

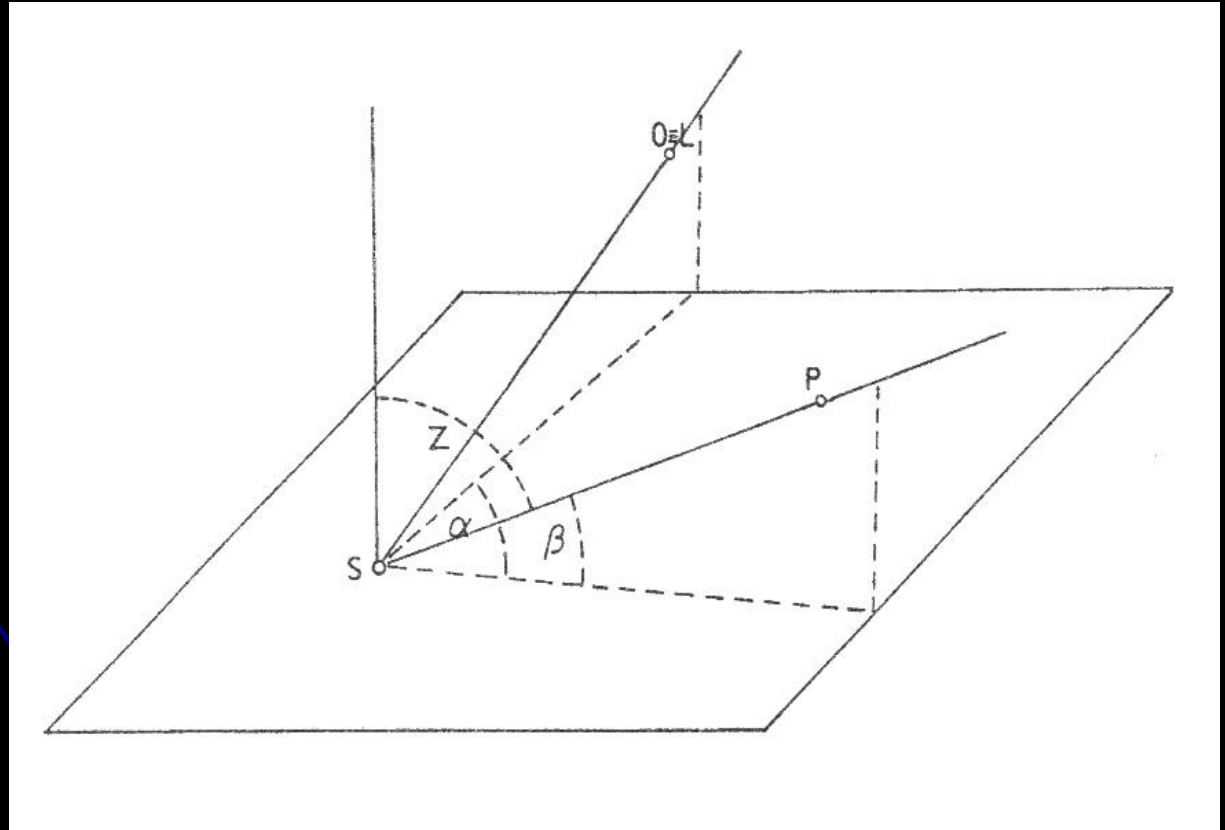


Měření horizontálních a vertikálních úhlů
Úhloměrné přístroje a jejich konstrukce
Horizontace a centrace
Přesnost a chyby v měření úhlů

Kartografie
přednáška 10

Měření úhlů

- prostorovou polohu směru, vycházejícího z počátku soustavy - **stanovisko S** na libovolný bod v terénu **P**, je možno stanovit dvěma úhly:
 - vodorovným
 - svislým



Vodorovný úhel

- určen dvěma svislými rovinami proloženými stanoviskem přístroje (vrchol úhlu) a signály (cílovými značkami) označujícími směr levého a pravého ramene úhlu
- je dán rozdílem úhlových hodnot dvou měřených směrů

Měřený vodorovný směr

- je základním prvkem pro měření úhlů
- úhlová hodnota odečtená na vodorovném kruhu přístroje

Svislý úhel

- vyjadřuje odchylku směru SP od:
 - vodorovné roviny - výškový úhel β
 - od svislice, zenitu - zenitová vzdálenost z

- ▶ na jednom bodě stanoviska můžeme měřit jeden a více úhlů, tedy dva a více směrů => **osnova měřených směrů**
- ▶ pokud je osnova měřených směrů orientovaná k jednomu směru jako základnímu => **orientovaná osnova směrů** (osnova směrníková)
- ▶ v geodézii používáme několika druhů orientovaných směrníků
- ▶ jsou pojmenovány podle základního směru od něhož se počítají:
 - **jižník** - kladný směr osy X k jihu
 - **severník** - kladný směr osy X k severu
 - **astronomický azimut** - absolutní směr k severu (směr zeměpisného poledníku)
 - **magnetický azimut** - směr k magnetickému severnímu pólu (směr magnetického poledníku)

Úhloměrné přístroje

- slouží k měření vodorovných a svislých úhlů
- dělíme je na:
 - teodolity
 - magnetické úhloměrné přístroje
 - gyroteodolity

Teodolity

- jsou v principu sestaveny ze dvou částí:
 - **limbu** - vodorovný kruh s úhloměrnou stupnicí nasazený na dutý osový válec (ložisko otočné části přístroje)
 - je to v podstatě celá pevná spodní část teodolitu

- **alhidády** - horní otočná část, uložená svislým válcovým čepem v ložisku osového válce
 - součásti alhidády jsou:
 - záměrný dalekohled
 - pomůcky pro čtení stupnice vodorovného i svislého kruhu
 - libely k urovnání přístroje
 - ustanovky
- svislý kruh je pevně spojen s vodorovnou točnou osou dalekohledu
- otáčeli se dalekohled kolem své vodorovné osy, otáčí se současně i svislý kruh na kterém odečítáme hodnoty svislých úhlů

Rozdělení teodolitů

- podle počtu svislých os:

- jednoosé

- dvojosé (otočná nejen alhidáda, ale i limbus)

- repetiční

- limbus otočný kolem svislé osy

- při otáčení alhidády dochází k mírnému posunutí limbu (chyba ze strhávání limbu)

- vhodným řešením teodolity s limbovou (repetiční svorkou)

- spíná limbový kruh s alhidádou

- při vypnutí zůstává limbus pevný, otáčí se pouze alhidáda

- s limbem na posun

- samostatná limbová osa

- při otáčení nedochází ke strhávání limbu

- podle materiálu z něhož je limbus:

- s kovovými limby

- čtecí pomůcky úhломěrných stupnic jsou verniery

- se skleněnými kruhy

- obrazy dvou diametrálních míst stupnice jsou pomocí čoček a hranolů převedeny do jediného zorného pole mikroskopu
- čtecí pomůcky jsou:
 - stupnicový mikroskop
 - jednoduchý optický mikrometr
 - koincidenční mikroskop s optickým mikrometrem

- podle účelu pro který slouží:

- jednoduché (pouze pro vodorovné úhly)
- universální
- tachymetry

Optické a mechanické části teodolitu

Ustanovky

- jsou to součástky, které spojují pevnou část teodolitu s částí pohyblivou
- zastavují tedy pohyb alhidády nebo dalekohledu
- otáčení alhidády ovládá alhidádová ustanovka
- otáčení dalekohledu kolem vodorovné osy ovládá ustanovka dalekohledová
- podle provedení rozlišujeme ustanovky:
 - **obvodové** (nyní se už nepoužívají)
 - **osové** (tlak kterým se spojí pevná a pohyblivá část působí kolmo na osu otáčení)
 - svorná alhidádová ustanovka
 - tlačná alhidádová ustanovka
 - souosé ustanovky - oba šrouby na společné ose

Libely

- pomůcky k určování vodorovného směru
- na přístroji jsou umístěny libely:
 - **alhidádové**
 - k uvedení limbového kruhu do vodorovné polohy a tím svislého kruhu do svislé polohy => horizontace
 - **krabicová** - k předběžnému urovnání
 - **trubicová** - pro přesné urovnání (citlivá libela)
 - křížové libely - dvě trubicové s osami k sobě kolmými

- **indexová**

- nejcitlivější libela přístroje
- u přesných přístrojů bývá provedena jako libela koincidenční (lze ji v otočném hranolu pozorovat z místa měření)
- slouží k urovnání spojnice čtecích indexů svislého kruhu do vodorovné polohy

- **nivelační**

- u některých teodolitů na dalekohledu (trubicová)
- osa musí být rovnoběžná se záměrnou přímkou dalekohledu

- **sázecí**

- slouží k určení sklonu vodorovné osy dalekohledu
- pokládá se na čepy vodorovné osy dalekohledu
- dá se použít i pro horizontaci přístroje

Dalekohled

- slouží úhloměrnému přístroji jako dokonalá záměrná pomůcka
- je soustavou dvou optických systémů na společné optické ose
 - objektiv
 - okulár
- většinou zobrazují předměty v obrácené poloze (jsou konstruovány jako astronomický dalekohled - Keplerův)
- rozdělujeme je na:
 - **dalekohledy s proměnlivou délkou**
 - změnou vzdálenosti okuláru od objektivu zaostřujeme obraz pozorovaného předmětu
 - starší typy dalekohledů
 - **dalekohledy s pevnou délkou**
 - objektiv tvořen dvěma oddělenými soustavami čoček (vlastní objektiv a kolektiv)
 - přibližováním kolektivu k vlastnímu objektivu zaostřujeme pozorovaný předmět
 - objektiv i okulár jsou uloženy v tubusu dalekohledu tak, aby se obraz vytvořený v obrazové rovině objektivu dal zvětšit okulem

Nitkový kříž

- zařízení pro přesné zacílení
- upevněn k kruhové cloně (diafragmatu)
- původně zhotovován z pavučinových vláken
- dnes se vyleptává nebo vyrývá do skleněných planparalelních destiček

Kolimátor

- záměrná pomůcka pro přibližné zacílení
- značka vyříznutá na tmavém pozadí zakrývajícím průsvitné sklo v ohniskové rovině lupy tvořící tuto pomůcku
- značka se promítá rovnoběžnými paprsky při pozorování do nekonečna
- oko zaostřené na vzdálený cíl vidí stejně ostře i značku

Sluneční filtry

Hranoly pro strmé záměry

Optický dostředovač

Příprava teodolitu k měření

- svislá osa přístroje V musí procházet daným bodem vyznačeným v terénu (kámen, kolík, hřeb) => měřený úhel bude skutečně vodorovný (svislý)
- docílíme toho urovnáním přístroje, které sestává ze dvou dílčích činností:
 - **horizontace**
 - osa V se uvede do svislé polohy
 - horizontace se provádí stavěcími šrouby a alhidádovými libelami
 - **centrace** (dostředění)
 - vrchol měřeného úhlu se ztotožní s daným bodem
 - centrace se provádí olovnicí nebo opticky

Metody měření vodorovných úhlů

- při měření vodorovných úhlů musíme přihlížet k požadované přesnosti
- zvyšování přesnosti => prodlužování doby měření
=> zvyšování nákladů na měření
- volíme tedy takovou metodu, která při dodržení požadované přesnosti bude vyžadovat nejkratší čas na měření (efektivita)
- používáme tyto metody:
 - jednoduché měření úhlů (zatíženo řadou chyb)
 - měření úhlů v obou polohách dalekohledu
 - měření úhlů násobením (provádět v obou polohách dalekohledu)
 - měření úhlů v řadách a skupinách (pro měření více úhlů na stanovisku)

Přesnost a chyby měření vodorovných a svislých úhlů

- vycházíme ze skutečnosti, že přístroje ani smysly člověka nejsou dokonalé
- proto při měření dochází nevyhnutelně k chybám
- je třeba znát příčiny vzniku a jejich vliv na výsledek
- potom je můžeme vhodnou metodou vyloučit nebo zmenšit
- chyby dělíme do tří skupin:
 - **chyby osobní**
 - nepřesná centrace a horizontace přístroje a signálů (cílů)
 - chyby v cílení (nepřesné nastavení nitkového kříže)
 - chyby ve čtení (závislé na čtecí pomůcce)
 - **chyby přístrojové**
 - osově chyby
 - chyby vzniklé nedokonalostí výroby
 - **chyby vnější**
 - způsobené vlivem prostředí ve kterém měříme
 - vliv teploty (slunce), tlaku (nadmořská výška), větru atd.

Osové podmínky a chyby přístrojů

- požadavek, aby záměry na libovolné body se promítaly svisle do horizontální roviny
vodorovného děleného kruhu je splněn jen u přístroje zbaveného osových chyb
- vznikají z nesprávné polohy hlavních os teodolitu
- přístroje musí splňovat:
 - svislá točná osa alhidády $V \perp$ k ose libely L
 - vodorovná točná osa dalekohledu $H \perp$ ke svislé ose V (rovnoběžná s L)
 - záměrná osa dalekohledu $Z \perp$ k vodorovné točné ose dalekohledu H

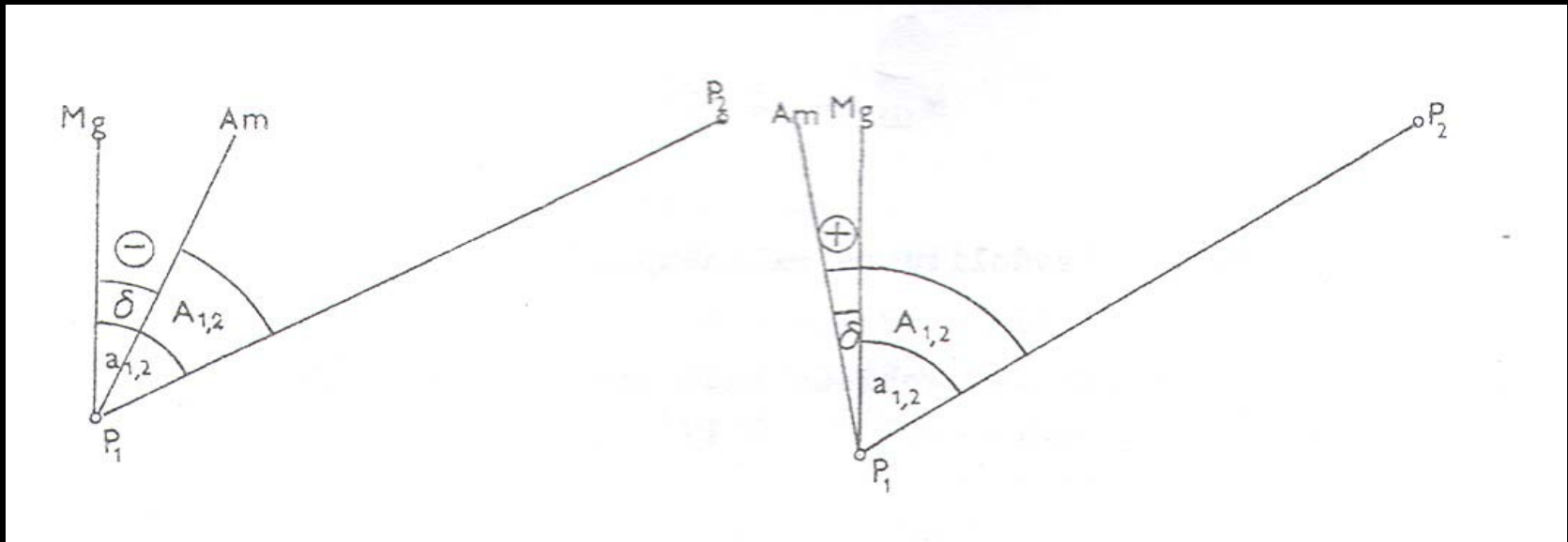
- oprava osových chyb se provádí různými způsoby podle konstrukce teodolitu
- měřič provádí pouze rektifikaci $V \perp L$
- mimo osové chyby jsou úhломěrné přístroje zatíženy dalšími chybami vznikajícími nedokonalostí výroby:
 - excentricita dalekohledu (točná osa alhidády neleží v záměrné rovině)
 - excentricita alhidády (točná osa alhidády neprochází středem děleného kruhu)
 - nesymetrická poloha nulových značek odečítacího zařízení (indexů)
 - nerovnoměrné dělení kruhů

Magnetické přístroje

- ❑ Země jako permanentní magnet vytváří magnetické pole
- ❑ jeden ze způsobů měření vodorovných úhlů je založen na využití zemského magnetizmu
- ❑ jeho působením hrot magnetky vždy směřuje k **severnímu magnetickému pólu**
- ❑ tento směr se stává základním pro měření magnetických azimutů => magnetický meridián (průsečnice svislé roviny proložené osou ustálené deklinační magnetky se zemským povrchem)

Magnetický azimut

- vodorovný úhel sevřený severní větví magnetického meridiánu a daným směrem
- je měřený od meridiánu ve směru hodinových ručiček



Magnetické deklinace

- magnetický pól není totožný se zeměpisným pólem
- v důsledku toho svírá směr magnetického (M_g) a astronomického (A_m) meridiánu úhel, který se nazývá magnetická deklinace (δ)
- rozlišujeme deklinaci západní (-) a deklinaci východní (+)
- astronomický meridián má stálou polohu
- mění se směr magnetického meridiánu
- v důsledku toho se mění i magnetická deklinace
- změny probíhají se změnou místa a času

Místní změny magnetické deklinace

- v magneticky neporušených oblastech probíhají pravidelně
- deklinace přibývá od západu k východu
- v oblastech magneticky porušených (vlivem feromagnetických rud) => nepravidelné změny - **anomálie** (v některých oblastech až stupňové hodnoty) - Doupovské hory, jižní Morava

Časové změny magnetické deklinace

- **pravidelné (variac)**
 - jsou způsobeny změnou místa magnetických pólů
 - věkové
 - roční
 - denní
- **nepravidelné (perturbace)**
 - jsou způsobeny vlivem slunečních skvrn
 - v době magnetických bouří dosahují v krátkém časovém úseku až několika stupňů

- magnetické přístroje mají vodorovný kruh pevně spojen se záměrným zařízením a je tedy otočný
- odečtení polohy záměrné roviny umožňují pevné hroty deklinační magnetky
- podle typu dělíme magnetické přístroje na:
 - kompasy
 - buzoly

Kompas

- je to v podstatě zasklené pouzdro s děleným kruhem a deklinační magnetkou
- používá se jako pomůcka k orientaci
- v dolech dosáhl velkého upotřebení hornický kompas (jednoduchost - zavěšení na provazci)

Buzola

- je to kompas doplněný záměrným zařízením
 - orientační
 - vynášecí
 - lesní buzola (nejjednodušší přístroj k měření magnetických azimutů)
- nejdokonalejším typem buzoly je Wildova buzola T_0
 - magnetka spojena s děleným kruhem
 - koincidenční čtení
 - buzola doplněna svislým kruhem

Buzolní teodolit

- universální teodolit doplněný celokruhovou buzolou nebo buzolním trubicovým usměrňovačem

Měření magnetických azimutů

- postup v podstatě stejný jako při měření směrů teodolitem
- úhly z naměřených azimutů počítáme jen výjimečně
- azimuty používáme:
 - k zobrazování polohy měřených bodů
 - k výpočtům

Přesnost měření magnetických azimutů

- přesnost měření je malá
- použití pouze při pracích nevyžadující velkou přesnost
- přesnost je ovlivňována třemi hlavními chybami:
 - chyba ve čtení hrotu magnetky na hodinovém kruhu (při 1° dělení stupnice dosahuje chyba až 6´)
 - chyba z nedokonalé citlivosti magnetky (magnetka se neustálí přesně v rovině magnetického meridiánu - odchylka až 5´)
 - chyba ze změn magnetické deklinace (způsobují denní variace - může dosáhnout hodnoty až 8´)

Celková chyba v určení magnetického azimutu:

$$m_a = \sqrt{6^2 + 5^2 + 8^2} = 11' (20^c)$$

Gyroteodolity

- přístroj sloužící k určení směru místního poledníku
- hlavní součástí je setrvačnický kompas (gyrokompas)
- setrvačník upraven tak, že jeho osa se může pohybovat pouze ve vodorovné rovině
- vlivem zemské rotace se osa roztočeného setrvačníku stáčí do směru místního poledníku, kolem něhož se kývá
- z krajních poloh kývajících se osy setrvačníku určíme směr astronomického poledníku
- hlavní využití je při usměrnění (orientaci) trigonometrické sítě (určení astronomických azimutů na základních bodech)
- další oblastí využití je důlní měřictví (určení deklinace a orientace polygonové sítě v podzemních prostorách)
- mnohem větší přesnost (7") než buzola
- používané přístroje: **Gi - B1, B2** (MOM - Maďarsko)
Gi - C11 (gyroskopický nástavec)