,24		(281,43)
503		81 85				47,3	+	0,62	- 1,62	281,44
							-			
				106	94	5,9	-	1,08		
1		28 16								
				102	76	18,7	-	1,09		
2		393 22								
				102	19	19,5	-	1,10		
3		394 27								
				103	03	15,5	-	1,07		
4		352 41								
				102	84	15,3	-	1,07		
5		347 01								
				102	56	16,3	-	1,08		
6		344 03								
				102	90	14,0	-	1,07		
7		335 95								
				102	58	14,8	-	1,06		
8		333 27								
				100	95	28,5	-	1,14		
9		318 24								



POLNÍ NÁČRT : 2.1

PN 2

měřil: Jiří NOVÁK
dne: 28.11.2000

Zápisník pro technickou a plošnou nivelaci

Příloha 8.3

Číslo bodu	Čtení na lati			Nadmořská výška horizontu přístroje	Nadmořská výška bodu		Poznámka
	přestavového	bočního			přestavového	určeného bočně	
	vzad +	vřed -	bočně -				
21103		1312		345,291	343,980		
	1		1610		343,68		
	2		1820		343,47		
	3		1850		343,44		
	4		1870		343,42		
	5		1740		343,55		
	6		1740		343,55		
	7		2220		343,07		
			2238				
		0176		343,228			
	8		0580		342,65		
	9		1150		342,08		
	10		1690		341,54		
	11		2120		341,11		
	12		2430		340,80		
	13		2780		340,45		
	14		3120		340,11		
	15		3480		339,75		
	16		3950		339,28		
			2036				
		1282		342,473			
	17		3510		338,96		
	18		3140		339,33		$h = -1,280\text{ m}$
	19		2690		339,78		$h' = -1,276\text{ m}$
	20		2140		340,33		$\sigma_h = -0,004\text{ m}$
	21		1690		340,78		$\Delta_h = 40\text{ mm} \cdot \sqrt{r}$ $r = 0,072\text{ km}$
	22		1160		341,31		$\Delta_h = 11\text{ mm}$
	23		0630		341,84		$\sigma_h < \Delta_h$
			0383				
		1682					
21104			1071		342,700		
		4452	5728				

VÝPOČET SOUŘADNIC BODŮ POLYGONOVÝCH POŘADŮ

Příloha 9.1

Číslo pořadí	Číslo bodu	Úhly a úhlové vyrovnání			Směrníky			Strany s [m]	sin α		Souřadnice a souřadnicové vyrovnání	
		g	c	cc	g	c	cc		1+ sin α	1+cos α	y	x
(1)	(2)	(3)			(4)			(5)	(6)		(7)	(8)
13	G ₁₅₋₂₄				165	08	45					
	15	274	77	90							649 763,51	1 073 988,59
				+ 8							-0,01	+0,01
	1	234	38	30	39	86	44	93,47			54,78	75,73
				+ 8							-0,01	+0,01
	2	200	06	40	74	24	82	114,17			104,96	44,93
				+ 8							-0,01	+0,01
	3	196	34	40	74	31	30	112,73			103,68	44,26
				+ 8							-0,01	+0,01
	4	206	53	70	70	65	78	108,03			96,76	48,05
				+ 8							-0,01	+0,01
	5	199	47	20	77	19	56	115,84			108,49	40,61
				+ 8							-0,02	+0,01
55	211	48	40	76	66	84	115,94			108,24	41,55	
			+ 8							-0,02	+0,01	
G ₅₅₋₁₂₄					88	15	32					
G ₁₅₋₂₄ [ε]	1688	14	75				[ε] 660,18				Δy _{PK} +576,83	Δx _{PK} +295,19
											[Δy'] +576,91	[Δx'] +295,13
G ₅₅₋₁₂₄		88	15	32								
G' ₅₅₋₁₂₄		88	14	75								O _y = Δy _{PK} - [Δy'] = -0,08m
O _w				57								O _x = Δx _{PK} - [Δx'] = +0,06m
Δw = 10 ⁻⁸ · 2 · √n					n = počet vrcholů							O _p = √(O _y ² + O _x ²) = 0,10m
Δw = 10 ⁻⁸ · √n												
Δw = 0,0265												
Δw > O _w												Δ _p = 9011 · √[ε] = 0,12m
												Δ _p = 0,40m
												Δ _p > O _p



Pro výuku Geodezie