

Meranie smerov a dĺžok univerzálnymi meracími stanicami

Súčasnú univerzálnu meraciu stanicu sú integrované meračské prístroje a umožňujúce merať súčasne vodorovné smery a dĺžky. Princíp merania dĺžok je založený na meraní fázového posunu (rozdielu) vyslanej a prijatej modulačnej vlny s vlnovou dĺžkou λ .

Pre výučbu použijeme univerzálnu meraciu stanicu (UMS):

- a) Leica TCR 407,
- b) Leica TC 800,
- c) Topcon GTS A,
- d) Topcon GTS 3005,

Univerzálna meracia stanica Leica TCR 407

Univerzálna meracia stanica Leica TCR 407 predstavuje z konštrukčného hľadiska kombináciu elektronického teodolitu a elektro-optického diaľkomera (Obr. 1 vľavo a v strede). Prístroj patrí do skupiny univerzálnych meracích staníc – elektronických tachymetrov s možnosťou merať súčasne uhly a dĺžky na princípoch elektronického merania uvedených veličín [7]. Moderné technológie použité v uvedenom prístroji zjednodušujú prípravné a meračské práce a umožňujú aj jednoduché konštrukčné a vytyčovacie práce.

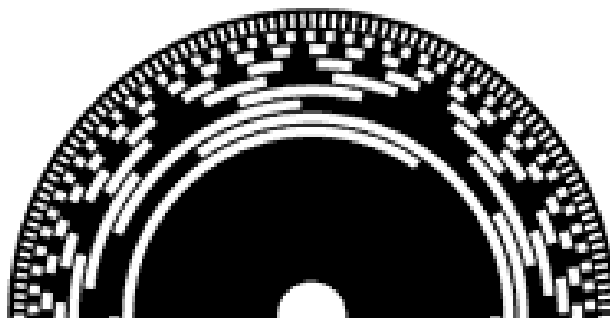
Univerzálna meracia stanica Leica TCR 407 pozostáva z:

- urovnávacej podložky s tromi urovnávacími skrutkami na horizontáciu prístroja (Obr. 3.8 vpravo). Podložka má rovnako, ako v prípade teodolitu Zeiss THEO 080, v spodnej časti pružnú dosku s otvorom a závitom, do ktorej zaskrutkujeme upevňovaciu skrutku statívu. Závit na pružnej doske má iné parametre ako na podložke prístroja Zeiss THEO 080A (Zeiss – metrický závit, Leica – Whitworthov závit). V hornej časti podložky je lôžko s tromi otvormi na osadenie a upevnenie prístroja a upínacia svorka. Podložka prístroja Leica má iný spôsob upínania ako podložka prístroja Zeiss a z toho dôvodu nie je možná ich zámena. Po uvoľnení upínacej svorky je možné prístroj vybrať z podložky a miesto neho do podložky vložiť cieľové značky a odrazové systémy na meranie dĺžok;



Obr. 1 UMS Leica TCR 407 (vľavo a v strede) a podložka UMS (vpravo)

- spodnej časti – vodorovného kruhu, vodorovný kruh obsahuje uhlovú stupnicu. Všeobecne je pri elektronickom meraní uhlov použitý čítací systém, ktorý umožňuje meniť geometrické veličiny (intervaly delenia) na veličiny elektronické – impulzy. Zdroj svetla vysiela svetelný lúč, ktorý prechádza cez rôznym spôsobom delený kódový kruh (priesvitné a tmavé plôšky – Obr. 2) a dopadá na fotoelektronický snímač (napr. fotodióda). Svetelné impulzy sú transformované na elektronické a umožňujú na displeji vytvoriť digitálny výstup – odčítanie [1]. Smer narastania odčítania, ako aj jednotky (uhlovú mieru), možno voliť a meniť. Všeobecne používame narastanie odčítania v smere chodu hodinových ručičiek. Tento typ prístrojov nemá svorky. Hrubý pohyb – cielenie riešime otáčaním pomocou zvislých častí – nosníkov (frikčné kotúče) a jemný pohyb nekonečnou horizontálnou elektronickou pohybovkou. V spodnej časti je uložený displej s klávesnicou a kruhová libela, ktorá slúži na hrubú horizontáciu prístroja a laserová olovnica,



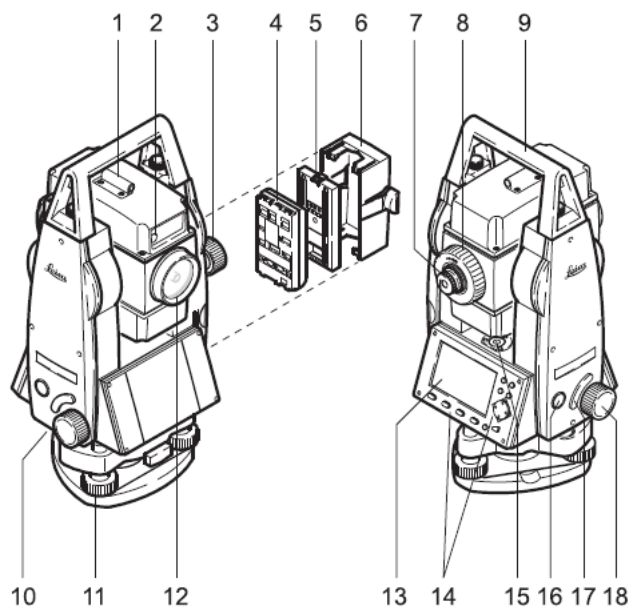
Obr. 2 Vodorovný kruh s kódovou stupnicou

- hornej časti – alidády, ktorú tvoria nosníky ďalekohľadu, ďalekohľad a výškový kruh. V nosníkoch ďalekohľadu sú ložiská horizontálnej osi ďalekohľadu, okolo ktorej možno ďalekohľad otáčať. Na zvislom nosníku je umiestnený výškový kruh na meranie zenitových (výškových) uhlov a nekonečná vertikálna pohybovka. Alidádová libela je nahradená elektronickou libelou, ktorá sa aktivuje hneď po zapnutí prístroja, resp. po zvolení funkcie kontroly horizontácie prístroja. Na displeji sa zobrazí grafická schéma dvoch na seba kolmých libiel.

Základné parametre UMS Leica TCR 407 sú uvedené v Tab. 1 (Leica Geosystems, 2008). Podrobný opis jednotlivých častí je na Obr. 3.

Tabuľka 3.7. Parametre univerzálnej meracej stanice Leica TCR407

Výrobca	Leica Geosystems, AG, Heerbrugg, Švajčiarsko
Presnosť meraného smeru v dvoch polohách ďalekohľadu (v jednej skupine)	7'' = 21 ^{cc}
Presnosť meranej dĺžky na odrazový hranol	2 + 2 ppm
Dosah merania pri meraní na odrazový hranol	3500 m
Presnosť meranej dĺžky pri bez hranolovom meraní	5 + 2 ppm
Dosah merania pri bez hranolovom meraní	400 m
Dvojosový kompenzátor	1'' = 3 ^{cc}
Zväčšenie ďalekohľadu	30x
Olovnica	Laserová
Hmotnosť	5,2 kg



- 1 Kolimátor
- 2 Vstavané vytyčovacie svetlo
- 3 Vertikálna pohybovka
- 4 Batéria
- 5 Vložka pre batériu GEB 111
- 6 Kryt batérie
- 7 Okulár, zaostrovacia skrutka
- 8 Zaostrenie ďalekohľadu
- 9 Odnímateľná rukoväť
- 10 Sériové rozhranie RS 232
- 11 Urovnávacia skrutka
- 12 Objektív s diaľkometerom
- 13 Displej
- 14 Klávesnica
- 15 Kruhová libela
- 16 Tlačidlo na vypnutie/zapnutie prístroja
- 17 Tlačidlo spúšťania merania
- 18 Horizontálna pohybovka

Obr. 3 Komponenty univerzálnej meracej stanice Leica TCR 407(Leica Geosystems, 2008)

Príprava prístroja na meranie

Po vybratí prístroja (UMS) z prepravnej debničky ho pripevníme na statív. Nasleduje príprava na meranie, čiže:

- centrácia nad daným bodom,
- horizontácia,
- príprava ďalekohľadu na meranie.

Prístroj môžeme centrovať pomocou:

- závesnej olovnice,
- optickej olovnice.

Centráciu pomocou optickej olovnice volíme vtedy, ak má prístroj danú olovnici zabudovanú pod vodorovným kruhom alebo v urovnávacej podložke.

Horizontáciu prístroja zabezpečíme:

- kruhovou libelou,
- rúrkovou (alidádovou) libelou,
- elektronickou libelou.

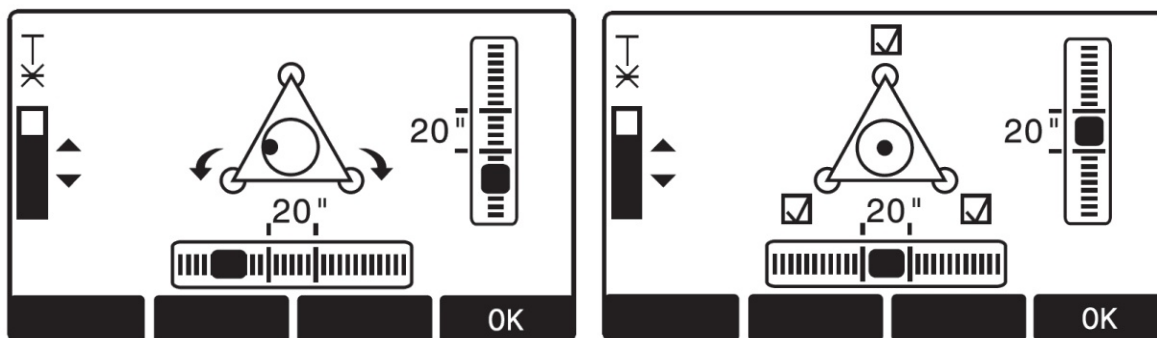
Kruhová libela má nižšiu citlivosť urovnania a preto pomocou kruhovej libely zabezpečíme len približnú horizontáciu prístroja. Presnú horizontáciu prístroja treba vykonať pomocou elektronickej libely.

S prístrojom Leica TCR 407 vykonávame **centráciu a horizontáciu súčasne**. Centráciu zabezpečíme pomocou optickej olovnice a horizontáciu pomocou elektronickej libely nasledujúcim postupom:

- prístroj pripevníme na statívovú dosku a utiahneme upevňovaciu skrutku na statíve,
- urovnávacie skrutky na podložke nastavíme do strednej polohy,
- aktivujeme elektronickú libelu a optickú olovnicu. Na klávesnici prístroja stlačíme kláves *FNC* a potom zvolíme funkciu *Libela/Olovnica*. Na displeji sa zobrazí grafická schéma optickej olovnice a elektronickej dvojsovej (krížovej) libely (Obr. 4 vľavo);
- nastavíme nohy statívu tak, aby laserová stopa smerovala na bod (stabilizovanú značku), pričom dbáme na to, aby hlava statívu bola vodorovne,
- pevne zatlačíme nohy statívu,
- otáčame urovnávacími skrutkami na podložke tak, aby laserová stopa smerovala na bod na zemi,
- zmeníme dĺžku nôh statívu tak, aby bola kruhová libela urovnaná – prístroj je centrovaný a horizontovaný podľa kruhovej libely,
- otočíme alidádu tak, aby displej prístroja bol rovnobežne so spojnicou dvoch urovnávacích skrutiek,
- pomocou elektronickej libely vykonáme presnú horizontáciu prístroja súčasne v dvoch na seba kolmých smeroch (Obr. 4 vpravo). Pri horizontácii nemusíme otáčať alidádu prístroja, ako v prípade teodolitu.
- skontrolujeme centráciu podľa optickej olovnice. Ak je laserová stopa mimo značky centra bodu, povolíme upevňovaciu skrutku na statíve a prístroj s podložkou posunieme

po hlave statívu. Pri posune dbáme na to, aby sme prístroj posúvali len v dvoch na seba kolmých smeroch;

- skontrolujeme horizontáciu a v prípade potreby úkon presnej horizontácie a centrácie zopakujeme.



Obr. 4 Grafická schéma elektronickej libely na displeji prístroja Leica TCR 407 pred horizontáciou (vľavo) a po horizontácii (vpravo)(prevzaté z Leica Geosystems, 2008)

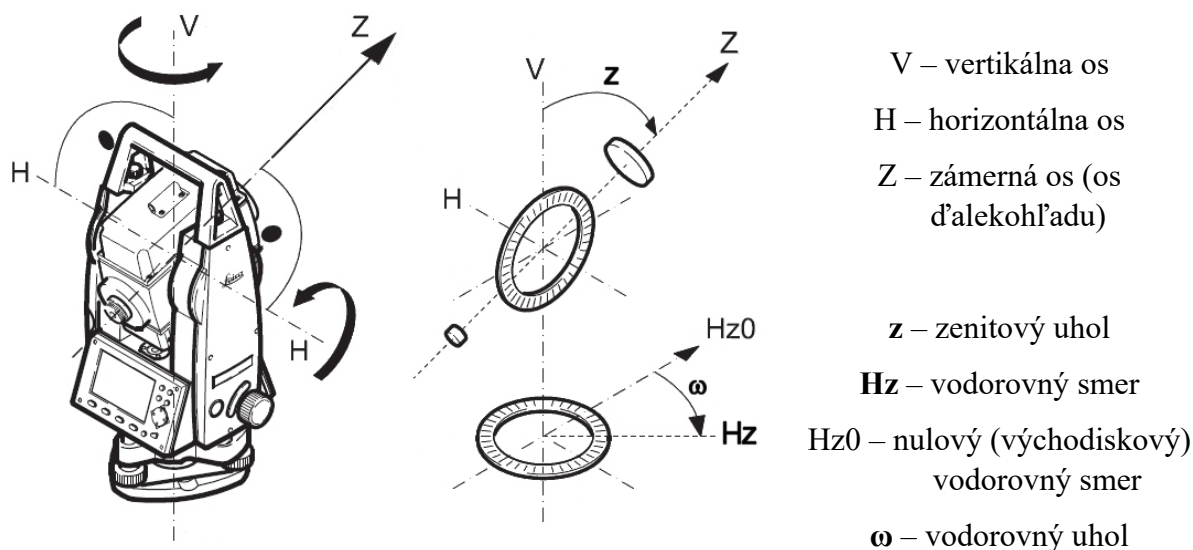
Príprava ďalekohľadu na meranie pozostáva zo zaostrenia zámerného kríža a zaostrenia obrazu na cieľ (Obr. 3.10).

Princíp čítania a nastavenie nulového čítania

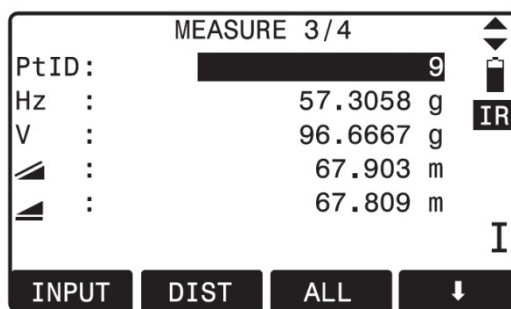
UMS Leica TCR 407 využíva na meranie vodorovných smerov, resp. vodorovných smerov a zenitových uhlov dvojicu kódových kruhov s fotoelektronickým snímačom svetelných impulzov (Obr. 3.9, 3.12). Výškový kruh, na meranie zenitových uhlov, je pevne spojený s horizontálnou osou H (Obr. 3.10, 3.12).

Merané hodnoty vodorovného smeru (Hz) a zenitového uhla (V) sa priamo zobrazujú na displeji prístroja (Obr. 5). Zenitový uhol je na displeji prístroja Leica TCR 407 označený písmenom V, ktoré je odvodené z anglického výrazu Vertical. V nastaveniach prístroja môžeme zvoliť:

- smer merania vodorovných smerov (v smere alebo proti smeru hodinových ručičiek),
- zobrazenie zenitového alebo výškového uhla,
- jednotky (stupňová alebo grádová miera),
- počet desatinných miest.



Obr. 5 Spôsob merania vodorovných a zenitových uhlov prístrojom Leica TRC 407



Obr. 6 Zobrazenie meraných hodnôt na displeji prístroja

Nastavenie nulového (východiskového) čítania realizujeme len elektronicky, pretože nie je možné mechanicky pootočiť vodorovný kruh. Pri nastavovaní postupujeme tak, že v prvej polohe ďalekohľadu zacieme na prvý (orientačný) bod a odčítanej hodnote vodorovného smeru (napr. 57,3058^g) priradíme cez klávesnicu nulovú (0,0000^g), resp. požadovanú hodnotu vodorovného smeru (napr. 0,0500^g). Na displeji prístroja sa zobrazí nami nastavená hodnota. Všetky ďalšie hodnoty meraných vodorovných smerov budú redukované o tento rozdiel.

Meranie vodorovného uhla vo viacerých skupinách realizujeme bez nastavovania nulového čítania v ďalších skupinách a vykonáme meranie s rovnakým nastavením nulového čítania ako v prvej skupine.

Postup merania dĺžok a určovania súradníc bodov s UMS Leica TCR 407. Meranie s UMS je efektívnejšie, pretože priamo meriame šikmú dĺžku, merané údaje sú zobrazované na displeji a potom registrované do internej pamäte prístroja. Na začiatku merania vytvoríme v UMS súbor (zákazku), do ktorého budú registrované všetky údaje. Centrujeme a horizontujeme prístroj nad bodom PPBP (stanovisko prístroja). Pomocou meracieho pásma

odmeriame výšku prístroja h_p a na výtyčke s odrazovým hranolom nastavíme výšku cieľa h_c . V základnom menu prístroja zvolíme program *Meranie* a zadáme údaje o stanovisku a orientačnom bode a vložíme údaje o teplote, tlaku vzduchu (vlhkosti), pre potreby redukcie meranej dĺžky z fyzikálnych (atmosférických) podmienok.

Postup definovania stanoviska a nastavenie orientácie prístroja závisí od toho, či v čase merania poznáme alebo nepoznáme súradnice stanoviska a orientačného bodu. Súradnice bodov (x, y) môžeme určiť napr. technológiou Globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) s pripojením do siete Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS). Výšky bodov (H) určíme geometrickou niveláciou alebo trigonometricky vzhľadom na najbližší výškový bod štátnej nivelačnej siete (ŠNS).

a) Ak súradnice bodov nepoznáme:

v programe *Meranie* zvolíme položku *Nastavenie stanoviska* a zadáme len číslo stanoviska a výšku prístroja h_p . V položke *Orientácia* zadáme číslo bodu. V prvej polohe ďalekohľadu cieľime na orientačný bod signalizovaný výtyčkou s odrazovým hranolom, nastavíme nulové čítanie (napr. 0,0500^g) a údaje zaregistrujeme;

b) ak súradnice bodov poznáme:

zvolíme v základom menu prístroja program *Data* a zadáme do pamäte prístroja číslo a priestorové súradnice stanoviska a orientačného bodu. V programe *Meranie* zvolíme položku *Nastavenie stanoviska* a vyberieme zo zoznamu súradníc číslo bodu stanoviska. Zadáme výšku prístroja h_p . Ďalej v položke *Orientácia* vyberieme zo zoznamu súradníc číslo orientačného bodu a zadáme výšku cieľa h_c (výška odrazového hranola na výtyčke). Zo súradníc bodov program vypočíta smerník strany α a zobrazí ho na displeji prístroja. V prvej polohe ďalekohľadu cieľime na orientačný bod signalizovaný výtyčkou s odrazovým hranolom a registrujeme hodnotu vodorovného smeru. Program nastaví do orientačného bodu počiatočné (nulové) čítanie, ktorého hodnota sa rovná hodnote smerníka.

Po nastavení stanoviska a orientácie meriame podrobné body. Zadáme do prístroja číslo podrobného bodu a výšku cieľa. Meračský pomocník (figurant) postupne stavia výtyčku s odrazovým hranolom vo zvislej polohe na lomové body segmentu. Zámerným krížom cieľime na stred odrazového hranola a stlačením klávesy *DIST* na klávesnici prístroja odmeriame dĺžku. Na displeji prístroja sa zobrazí hodnota vodorovného smeru, zenitového uhla (merané sú kontinuálne), šikmej, resp. vodorovnej dĺžky a prevýšenia. Merané údaje

zaregistrujeme. Po odmeraní posledného podrobného bodu z daného stanoviska kontrolujeme orientáciu prístroja meraním na orientačný bod.

Merané údaje registrujeme do vytvoreného súboru v internej pamäti prístroja. Po skončení merania súbor prekopírujeme do počítača ako zápisník, resp. zoznam súradníc v ASCII formáte (txt súbor). Registračný súbor bude obsahovať (Obr. 7):

a) ak nepoznáme súradnice bodov

- číslo stanoviska (*STN_ID*) a výška prístroja h_p (*INST_HT*)
- číslo orientačného a meraného podrobného bodu (*TgtID*), vodorovný smer v grádoch (*Hz*), zenitový uhol v grádoch (*Vz*), šikmá dĺžka v metroch (*SDist*), výška cieľa h_c v metroch (*RefHt*), dátum a čas merania (*Date*).

```
SETUP
STN_NO 1300002
STN_ID "3015"
INST_HT 1.701000;
END SETUP
SLOPE(TgtID, Hz, Vz, SDist, RefHt, Date)
3016, 0.05218985, 101.131442, 58.386071, 1.500000, 08-05-2012/07:09:28.0;
1, 308.097278, 100.775142, 17.165172, 1.500000, 08-05-2012/07:10:49.0;
2, 319.697957, 100.616778, 19.511770, 1.500000, 08-05-2012/07:11:01.0;
```

Obr. 7 Zápisník meraných údajov

b) ak poznáme súradnice bodov (obr. 8)

- číslo bodu (*PointID*), súradnice x , y , H (*East*, *North*, *Elevation*), dátum a čas merania (*Date*), spôsob definovania bodu (*CLASS*). Označenie *FIX* znamená, že súradnice boli priamo zadané do prístroja a *MEAS* sú súradnice vypočítané z meraných údajov.

```
POINTS(PointID, East, North, Elevation, Date, CLASS)
3015, 1279937.580000, 573368.468000, 155.730000, 08-05-2012/07:01:34.0, FIX;
3016, 1279942.016000, 573310.251000, 154.543000, 08-05-2012/07:02:26.0, FIX;
1, 1279920.766667, 573365.017021, 156.136010, 08-05-2012/07:10:49.0, MEAS;
2, 1279919.495689, 573361.146017, 156.148198, 08-05-2012/07:11:01.0, MEAS;
```

Obr. 8 Zoznam súradníc bodov

LEICA TC 800 - Electronic total station (Obr. 9)

Technické údaje:

- presnosť meranej dĺžky:
 $m_D = 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$,
- presnosť meraného uhla (podľa DIN 18723):
 $m_\alpha = 1.0 \text{ mgon}$, ($3''$),
- dosah diaľkomera:
1 zrkadlo 1200 - 3500 m,
3 zrkadlá 1500 - 5000 m,
(podľa atmosf. podmienok),
- čas merania: asi 2 sek.,
- hmotnosť: 4,2 kg,
- batéria: GEB77 (asi 600 údajov – meranie uhlov i dĺžok),
- ďalekohľad: zväčšenie 30-násobné,
- najkratšia vzdialenosť: 1,7 m,
- citlivosť libely: elektronická $5''$, kruhová $4'/2 \text{ mm}$,
- zaznamenávanie údajov: vnútorná pamäťová karta, (asi 2000 štandardných meraní).



Obr. 9 Prístroj Leica TC 800

Všeobecné poznámky na obsluhu:

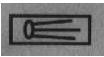
- pri práci chrániť prístroj pred prudkými nárazmi, pri presune používať vždy originálne Leica balenie (prepravnú skrinku),
- pri transporte prístroja v terénnych podmienkach prenášať prístroj v originálnom balení (ak musí byť pripevnený na statíve **nikdy ho nenosiť vodorovne cez rameno – pri prenášaní držať prístroj vždy zvislo!**),
- nevystavať prístroj dlhodobo slnečnému žiareniu – používať slnečník,
- pri čistení a sušení používať iba čistú a hladkú látku, v prípade potreby použiť na navlhčenie látky čistý alkohol, nedotýkať sa skla prstami,
- pri skladovaní prístroja **dodržiavať teplotné limity (-40 °C až +70 °C)**,
- káble a koncovky udržiavať suché a čisté, pred odpojovaním spájacieho kábla vždy vypnúť prístroj,
- ak je prístroj vlhký, nechať ho rozbalený, **sušiť pri teplote do +40 °C**,

- nabíjanie batérií robíť iba v suchej miestnosti, nikdy nie vonku, batérie dobíjať pri teplote okolia 10 °C až 30 °C, na uskladňovanie batérií je najvhodnejšia teplota 0°C až +20 °C),
- nabíjacia procedúra trvá 16 hodín a červená kontrolka signalizuje nabitú batériu.

Popis funkcie klávesníc:

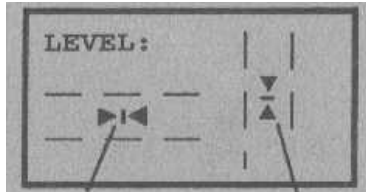
Ako zobrazovacie zariadenie sa používa LCD displej v I. i II. polohe, ktorý má 4 riadky po 16 znakov. Klávesnica má 7 funkčných tlačidiel v I. i II. polohe. TC 800 má dvojúrovňové ovládanie. Klávesy (tlačidlá) sú farebne rozlíšené pre každú úroveň:

- biele klávesy – aktívne počas merania,
- oranžové – aktivizujú sa pri zadávaní meracích parametrov a parametrov prístroja.

ON/OF	zapnutie / vypnutie	MENU	vyvolanie ponukového stromu
ALL	začiatok merania uhlov a dĺžok vrátane editovania údajov	CODE	vyvolanie kódového listu
DIST	meranie dĺžok	CONT	potvrdenie vloženia, uzavretie vstupných polí s akceptáciou vložených hodnôt, ukončenie podprogramov a funkcií
REG	registrácia		vypnutie/zapnutie osvetlenia displeja
CE	vymazanie chybných správ, ukončenie podprogramov a funkcií		

Základná ponuka MENU:

- **LEVEL** – elektronická libela,
- **SET** – nastavenia; tu sú zahrnuté špecifické údaje pre konkrétne meranie (čísla bodov, výber položiek displeja, uhlové a dĺžkové jednotky, atmosférické a prístrojové korekcie),
- **PROG** – užívateľské programy,
- **UTILITIES** – spracovanie údajov, namerané údaje možno vkladať, vymazávať, zobrazovať, prenášať alebo prijímať,
- **TEST** – testovanie rôznych funkcií prístroja (batéria, signál, displej),
- **CALIB** – určenie prístrojových chýb (indexová chyba, kolimačná chyba),
- **CONF** – konfigurácia, optimálne nastavenie prístroja pre jednotlivé druhy prác.

LEVEL	elektronická libela je správne urovnaná vtedy, ak sú viditeľné trojuholníky, alebo značky medzi trojuholníkmi	
SET*	nastavenia	číslo bodu je ukladané s meranými údajmi a automaticky zväčšované o +1,

SET PtNr/hr	zadávanie čísla bodu a výšky cieľa, výška cieľa sa udáva na 3 des. miesta		ukladá sa s každým registrovaným meraním	
SET HZ=0 CONT -cieľ CONT	nastavenie HZ na 0,0000		nastavenie HZ na určitú hodnotu – otáčaním pokiaľ nie je nastavená požadovaná hodnota	
SET* SET DSP	nastavenie masky zobrazenia	Maska zobrazenia 1: - číslo bodu, - horizontálny uhol, - vertikálny uhol, - šikmá dĺžka	Maska zobrazenia 2: - číslo bodu, - súradnica Y, - súradnica X, - výška	Maska zobrazenia 3: - horizontálny uhol, - vertikálny uhol, - horizontálna dĺžka, - prevýšenie
SET* SET ppm/ mm	atmosférická korekcia - ppm konštanta zrkadla - mm	- hodnoty ppm pre teplotu a atmosférický tlak sa získajú z priloženého diagramu, - konštanta zrkadla mm pre hranoly Leica je 0, pre iné zrkadlá musí byť určená (vkladá sa v mm)		

UTILITIE S	spracovanie údajov - doplňujúce funkcie na vkladanie, kontrolu a výmenu údajov s počítačom		IMPUP - vkladanie súradníc a kódov, DELETE - vymazávanie súradníc, blokov, FIND- vyhľadávanie bodov, záznamov, VIEW- zobrazovanie uložených údajov, FILES- prenos údajov z/do PC	
PROG	užívateľské programy	STATION COORD - súradnice stanoviska, ORIENTATION - orientácia horizontálneho kruhu, FRE STATION- voľné stanovisko, SETOUT- vytyčovanie, TIE DISTANCE- omerné miery, CALC AREA- výpočet plôch TARGET COORD - súradnice a výška cieľa RAPID MEAS - rýchle meranie a registrácia		

TEST	zobrazenie stavu batérie a teploty prístroja, test EDM signálu test displeja	9 = max. nabitá batéria, 1 = nedostatočne nabitá batéria, odrazený signál v %,
-------------	--	--

		zobrazujú sa štvorcové vzory
--	--	------------------------------

CALIB	kontrola a určenie indexovej a kolimačnej chyby	kontrola pred presným meraním, po dlhom transporte, pri väčších teplotných zmenách a pod.
--------------	---	---

CONF	optimálne nastavenia pre jednotlivé druhy prác	parameter – V=zenit. uhol, $\pm V$ =výšk. uhol, V%, interface – prenos údajov na záznamník Leica, units – jednotky pre dĺžky, uhly i presnosť zobrazenia na displeji
-------------	--	--

Meranie

Pred zapnutím prístroja (ON/OFF) je vhodné zhorizontovať prístroj pomocou kruhovej libely. Po zapnutí prístroja dokončiť horizontáciu pomocou elektronickej libely (MENU/LEVEL). Po presnej horizontácii prejsť cez CONT do módu merania podľa nastavenej masky (SET/DSP). Horizontálne i vertikálne uhly sú merané automaticky – kontinuálne podľa nastaveného kroku.

Meranie smerov

Ďalšie nastavenie sa vykoná podľa ponuky MENU a funkcií jednotlivých klávesníc.

- nastavenie nulového čítania do vybraného smeru – MENU/SET/CONT/HZ=0 /CONT – cielenie /CONT,
- meranie vodorovných smerov v radoch (skupinách).

Meranie dĺžok

Pred meraním dĺžok je potrebné vložiť do prístroja nasledujúce údaje:

- atmosférické korekcie, ktoré určíme pomocou grafu ako funkciu teploty a tlaku vzduchu (SET/SET/ppm/mm),
- hodnotu adičnej konštanty (mm) pre hranoly Leica je 0, pri použití iných hranolov je potrebné nastaviť správnu hodnotu adičnej konštanty.

Postup merania:

1. Zacieliť na stred zrkadla.
2. Spustiť meranie dĺžky (DIST), podľa nastavenej masky sa zobrazia merané hodnoty, napr. maska 3 – HZ,V, vodorovná dĺžka, prevýšenie.

TOPCON GTS – 6B (Obr. 10)

Technické údaje:

- presnosť meranej dĺžky:
 $m_D = 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$,
- presnosť meraného uhla (podľa DIN 18723):
 $m_r = 15 \text{ mgon}$ (GTS6 – 6 mgon),
- dosah diaľkomera:
1 zrkadlo 1600 - 1800 m,
3 zrkadlá 2200 – 2500 m,
9 zrkadiel 2800 – 3400 m,
(podľa atmosf. podmienok),
- hmotnosť: 6,9 kg,
- batéria: držadlová BTOQ (asi 6 hod. prevádzky),
- ďalekohľad: zväčšenie 30-násobné,
- citlivosť libely: alidádová 30'', kruhová 10',
- pamäťová karta: 64 Kbyť, (asi 1000 bodov).



Obr. 10 Prístroj TOPCON GTS 6B

Všeobecné poznámky na obsluhu:

- pri práci chráňte prístroj pred prudkými nárazmi,
- pri prenášaní vždy zložte prístroj zo statívu (ak musí byť pripevnený na statíve **nikdy ho neneste vodorovne cez rameno – pri prenášaní držte prístroj vždy zvislo!**),
- nevystavujte prístroj dlhodobo slnečnému žiareniu – používajte slnečník,
- akékoľvek náhle zmeny teploty v okolí prístroja i zrkadiel majú za následok zníženie dosahu prístroja (napr. i vybratie prístroja z rozohriateho automobilu),
- pred použitím prístroja skontrolujte napätie batérie,
- prístroj má vnútornú batériu na zálohovanie pamäte, ak je napätie tejto batérie nízke zobrazí sa „E“, ak je napätie veľmi nízke a nezalohuje pamäť zobrazí sa „E98“, kontaktujte dodávateľa a žiadajte výmenu batérie.

Popis funkcie klávesníc:

Ako zobrazovacie zariadenie sa používa LCD displej, ktorý má 4 riadky po 16 znakov. Osvetlenie displeja umožňuje čítanie i za šera. Tri horné riadky zobrazujú merané údaje a na spodnom riadku sú klávesnicové, ktoré sa menia s meračským módom.

	<p>MENU: mód Menu v spojení s pamäť. kartou,</p> <p> : osvetlenie displeja a zámer. križa,</p> <p>ESC: návrat z módu nastavenia do módu merania,</p> <p>V / H: mód merania uhlov,</p> <p>Δ : mód merania dĺžok,</p> <p>NEZ : mód merania súradníc,</p> <p>ENT : vkladacia klávesnica,</p> <p>0 –9, . - : číselné klávesnice,</p> <p>F1 – F4 : zobrazené funkcie (obsluhujú 4. riadok displeja).</p>
<p>REC: prenos a ukladanie údajov na pamäťovú kartu,</p> <p>BAT: kontrola napätia batérie (max. 3 dieliky),</p>	

Popis zobrazovaných symbolov:

<p>V : vertikálny uhol</p> <p>V% : sklon v %</p> <p>HR : pravosmerný horizontálny uhol</p> <p>HL : ľavosmerný horizontálny uhol</p> <p>SH : vodorovná dĺžka</p> <p>VD : prevýšenie</p> <p>SD : šikmá dĺžka</p>	<p>N : severná súradnica</p> <p>E : východná súradnica</p> <p>Z : súradnica Z</p> <p>* : prebieha meranie dĺžky</p> <p>m, f : jednotky dĺžky</p> <p>G : jednotka merania uhlov</p>
--	--

Popis zobrazených klávesníc F1 – F4:

1. Tieto klávesnice riadia činnosť prístroja podľa údajov zobrazených vo 4. riadku displeja a ich funkcia sa mení zmenou módu merania.

Mód merania uhlov – strana 1:

F1 0SET - nastavenie nulového vodorovného smeru,

F2 HLD - uloženie vodorovného uhla (hodnota podľa displeja),

F3 HSET - nastavenie vodorovného uhla vložení hodnoty klávesnicou,

F4 1↓ - zmena funkcie (ďalšia stránka).

Mód merania uhlov – strana 2:

F1 TILT - oprava náklonu vertikálnej osi prístroja (ON/OFF – ZAP/VYP),

F2 R/L - zmena orientácie merania vodorovných smerov (ľavosmerné/pravosmerné – left/right),

F3 V % - zmena vertikálneho uhla na sklon v %,

F4 2↓ - zmena funkcie (ďalšia alebo predchádzajúca stránka).

Mód merania uhlov – strana 3:

F1 REP - meranie vodorovných uhlov násobením,

F4 3↓ - zmena funkcie (ďalšia alebo predchádzajúca stránka).

Mód merania dĺžok– strana 1:

F1 MEAS - 1 x stlačiť n-násobné (jednoduché), 2 x stlačiť- mód nepretržitého merania dĺžky,

F2 TRK - Tracking mód, F2 CRC – mód hrubého merania dĺžok (cm),

F3 S/A - SET/AUDIO mód (nastavenie hodnoty adičnej konštanty - PSM, kontrola signálu - SIG a nastavenie atmosférickej korekcie - PPM,

F4 1↓ - zmena funkcie (ďalšia alebo predchádzajúca stránka).

Mód merania dĺžok– strana 2:

F1 m/f - voľba dĺžkových jednotiek (meter/feet),

F2 S0 - nastavenie vytyčovanej dĺžky,

F4 2↓ - zmena funkcie (ďalšia alebo predchádzajúca stránka).

Meranie

Po zapnutí sa po úvodnom zobrazení typu prístroja objaví príkaz nastavenia 0 vertikálneho uhla (indexácia vertikálneho kruhu). **Otočením ďalekohľadu okolo horizontálnej osi sa vykoná indexácia – nastavenie 0 vertikálneho kruhu** (pre nastavenie nulového smeru na vertikálnom kruhu je na obvode porovnávací bod

0 – index, ak otáčame ďalekohľadom a senzor prejde porovnávací bod 0 začne sa meranie uhlov). Prístroj sa automaticky nastaví do módu merania uhlov.

Meranie smerov

Ďalšie nastavenie sa vykoná podľa ponuky a funkcie jednotlivých klávesníc.

- nastavenie orientácie vodorovného kruhu (pravosmerné alebo ľavosmerné meranie) - mód merania smerov – strana 2,
- nastavenie nulového odčítania do vybraného smeru - mód merania smerov, strana 1,
- meranie vodorovných smerov podľa zvolenej metódy (v skupinách, repetíciou).

Meranie dĺžok

Pred meraním dĺžok je potrebné vložiť do prístroja nasledujúce údaje:

- atmosférické korekcie, ktoré určíme pomocou grafu ako funkciu teploty a tlaku vzduchu (PPM), alebo vložíme teplotu a tlak priamo (T-P) - mód merania dĺžok – strana 1,
- hodnota adičnej konštanty (PSM) pre hranoly TOPCON je 0 (Obr. 11), pri použití iných hranolov je potrebné nastaviť správnu hodnotu adičnej konštanty.



Obr. 11 Odrazový hranol pre prístroj TOPCON GTS 6B

Postup merania:

1. Zacieliť na stred zrkadla (cieľovej značky).
2. Nastaviť prístroj do módu kontinuálneho merania.
3. Ak diaľkomer meria, objaví sa na displeji *.
4. Každé 4 sek. sú zobrazované výsledky merania.
5. V prípade nastavenia n-krát opakovaného merania sa zobrazí výsledok po n meraniach.
6. Nové meranie dĺžky sa spustí tlačidlom F1 (MEAS).
7. Tlačidlom Δ sa mení údaj na displeji (šikmá dĺžka, prevýšenie).
8. Tlačidlom V / H je možný návrat do módu merania uhlov.

Vytyčovanie

Pri vytyčovaní (mód merania dĺžok – strana 2 → F2 S0 - nastavenie vytyčovanej dĺžky) je zobrazovaný rozdiel medzi meranou a vopred zadanou dĺžkou pomocou klávesnice.

Meraná dĺžka – vopred zadaná = zobrazená hodnota na displeji.

Vytyčovacia funkcia môže byť aktivovaná pre vodorovnú dĺžku (HD), šikmú dĺžku (SD) i prevýšenie (VD). Nastavením vytyčovanej dĺžky 0 alebo vypnutím prístroja je možný návrat do normálneho módu merania dĺžok.

Tracking mód je meranie vhodné pri vytyčovacích prácach alebo pri sledovaní pohyblivého cieľa. Výsledky opakovaného merania sú zobrazované po 0,6 sek. na dve desatinné miesta (cm).

TOPCON GPT 3005

Univerzálna meracia stanica (elektronický tachymeter) (Obr. 12)

- impulzný diaľkometer, s meraním bez odrazového hranola až do 1200m,
- **meranie uhlov:** štandardná odchýlka 1,5 mgon ($15''$),
- rozlišovacia schopnosť displeja: $2''$,
- automatický dvojosový kompenzátor ($5,5''$),
- meranie dĺžok: $\pm(3\text{mm}+2\text{ppm})$,
- **dosah diaľkomera** na 1 hranol: 3000m, dosah bez hranola: 250m/1200m,
- **pamäť:** interná - 8000 bodov, príslušenstvo - odnímateľná podložka, prepravný kufor, 2 interné batérie a nabíjačka s funkciou vybíjania.



Obr. 12 Prístroj TOPCON GPT 3005

Tabuľka 3.8. Vybrané technické parametre rady TOPCON GPT-3000

	GPT-3002(L)N	GPT-3003(L)N	GPT-3005(L)N
ĎALEKOHĽAD			
Dĺžka	150 mm		
Priemer objektívu	45 mm (EDM 50 mm)		
Zväčšenie	30 ´		
Zorné pole	1° 30 ´		
Rozlíšenie	2.8"		
Min. zaostrenie	1.3 m		
MERANIE DÍŽOK			
Mód bez hranola	1,5 - (1200) 250 m cieľ: Kodak matná biela plocha		
1 hranol	3000 m		
Čas merania jemného merania	1 mm / 1.2 sec ; 0,2mm asi 3 sec		
Mód hrubého merania	1 mm / 0.5 sec		
Tracking	10 mm / 0.3 sec		
Mód bez hranolu nad 25m	± 5 mm + 2 ppm		
Mód bez hranolu do 25m	± 10 mm		
Normálny meračský mód	± (3 mm + 2 ppm x D)		
Mód jemného merania	1mm / 0.2mm		
Mód hrubého merania	10mm / 1mm		
Tracking	10mm		
Rozsah atmosférickej korekcie	-999.9ppm až +999.9ppm, krok 0.1ppm		
Rozsah konštanty hranola	-99.9mm až +99.9mm, krok 0.1mm		
MERANIE UHLOV			
Minimálne čítanie	1" / 5" (0.2mgon / 1mgon)		
Presnosť	2 " (0.6 mgon)	3 " (1.0 mgon)	5 " (1.5 mgon)
Doba merania	Menej než 0.3 sec		
Priemer kruhu	71 mm		
Typ kompenzátoru	Kvapalinový, dvojosový		
Rozsah kompenzácie	± 3'		

Kruhová libela - citlivosť	10"/2mm
Alidádová libela - citlivosť	30"/2mm 40"/2mm
DISPLEJ /KLÁVESNICA	Obojstranný – LCD, bodové matica, 20 znakov x 4 riadky, s podsvietením a nastavením kontrastu /Obojstranná 10kláves
Pamäť – dáta	24 000 bodov
PORT	Sériový I/F: RS-232C pre P/C
OPTICKÁ CENTRACIA	Áno (Laserová olovnica)
Hmotnosť	5.1 kg
Prevádzková teplota	-20°C až +50°C
Rozmery	336 x 184 x 174 mm
Vytyčovací svetlá	Štandardne – laser trieda 2
Batéria	BT-52QA Výstupné napätie: 7.2 V (2.7 Ah Ni-MH)
Nabíjačka	BC-27CR (240V), Doba nabíjania: 1.8 hodiny Operační teplota: +10°C až +40°C, S vybíjacou funkciou
Externé napájanie	je možné
Uhlové meranie	45 hodín (s jednou batériou)
Dĺžkové meranie	4.2 hodiny (s jednou batériou)

Metódy využívajúce GNSS – Kinematická metóda v reálnom čase (RTK)

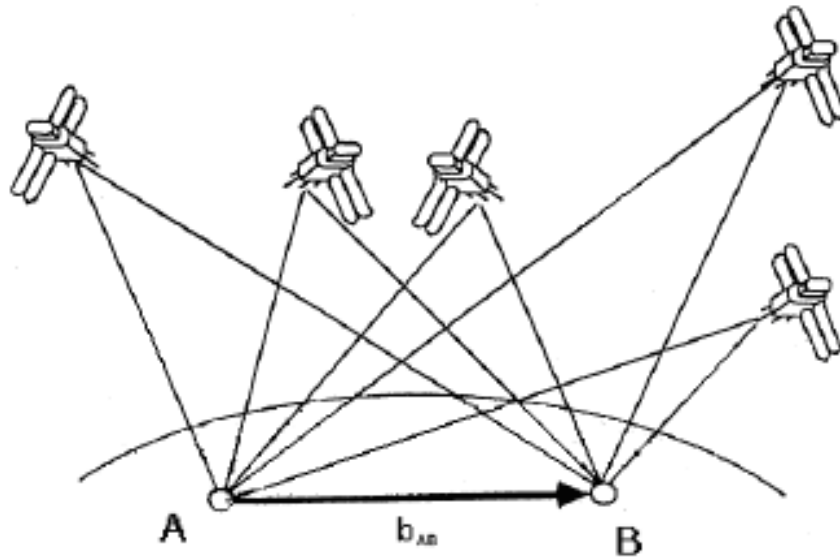
Neustále väčší význam pre podrobné meranie terénu majú merania pomocou GNSS (Globálny navigačný a satelitný systém). GNSS sú charakterizované ako družicové navigačné systémy, ktoré využívajú meranie času a pseudovzdialenosti. Tieto systémy pracujú na princípe priestorového pretínania z dĺžok. Meranou veličinou je čas šírenia signálu z družicovej antény k prijímacej anténe. Tento meraný čas je prepočítavaný pomocou rýchlosti šírenia signálu na vzdialenosť. Systém GNSS umožňuje v reálnom čase kedykoľvek a kdekoľvek určiť polohu prijímača v trojrozmerných súradniciach ako aj jeho rýchlosť v reálnom čase, avšak za určitých podmienok. Touto základnou podmienkou je, aby v každom mieste na Zemi vo výške 15° nad horizontom boli v každom okamihu pozorovateľné štyri a viacej družíc.

Tento systém možno použiť na určovanie polohy geodetických bodov v štátnych i iných sieťach i podrobných bodov pri zbere údajov pre tvorbu 3D modelov (polohopisu i výškopisu). Poloha bodov sa určuje ako relatívna pomocou fázových meraní, kde sú simultánne prijímané signály vysielané družicami, umiestnenými na obežnej dráhe Zeme, na dvoch bodoch, pričom poloha jedného bodu musí byť známa. Výsledkom merania je v priestore orientovaný vektor základnice \mathbf{b} , ktorý má určené súradnice (Obr. 13).

Keďže kinematická metóda v reálnom čase je jedna z metód určovania relatívnej polohy pomocou fázových meraní, je vhodné pripomenúť základné princípy fázových meraní. Fázou Φ rozumieme bezrozmernú veličinu definovanú ako podiel časového intervalu $(t - t_0)$, počas ktorého dochádza k vlneniu, a periódy vlny P , čiže

$$\phi = \frac{t - t_0}{P} = f(t - t_0), \quad (20)$$

kde f je frekvencia vlnenia. Celočíselná časť Φ poskytuje informáciu o tom, koľkokrát sa opakovalo vlnenie v intervale $(t - t_0)$. Zlomková časť fázy Φ sa nazýva fázový posun Θ a je údajom o zlomku periódy.



Obr. 13 Relatívne učenie polohy pomocou GNSS

Určenie polohy pomocou fázových meraní využíva na určenie vzdialenosti medzi družicou a miestom pozorovania miesto kódov fázu, resp. fázový posun Θ nosnej vlny. Získava sa porovnaním prijatej nosnej vlny z družice s referenčnou frekvenciou vytvorenou v prijímači jeho oscilátorom. Pretože sa pri určení fázy používajú nezosynchronizované časové systémy družice a prijímača, určuje sa fáza nosnej vlny, ktorá prekonala pseudovzdialenosť ρ . Principiálne pseudovzdialenosť v určitom okamihu t pozostáva z celého počtu N vlnových dĺžok a vzdialenosti, ktorá je úmerná fázovému posunu Θ .

$$\rho(t) = N\lambda + \Theta(t)\lambda, \quad (21)$$

z čoho:

$$\Theta(t) = \frac{1}{\lambda}\rho(t) - N. \quad (22)$$

Medzi skutočnou vzdialenosťou d a pseudovzdialenosťou platí [4]:

$$\rho(t) = d(t) + c(\delta - \delta^{SV}), \quad (23)$$

kde: c je rýchlosť svetla,

δ je korekcia systémového času T_{GPS} na časový systém T_P hodín prijímača v určovanom bode,

δ^{SV} je korekcia systémového času T_{GPS} na časový systém T_{SV} hodín družice.

Korekcie sú definované ako chyby hodín, preto ich musíme od meraných časov odčítať. Po dosadení (23) do (22) dostávame [1]:

$$\Theta(t) = \frac{1}{\lambda}(d(t) + c\delta - c\delta^{SV}) - N. \quad (24)$$

V aplikácii na družicu j a bod A s uvážením pre oba objekty upraveného vzťahu (22) dostávame :

$$\Theta_A^j - \frac{1}{\lambda} \left(\sqrt{(x_j - x_A)^2 + (y_j - y_A)^2 + (z_j - z_A)^2} + c\delta_A - c\delta^j \right) - N_A^j. \quad (25)$$

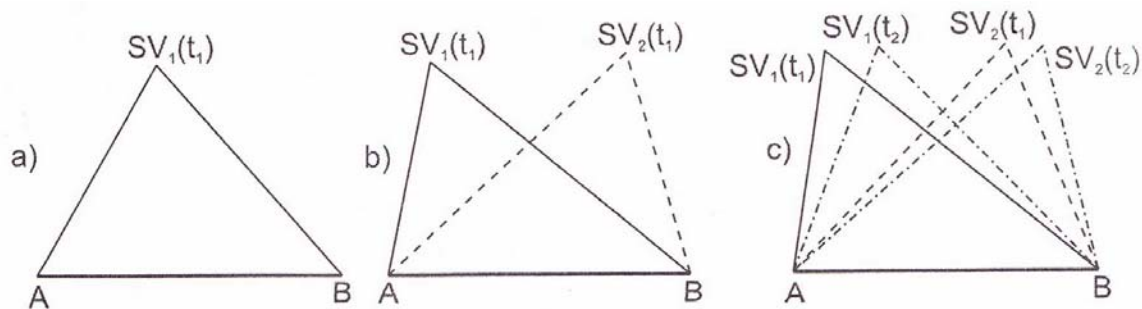
Rovnica umožňuje určiť neznáme súradnice pozorovacieho miesta a korekcie hodín. Ťažkosť pri tomto spôsobe spočíva v odstránení dvojznačnosti (ambiguity), pretože sa na meranie využíva iba jedno vlnenie. Počet N celých vlnových dĺžok sa preto musí určiť špeciálnymi metódami alebo pomocou vopred známej vzdialenosti s presnosťou polovice vlnovej dĺžky nosnej vlny. Neúčinné parametre je výhodné eliminovať, alebo aspoň zmenšiť ich vplyv na užitočné parametre. Preto sa v relatívnych metódach neuplatňujú nediferencované merania, ale tvoria sa vhodné kombinácie, tzv. diferencie. Na jednu družicu (j) z dvoch pozorovacích miest A a B s využitím vzťahu (25) dostaneme [1]:

$$\Delta_{AB}^j = \frac{1}{\lambda} \left[\left(d_A^j(t) - d_B^j(t) \right) + c(\delta_A - \delta_B) - c(\delta^j - \delta^j) \right] - (N_A^j - N_B^j). \quad (3.26)$$

Z rozdielu fáz sa eliminovala korekcia hodín časového systému družice. Toto je tzv. jednoduché meranie fázového rozdielu, ktoré sa označuje ako jednoduché diferencie (obr. 14a). Vhodnejšie sú dvojnásobné diferencie, ktoré vznikajú pri simultánnom meraní dvoch družíc v dvoch pozorovacích miestach (Obr. 14b), resp. trojnásobné diferencie, ktoré vznikajú z dvoch dvojnásobných diferencií (Obr. 14c) [1].

Kinematická metóda v reálnom čase (Real Time Kinematics – RTK) umožňuje určiť polohu priamo pri meraní v teréne. Metóda vyžaduje dva prijímače. Jeden je referenčný (base), nepohybujúci sa a druhý pohybujúci sa (rover).

Medzi prijímačmi je trvalé rádiové spojenie prostredníctvom modemov. Fázové merania sa vykonávajú simultánne oboma prijímačmi. Údaje z referenčného prijímača sa prenášajú pomocou rádiového spojenia do pohybujúceho sa prijímača, ktorý má zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní. Takto pomocou vlastných a prijatých meraní z vytvorených diferencií a s využitím vysielaných efemeríd určuje vlastnú polohu.



Obr. 14. Jednoduché, dvojnásobné a trojnásobné diferencie

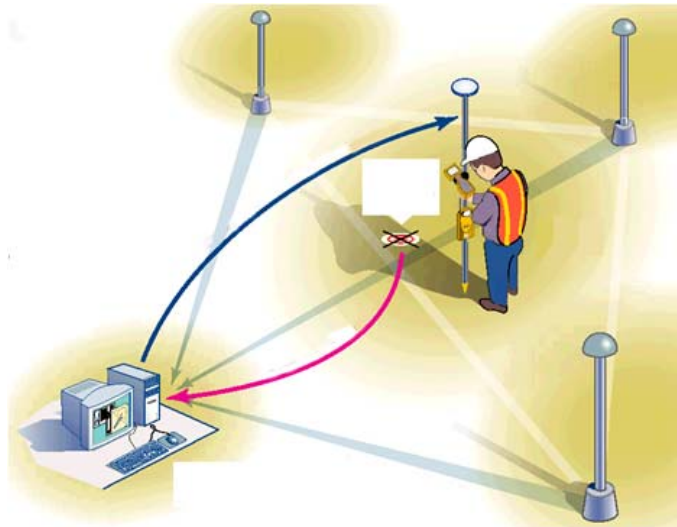
Pred meraním treba uskutočniť inicializáciu pohybujúceho prijímača, ktorá pri rýchlej statickej metóde na neznámom bode trvá niekoľko minút. Polohová presnosť závisí jednak od metódy, a tiež od vzdialenosti b medzi referenčným a pohybujúcim sa prijímačom. Udáva sa $5 \text{ až } 10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot b$. Dosah merania je $5 \text{ až } 10 \text{ km}$ od referenčnej stanice a závisí od hardvérového vybavenia na prenos údajov [1].

Metóda RTK v klasickom ponímaní, s využitím individuálnej fyzickej stanice ako referenčnej stanice, sa v súčasnosti v praxi používa zriedka. Vzdialenosť medzi referenčnou stanicou a pohybujúcim sa prijímačom (roverom) je malá, čo poskytuje malú možnosť eliminácie systematických vplyvov (vplyv troposféry a ionosféry, multipath efekt). Náhradou je metóda RTN s využitím Slovenskej priestorovej observačnej služby GNSS – SKPOS, tvorenej sieťou permanentných referenčných staníc GNSS. Riešenie siete permanentných staníc umožňuje vygenerovať pomocou GPSnetu virtuálnu referenčnú stanicu v blízkosti polohy rovera, ktorý dostáva korekčné údaje vzhľadom na virtuálnu referenčnú stanicu v reálnom čase 365 dní v roku, 24 hodín denne (Obr. 15).

Meranie metódou RTN s pripojením na sieť permanentných staníc poskytuje možnosť kontroly vnútornej integrity siete, efektívnejšiu elimináciu systematických chýb, ale hlavne vyššiu presnosť.

Technológia GNSS je oproti klasickým geodetickým metódam veľmi úsporná a efektívna, avšak prvotné náklady sú relatívne vysoké. Všetky podrobné body sú merané relatívne, vzhľadom k referenčnej stanici umiestnenej na bode so známymi

súradnicami, alebo s využitím služby permanentných staníc GNSS (SKPOS) na území SR. Meraním a spracovaním údajov (metódou real-time alebo postprocessing) pomocou príslušného softvérového programu dostávame priestorové súradnice podrobných bodov.



Obr. 15 Generovanie virtuálnej referenčnej stanice

Meranie s využitím metódy RTN



Obr. 16 Prijímač TRIMBLE GNSS R6 (hodín merania pri 6 družiciach a 15s intervale).

Prijímač TRIMBLE GNSS R6 (Obr. 16) :

72 kanálov GPS L1 C/A kód, L2C kód, plná fáza L1/L2/L5 GLONASS L1 C/A kód, L1 P kód, L2 P kód, plná fáza L1/L2.

Odolný a kompaktný prijímač - integrovaný GNSS prijímač, anténa, rádiomodem (alebo GSM/GPRS modem) a vymeniteľná Li-Ion batéria.

Hmotnosť - celý systém je umiestnený na výtyčke a kompletný RTK rover váži 3,71kg. Interná pamäť v prijímači - pre postprocessingové meranie možno dáta ukladať priamo do prijímača (302

Kontrolná jednotka - operačný systém Windows CE.NET, farebný dotykový grafický displej, aktívne dxf súbory, vodotesná, odolná pádu z 1,3 m [1].

Literatúra :

[1] SOKOL, Š. - JEŽKO, J. - BAJTALA, M. *Výučba v teréne z geodézie*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2017. 189 s. Edícia skript. ISBN 978-80-227-4708-0.