

Doprovodný text k 4. přednášce ze stavební geodézie SG01

Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

Prezentace přednášky je na mých webových stránkách ke stažení:

http://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/prednasky_sg01.html

Její obsah je možné si doplnit ze skript:

Hánek, P. a kol.: Stavební geodézie. ČVUT v Praze, Praha 2007

Švec, M. a kol.: Stavební geodézie 10 – Praktická výuka. ČVUT v Praze, Praha 1998

Skripta lze najít v elektronické formě na www.ulozto.cz

Přednáška se skládá ze dvou částí, z měření úhlů a z měření délek.

Měření úhlů

Na straně 3 se nachází definice rovinného úhlu.

Na straně 4 jsou uvedeny používané úhlové jednotky. V geodézii se pro měření úhlů používá především úhlová jednotka gon (postaru grad). Od stupňů se liší počtem gonů v plném úhlu tj. 400 gonů a dělením gonu, které může být dvojitý. Pokud používáme násobnou předponu SI soustavy mili, tak je dělení na tisíce – 1 gon = 1000 mgon. Pokud používáme starší setinné dělení, tak 1 grad = 100^c (100 centigradů) a 1^c = 100^{cc} (100 centicentigradů). Také je možné říkat gradové minuty a gradové vteřiny. Starší dělení vychází z rozdělování teodolitů podle velikosti nejmenšího dílku na odečítacím kruhu na minutové a vteřinové přístroje viz dále.

Na straně 5 a 6 jsou základní pojmy, které je nutné znát.

V geodézii měříme vodorovné směry (vodorovné úhly počítáme z rozdílu dvou směrů) a zenitové úhly. Pro jejich měření používáme přístroj, který se jmenuje teodolit. Zjednodušeně se jedná o dva na sebe vzájemně kolmé úhломěry, jak je patrné z obrázku na straně 7, kde vidíte jednoho z prvních předchůdců dnešních teodolitů. Obrázek na straně 8 je doplněn základními pojmy ze stran 5 a 6.

Na straně 9 je uvedeno dělení teodolitů spolu s obrázky současných přístrojů. V současnosti jsou teodolity nahrazována tzv. totálními stanicemi. Jedná se v podstatě o vylepšené elektronické teodolity, kdy kromě vodorovných směrů a zenitových úhlů můžete měřit šikmé délky mezi středem přístroje S a měřeným bodem P, měřená data je možné ukládat do paměti a provádět s nimi vybrané geodetické výpočty (zde záleží na softwarovém vybavení použité totální stanice).

Na straně 10 jsou uvedeny tři základní části teodolitu. Trojnožka, limbus a alhidáda. Trojnožku znáte z nivačních přístrojů, používáme ji k upevnění přístroje na stativu nebo na jiné podložce a k horizontaci a centraci teodolitu. Limbus je část teodolitu, která v průběhu měření zůstává nehybná. Jmenuje se po skleněném vodorovném kruhu. Alhidáda je otočná část. Nachází se na ni ovládací prvky přístroje – ustanovky (slouží k jemnému pohybu v obou směrech), alhidádové libely pro horizontaci (obvykle dvě – krabicová a trubicová), optický centrovač pro centraci přístroje nad daným bodem (svislá osa přístroje prochází bodem, nad kterým je přístroj urovnán), displej, tlačítka (totální stanice). Na straně 11 je popis součástí teodolitu Zeiss Theo 020 A, se kterým jste se seznámili na 3.

cvičení. S teodolity dále nebudete pracovat, budete používat výhradně totální stanice, se kterými se prakticky a osobně seznámíte na cvičení.

Strana 12 a 13 čtení na teodolitu není důležité, jen pro zájemce.

Strana 14 a 15 doplnění informací k totálním stanicím.

Strana 16 – důležité. S teodolitem lze měřit ve dvou polohách dalekohledu tedy odečítat měřenou hodnotu na dvou místech kruhu. Pro vodorovné směry se čtení mezi polohami má obecně lišit o přímý úhel (200 gonů). Pro zenitové úhly obecně platí, že jejich součet je 400 gonů.

Strana 17 až 20 – Měření ve dvou polohách dalekohledu je důležité z pohledu konstrukčních nedokonalostí teodolitu. Aby teodolit měřil správně, musí být splněny některé konstrukční podmínky. Mezi ně patří dvě osová podmínky teodolitu a různé excentricity. První osová podmínka je, že záměrná osa Z má být kolmá na točnou osu dalekohledu H. Nesplnění této podmínky se nazývá kolimační chyba. Druhá osová podmínka je, že točná osa dalekohledu H je kolmá na osu alhidády V. Nesplnění této podmínky se nazývá úklonná chyba. Mezi excentricity patří excentricita záměrné roviny a excentricita alhidády. Všechny výše zmíněné chyby se dají vyloučit měřením ve dvou polohách. Třetí osová podmínka – osa libely L je kolmá k ose alhidády V se měřením ve dvou polohách dalekohledu nedá odstranit. Lze ji minimalizovat pečlivou horizontací přístroje.

Na straně 21 jsou uvedeny chyby, které nejsou způsobeny konstrukčními vlastnostmi přístroje. Jejich eliminace závisí na pečlivosti měřiče případně stavu atmosféry (podmínky měření). Lze se jich vyvarovat.

Strany 22 až 28 byly probrány pečlivě na 3. cvičení.

Měření délek

Na straně 30 je definice délky a délkové jednotky. Definici metru si není třeba přesně pamatovat, ale je potřeba si uvědomit že ne vždy se měřilo/měří v metrech. Na starých mapách a výkresech byly použity jiné, historické jednotky a v některých zemích se dodnes používají jednotky odlišné.

Strana 31 až 35 popisuje metodu měření délek pásmem. Jedná se o přímé měření délky. Pásmo je pásek vyrobený z různých materiálů s délkovou stupnicí. Pásmem se měří vodorovná vzdálenost. Pokud měříme vzdálenost šikmou, je nutné změřit převýšení nebo úhel sklonu pro přepočet na vodorovnou vzdálenost. Během měření délky pásmem (zvláště, pokud je délka větší než délka pásma), se můžeme dopustit celé řady chyb, viz strana 34, proto je nutné pro kontrolu délku pásmem vždy měřit dvakrát. Pásmo je nutné mít zkaličované (str. 35). V současnosti se pásmo používá obvykle pro měření vzdáleností nepřekračující jeho délku, ale to neznamená, že jej nemůžeme použít pro delší vzdálenosti. Přesnost měření pásmem je poměrně vysoká, přibližně 3 cm na 100 m. Kdysi, když ještě bývaly výuky v terénu ze stavební geodézie, studenti této přesnosti bez problémů dosahovali při měření délky mezi dvěma zatlučenými kolíky na louce ve svahu. Sami tomu nemohli uvěřit :-).

Optické měření délek je založeno na řešení rovnoramenného trojúhelníka.

Při paralaktickém měření délek (str. 37-39) znám délku základny, měřím protilehlý úhel a počítám výšku trojúhelníka nad základnou. Délka základny je určena s velmi vysokou přesností (na mikrometry) a je umístěna vodorovně a kolmo na měřenou délku. Z toho vyplývá, že je určována přímo vodorovná délka. Metoda umožňuje získat určovanou délku s velmi vysokou přesností (až 1 mm na 100 m), ale v tom případě je velmi náročná na kalibraci použité základnové latě, je velmi pracná a časově náročná.

Ryskový dálkoměr (str. 40 až 42) býval součástí ryskových křížů dalekohledů teodolitů a nivelačních přístrojů. Dnešní totální stanice nebývají tímto dálkoměrem již vybaveny, ale stále se nachází u klasických optických nivelačních přístrojů pro technickou nivelaci. V ryskovém dálkoměru je znám paralaktický úhel nad základnou, měří se délka základny a počítá se vzdálenost. Paralaktický úhel je určen dvojicí krátkých vodorovných rysek symetricky umístěných nad a pod hlavní vodorovnou rysku ryskového kříže. Jako měřická základna je obvykle používána svisle umístěná nivelační lať. Pokud je dalekohled ve vodorovné poloze (nivelační přístroj) měříme přímo vodorovnou délku, pokud je dalekohled šikmo, je nutné měřit ještě zenitový úhel, aby bylo možné spočítat vodorovnou délku. Jedná se o velice jednoduchý dálkoměr (zvláště u nivelačních přístrojů, kdy stačí znát násobnou konstantu, která je většinou 100, a určení vodorovné délky přístroj – lať z hlavy je otázkou několika vteřin). Nejedná se o moc přesnou metodu (zhruba decimetry na 100 m), ale pro hrubou orientaci je to více než dostačující a v technické nivelaci rozhodně mnohem přesnější než krokování.

Strana 44 až 51 se věnuje elektrooptickému měření délek. V principu jde o zpracování elektromagnetického záření, které je vysíláno z dálkoměru z jednoho konce měřené délky a je odraženo zpět do dálkoměru na druhém konci měřené délky.

V dálkoměrech se dnes v geodézii nejčastěji používají dva principy určení vzdálenosti – fázový a impulsní. U fázového dálkoměru je vyhodnocován fázový posun přijatého signálu vůči signálu vysílenému. Obvykle nestačí použít jednu vlnovou délku, je nutné kombinovat dvě až tři vlnové délky. U impulsního dálkoměru je měřen tranzitní čas potřebný pro cestu signálu od dálkoměru k odražeči a zpět.

Jako odražeč na druhém konci měřené délky můžeme použít koutový hranol. Výhoda koutového hranolu je v jednoznačné signalizaci koncového bodu a velká vzdálenost, kterou můžeme měřit (jednotky kilometrů). Nevýhoda je nutnost koncový bod signalizovat. Také je nutné při použití koutového odražeče znát tzv. konstantu hranolu. Ta je pro daný typ hranolu stejná a zadává se přímo do přístroje před měřením. Pozor, zkontrolujte si před měřením s totální stanicí, zda máte nastavenou správnou konstantu hranolu! Na cvičeních se používají hranoly se součtovou konstantou -30 mm.

Dalším odražečem může být reflexní fólie se značkou. Její součtová konstanta je 0 mm. Dosah měření na fólii je kratší než na hranol.

Posledním odražečem může být libovolný povrch, ale má to svá omezení. Měli bychom měřit na plošku (od hrotu špendlíku se nic neodrazí), musíme si být jistí, že ta ploška je dostatečně velká a umístěná ve správné pozici – velikost dálkoměrného signálu i u moderních totálních stanic je na vzdálenost cca 100 m několik čtverečních cm a nakonec nás limituje typ povrchu. Nejvhodnější je světlý difusní povrch, nejméně vhodný je tmavý nebo lesklý povrch. Tmavý povrch signál pohlcuje a tím zkracuje dosah dálkoměru, lesklý povrch signál odráží jinam než do přístroje. Měření délek na libovolný povrch je velmi šikové, jen je potřeba si uvědomit jeho omezení. Dosah měření na libovolný povrch bývá násobně kratší než u měření na hranol a i přesnost je nižší.

Strana 52 až 54 Korekce a redukce měřených délek. Než můžeme použít měřenou délku pro souřadnicové výpočty, je nutné ji korigovat a redukovat.

Nejprve se měřené délky korigují o vliv prostředí, ve kterém se šíří dálkoměrný signál. Tato korekce probíhá přímo v totální stanici. Do přístroje se zadává teplota a tlak okolí a přístroj automaticky měřené délky opraví.

Následují matematické redukce. V prezentaci není uveden přepočet šikmé délky na vodorovnou:

$$d_h = d_s \cdot \sin z,$$

Kde d_s je šikmá délka, d_h je vodorovná délka a z je zenitový úhel.

Následuje redukce vodorovné délky do nulového horizontu. To bylo podrobně probíráno na první přednášce.

Poslední redukce je do kartografického zobrazení $s = d_0 \cdot m_{S-JTSK}$, kde d_0 je délka v nulovém horizontu a m_{S-JTSK} je délkové zkreslení v Křovákově zobrazení v daném místě a s je délka v kartografickém zobrazení. Délka s pak vstupuje do souřadnicových výpočtů.