



**GEODETSKI FAKULTET**  
**ZAVOD ZA PRIMIJENJENU GEODEZIJU**  
**KATEDRA ZA INSTRUMENTALNU TEHNIKU**

Prof. dr. sc. Zlatko Lasić

**GEODETSKI INSTRUMENTI**

**V j e ž b e**

Zagreb, listopad 2007.g

## Sadržaj:

<b>1. VJEŽBA.....</b>	<b>4</b>
1.1. Instrumenti .....	4
1.1.1. Teodoliti .....	4
1.1.2. Niveliri .....	4
1.1.3. Daljinomjeri .....	5
1.1.4. Tahimetri .....	5
1.1.5. GPS uređaji .....	5
1.2. Pribor.....	6
1.2.1. Mjerne vrpce .....	6
1.2.2. Stativi .....	6
1.2.3. Trasirke .....	6
1.2.4. Držači za trasirke .....	6
1.2.5. Prizme .....	6
1.2.6. Nivelmanske letve.....	6
1.2.7. Papuče za nivelmanske letve .....	7
1.2.8. Reperi .....	7
1.2.9. Viskovi.....	7
1.3. Iskolčenje okomica pomoću pentagonalnih prizama .....	7
<b>2. VJEŽBA.....</b>	<b>10</b>
2.1. Centriranje teodolita.....	10
2.2. Horizontiranje teodolita .....	10
2.3. Terenski postupak centriranja i horizontiranja instrumenta.....	11
2.4. Rektifikacija alhidadne libele .....	11
<b>3. VJEŽBA.....</b>	<b>12</b>
3.1. Dioptriranje .....	12
3.2. Izoštavanje .....	12
3.3. Viziranje.....	12
3.4. Očitanje sa teodolitima .....	12
3.4.1. Očitanje pomoću indeksa .....	12
3.4.2. Očitanje pomoću skale .....	13
3.4.3. Očitanje pomoću jednostavnog optičkog mikrometra .....	13
3.4.4. Istodobno očitanje dijametralnih mjesta limba .....	14
<b>4. VJEŽBA.....</b>	<b>15</b>
4.1. Stabilizacija točke .....	15
4.2. Terenski postupak centriranja i horizontiranja (vidi 2.3).....	15
4.3. Postupak mjerenja horizontalnih kutova.....	15
<b>5. VJEŽBA.....</b>	<b>17</b>
5.1. Uvjeti teodolita.....	17
5.2. Ispitivanje dvostruke kolimacijske pogreške .....	17
5.3. Ispitivanje pogreške horizontalne osi.....	18
5.4. Ispitivanje optičkog viska .....	18
<b>6. VJEŽBA.....</b>	<b>19</b>
6.1. Ispitivanje i rektifikacija pogreške indeksa vertikalnog kruga kod optičkog teodolita s kompezatorom .....	19
6.2. Mjerenje horizontalnog i vertikalnog kuta.....	19
6.3. Trigonometrijsko mjerenje visina .....	20
<b>7. VJEŽBA.....</b>	<b>21</b>
7.1. Kolokvij iz teodolita .....	21

<b>8. VJEŽBA</b> .....	<b>22</b>
8.1. Niveliri s kompenzatorom.....	22
8.2. Postupak ispitivanja nivelira s kompenzatorom. ....	23
8.2.1. Rektifikacija kružne libele .....	23
8.2.2. Orijehtacija nitnog križa .....	24
8.2.3. Provjera kompenzatora .....	24
8.3. Očitavanje nivelmanske letve .....	26
<b>9. VJEŽBA</b> .....	<b>28</b>
9.1. Odredi visinsku razliku između kraka A i C.....	28
9.2. Terenski postupak ispitivanja ishodišnog položaja kompenzatora .....	28
<b>10. VJEŽBA</b> .....	<b>29</b>
10.1. Daljinomjeri s nitima .....	29
10.1.1. Reichenbachov daljinomjer .....	30
10.1.2. Daljinomjeri s promjenjivim razmakom niti – autoredukcijski tahimetri s nitima .....	31
10.2. Daljinomjeri s konstantnom bazom na cilju .....	33
<b>11. VJEŽBA</b> .....	<b>34</b>
<b>12. VJEŽBA</b> .....	<b>35</b>
12.1. Elektronički tahimetri .....	35
12.2. Tehničke karakteristike tahimetra .....	36
12.3. Neprekinuti tok geodetskog podatka .....	36
<b>13. VJEŽBA</b> .....	<b>37</b>
13.1. Terenski rad s teodolitima. Mjerenje horizontalnih i vertikalnih kutova.....	37
13.2. Terenski rad s nivelirima. ....	37
13.3. Određivanje visinske razlike, trigonometrijskim načinom i nivelmanom .....	37
<b>14. VJEŽBA</b> .....	<b>38</b>
14.1. Digitalni nivelir.....	38
14.2. Rotacijski laserski nivelir.....	38

## PRILOG

# 1. VJEŽBA

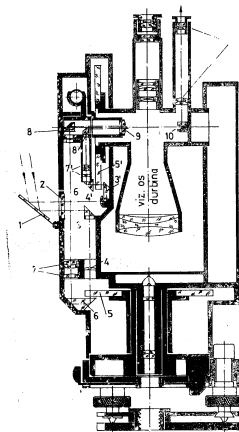
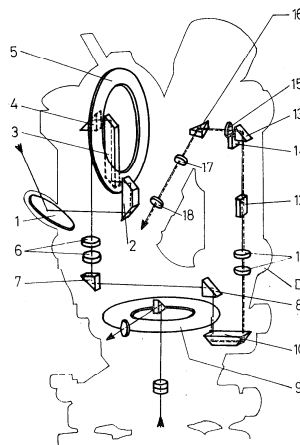
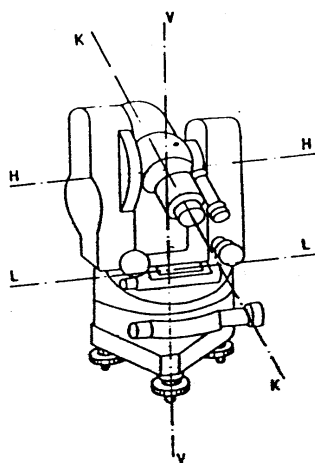
## Upoznavanje instrumenata i pribora

### 1.1. Instrumenti

#### 1.1.1. Teodoliti

Teodoliti su instrumenti za mjerenje horizontalnih i vertikalnih pravaca koji služe za određivanje kutova. Sastoje se od:

- podnožja – podnožna ploča sa tri vijka. Spaja se sa stativom pomoću centralnog vijka
- gornjeg okretnog dijela - alhidade koja se okreće oko glavne (vertikalne) osi, dalekozora, libele, vijaka za fini pomak dalekozora i alhidade, repeticije, vertikalnog kruga (limba)
- horizontalnog kruga (limba)
- dalekozora koji se okreće oko horizontalne osi zajedno sa vertikalnim krugom. Osnovni dijelovi dalekozora su objektiv, nitni križ i okular.



Osi teodolita:

- VV – glavna (vertikalna) os
- HH – horizontalna (nagibna) os
- KK – vizurna (kolimacijska) os
- LL – os alhidadne libele

#### 1.1.2. Niveliri

Niveliri su instrumenti za određivanje visinskih razlika kod kojih je vizurna os dalekozora u prostoru horizontalna.

Prema načinu horizontiranja vizurne linije nivelire dijelimo na:

- nivelire s libelom
- nivelire s kompenzatorom

Niveliri s libelom (naziva se nivelacijska libela) mogu biti:

- niveliri sa čvrstim dalekozorom i cijevnom libelom
  - o niveliri sa elevacijskim vijkom
  - o niveliri bez elevacijskog vijka
- niveliri s dalekozorom za okretanje i reverzijskom libelom

Niveliri s kompenzatorom omogućuju automatsko horizontiranje vizurne osi u radnom području kompenzatora. Danas su u upotrebi u velikoj većini.

Po točnosti nivelire dijelimo na:

- niveliri najviše točnosti  $\leq \pm 0,5$  mm/km
- niveliri visoke točnosti  $\leq \pm 1,0$  mm/km
- niveliri više točnosti  $\leq \pm 3$  mm/km
- niveliri srednje točnosti  $\leq \pm 8$  mm/km
- obični ili jednostavni niveliri  $> \pm 8$  mm/km

### 1.1.3. Daljinomjeri

Prema principu i fizikalnoj osnovi razlikujemo tri načina mjerenja:

- mehaničko
- optičko
- elektroničko

Optički daljinomjeri:

- daljinomjeri s bazom na cilju
  - o daljinomjeri s promjenljivom bazom na cilju
  - o daljinomjeri s konstantnom bazom na cilju
- daljinomjeri s bazom na stajalištu
  - o daljinomjeri s promjenljivom bazom na stajalištu
  - o daljinomjeri s konstantnom bazom na stajalištu

Elektronički daljinomjeri

Fizikalni princip zasniva se na mjerenju vremena koje je potrebno elektromagnetskom valu za prijelaz mjerne dužine u oba smjera.

Elektrooptički daljinomjeri mjere duljinu emisijom vidljive ili nevidljive infracrvene svjetlosti. Zbog toga je pri mjerenju nužno optičko dogledanje instrumenta i točke cilja. Na cilju se postavlja pasivni reflektor.

### 1.1.4. Tahimetri

Tahimetri su instrumenti za neposredno mjerenje horizontalnih i vertikalnih pravaca (kutova) te određivanje duljine. Sastavljeni od dvije osnovne jedinice: teodolita i daljinomjera.

### 1.1.5. GPS uređaji

Princip se također zasniva na mjerenju vremena koje je potrebno elektromagnetskom valu da prijeđe udaljenost od satelita do prijemnika na površini Zemlje. Poznavajući točan položaj satelita i brzinu širenja elektromagnetskog vala možemo jednoznačno odrediti koordinatu točke ako nam je čisto nebo prema barem četiri satelita.

**Metode kojima određujemo koordinate točaka možemo podijeliti na dvije osnovne**

- statika
- kinematika

Prijamnike dijelimo na:

- jednofrekventni- potrebno je duže stajati na točki. Koordinate dobijemo u naknadnoj obradi uz pomoć računala i programa
- dvofrekventni- omogućuju određivanje koordinata točaka u realnom vremenu

## 1.2. Pribor

### 1.2.1. Mjerne vrpce

Mogu biti načinjene od:

- čelika
- umjetnog materijala - fibergals (ne provodi struju)
- invara (36% nikla i 64% čelika) - precizne, zbog malog koeficijenta rastezanja

Duljina vrpce je: 10, 20, 25, 30 ili 50 m

### 1.2.2. Stativi

Stativ se koristi da se na njega postave instrumenti, antene od GPS uređaja ili prizme odnosno značke.

Po materijalu izrade dijelimo ih na:

- drveni
- aluminijski

Stativi se sastoji od glave stativa sa centralnim vijkom i tri noge. Noge stativa mogu se produljivati, a u nekim slučajevima su krute (jednodijelne).

### 1.2.3. Trasirke

Služe za određivanje (trasiranje) pravca u prostoru.

Po materijalu izrade dijelimo ih na:

- drvene
- metalne

Po konstrukciji ih dijelimo na:

- jednodijelne
- sklopive (dva ili više elementa)

### 1.2.4. Držači za trasirke

Služe da bi trasirka samostalno stajala u prostoru.

### 1.2.5. Prizme

- pentagonalna (za iskolčenje okomica)
- za reflektiranje svjetlosti (primjena kod elektrooptičkog mjerenja duljina)

### 1.2.6. Nivelmanske letve

Dijelimo po:

- materijalu
  - drvene
  - metalne (aluminijske, invarske...)
- dužini
  - 4 metarske (najčešće)
  - 5 metarske
  - 1, 2, 3 metarske (specijalne, uglavnom invarske)
- konstrukciji
  - jednodijelne
  - preklopne
  - teleskopske (na izvlačenje)

- podjeli
  - centimetarske
  - polucentimetarske

### 1.2.7. Papuče za nivelmanske letve

Papuča služi za jednoznačno i trenutno definiranje točke visine na koju se postavlja nivelmanska letva.

### 1.2.8. Reperi

Reper ili biljeg visine je stalna geodetska točka kojoj je određena nadmorska visina.

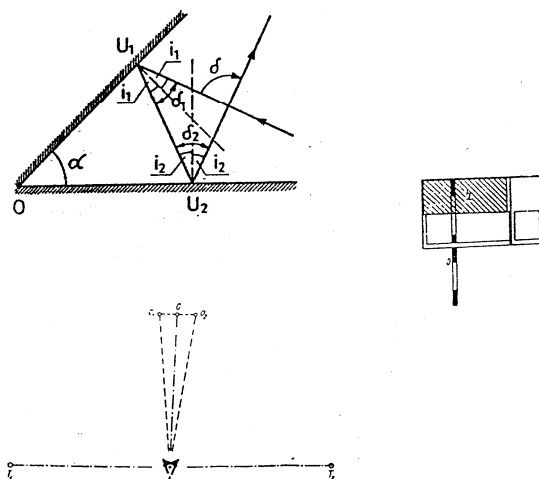
### 1.2.9. Viskovi

- obični
- kruti
- optički

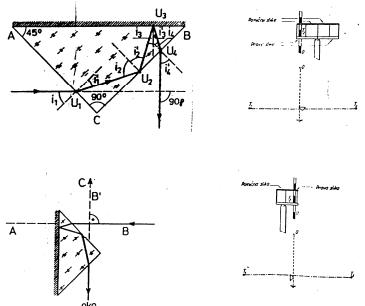
## 1.3. Iskolčenje okomica pomoću pentagonalnih prizama.

Ako želimo iskolčiti okomicu sa linije mjerenja na neku detaljnu točku služit ćemo se jednostavnim pomagalima:

- kutno ogledalo



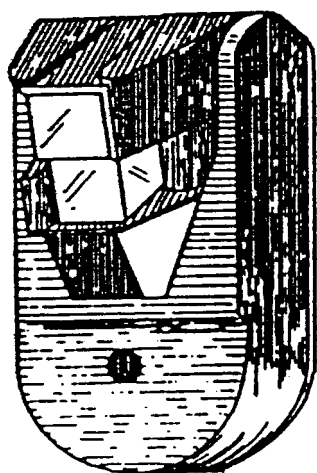
- trostrana prizma



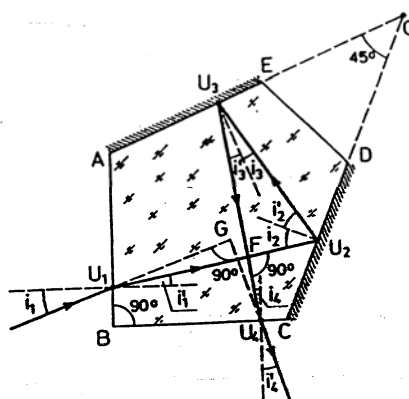
- Wollastonova prizma
- pentagonalna prizma

U praksi se najčešće koristi pentagonalna prizma. Kombinacijom dvostrukih pentagonalnih prizama može se provjeriti da li se stajališna točka nalazi na pravcu na koji se "diže" okomica.

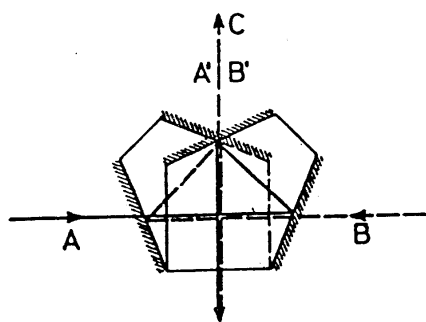
Pentagonalna prizma



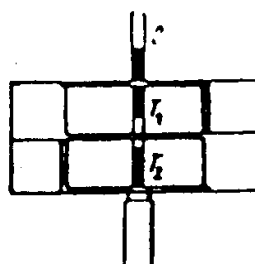
Prolaz zrake kroz pentagonalnu prizmu



Smjer promatranja



Poklapanje trasirki



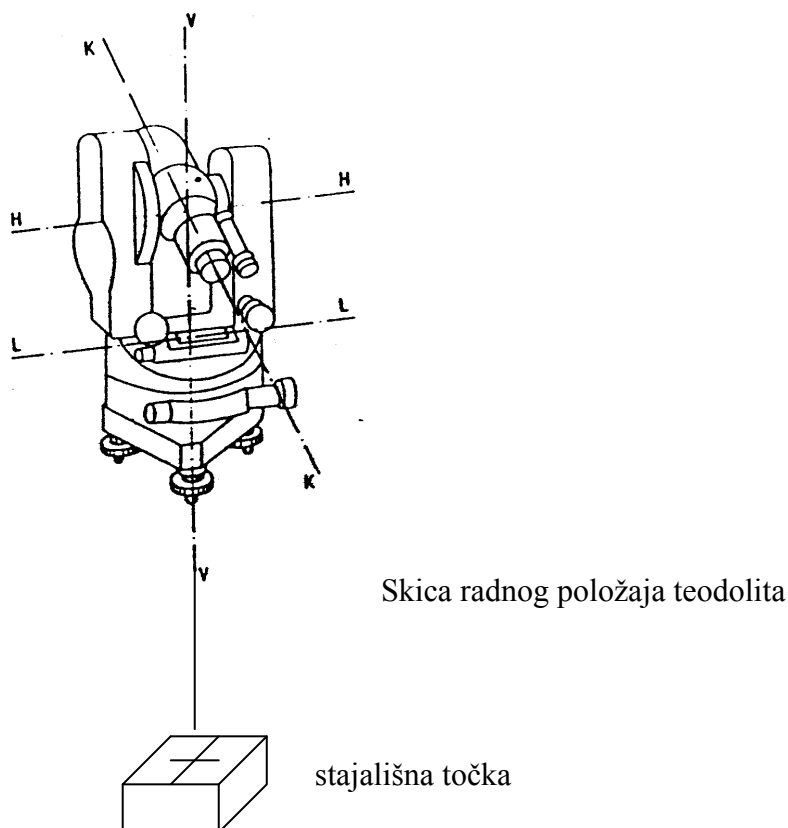


Pribor potreban za ortogonalnu metodu snimanja terena:

- dvostruka pentagonalna prizma
- 3 trasirke
- 2 držača trasirki
- vrpca od 50 m za apscisu
- vrpca od 30 m za ordinatu
- pribor za vođenje skice

## 2. VJEŽBA

*Centriranje i horizontiranje teodolita. Rektifikacija alhidadne libele.*



Prije mjerenja glavna os teodolita mora se dovesti u vertikalni položaj (u smjer sile teže), teodolit se nalazi u radnom položaju.

### 2.1. Centriranje teodolita

Centriranjem teodolita treba njegovu vertikalnu os postaviti tako da prolazi označenim centrom točke stajališta. Centriranje se izvodi pomoću običnog, krutog ili optičkog viska.

### 2.2. Horizontiranje teodolita

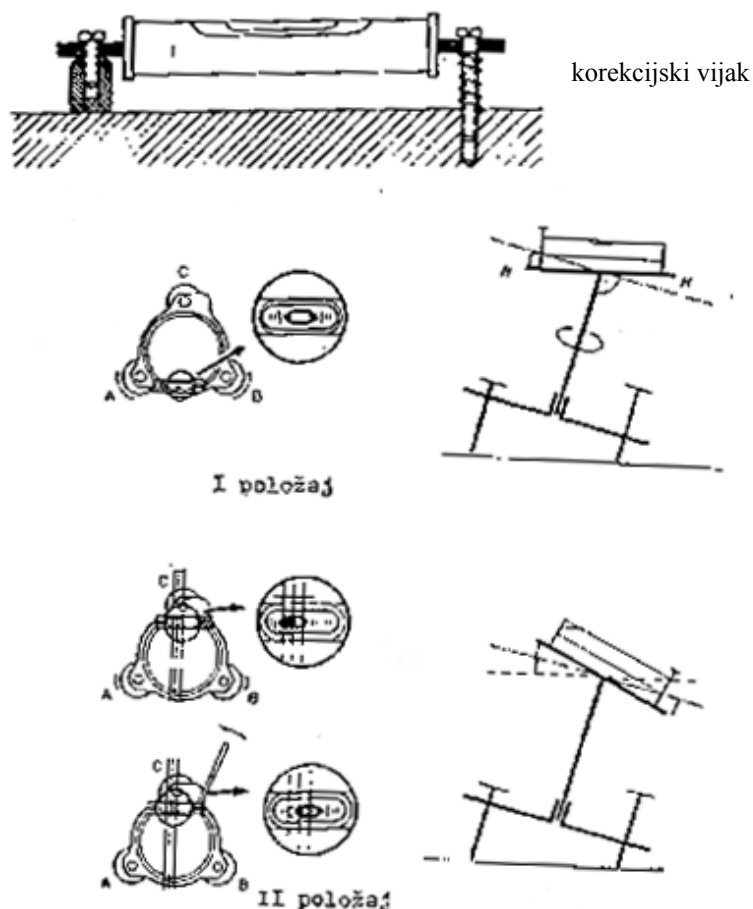
Horizontirati teodolit znači da treba glavnu (vertikalnu) os dovesti vertikalno u prostoru, u smjer sile teže. Instrument se horizontira na slijedeći način: dovedemo alhidadnu libelu u smjer dva podnožna vijka. Libelu vrhunimo zakretanjem vijaka u suprotnom smjeru. Zatim libelu postavimo u smjer trećeg podnožnog vijka zakretanjem alhidade, te je vrhunimo trećim podnožnim vijkom. Prije postupka horizontiranja treba provjeriti uvjet da je glavna tangenta alhidadne libele okomita na glavnu os teodolita. (vidi 2.4)

### 2.3. Terenski postupak centriranja i horizontiranja instrumenta

Centriranje pomoću optičkog viska se izvodi: glava stativa se postavi približno iznad stajališne točke i horizontalno u prostoru. Ako je strmi teren stavimo dva nogara dole a jedan gore. Teodolit se pričvrsti centralnim vijkom. Zabijemo stativ čvrsto u podlogu. Promatramo kroz okular optičkog viska i podnožnim vijcima dovedemo da nitni križ optičkog viska pogodi stajališnu točku. Odstupanje dozne libele popravimo dizanjem ili spuštanjem nogara stativa. Slika točke stajališta će se pritom vjerojatno malo pomaknuti. Izvršimo horizontiranje (vidi vježbu 2.2). Nakon toga se teodolit precizno centrirava pomicanjem po glavi stativa i po potrebi ponovno horizontira.

### 2.4. Rektifikacija alhidadne libele

Uz pomoć alhidadne libele dovodi se glavna os teodolita vertikalno u prostoru. Da bi se to postiglo potrebno je ispuniti uvjet - tangenta u tjemenu alhidadne libele (LL) okomita na glavnu (VV) os. Libelu zakretanjem alhidade dovedemo u smjer dva podnožna vijka. Vrhunimo je zakretanjem vijaka u suprotnom smjeru. Alhidada se zakrene za  $180^\circ$ . Ako libela vrhuni uvjet je ispunjen. Eventualni otklon mjehura libele ispravlja se - pola otklona podnožnim vijcima, pola korekcijskim vijcima na libeli. Postupak ponoviti sve dok libela ne vrhuni u oba položaja alhidade.



### 3. VJEŽBA

*Dioptriranje, izoštravanje (ponišćavanje paralakse) i viziranje sa teodolitom.  
Očitanje sa teodolitima – indeks, skala, optički mikrometar.*

#### 3.1. Dioptriranje

Nitni križ promatramo okularom kao lupom, pa ošćrina slike nitnog križa ovisi o položaju okulara. Izošćtravanje slike nitnog križa okretanjem tubusa okulara nazivamo dioptriranjem.

Naziv je dan po dioptrijskoj podjeli koja se nalazi na obodu okulara. Položaj okulara za svako oko je individualan i ovisan o refrakcijskom stanju oka, pa je potrebno da taj položaj svaki opažać odredi za svoje oko.

Postupak dioptriranja: odvinemo okular suprotno kretanju kazaljke na satu. Slika nitnog križa je neošćtra. Okular okrećemo u smjeru kazaljke na satu uz promatranje slike. Kad se postigne ošćrina slike prekinemo okretanje. Proćčitamo položaj okulara na dioptrijskoj skali i zakrenemo okular u istom smjeru za još 0.5 dpt. Time smo okular postavili približno u optimalan položaj, a naše oko doveli u stanje mirovanja akomodacije.

#### 3.2. Izošćtravanje

Dovođenje slike vizurne marke u ravninu nitnog križa naziva se izošćtravanje. O toćčnosti te operacije bitno ovisi toćčnost mjerenja. Izošćtravanje se izvodi djelovanjem na vijak za izošćtravanje. Ako se slika predmeta ne nalazi u ravnini nitnog križa dolazi do pogreške koja se naziva paralaksa. Uoćčava se pomicanjem oka ispred okulara, dolazi do pomicanja slike predmeta u odnosu na nitni križ. Potrebno je pažljivo izošćtriti sliku predmeta.

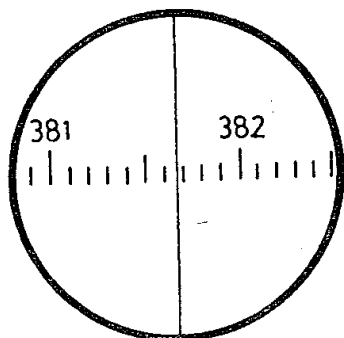
#### 3.3. Viziranje

Źeljeni objekt se prvo grubo vizira putem nišana nakon ćčega se zakoćči dalekozor i alhidada. Fino viziranje izvodi se djelovanjem na vijke za fini pomak alhidade i dalekozora sve dok niti križa ne pogode vizurnu marku. Potrebno je obratiti pažnju da se vijci za fini pomak uvijek okreću u istom smjeru radi eliminacije «mrtvog hoda».

#### 3.4. Oćčitanje sa teodolitima

##### 3.4.1. Oćčitanje pomoću indeksa

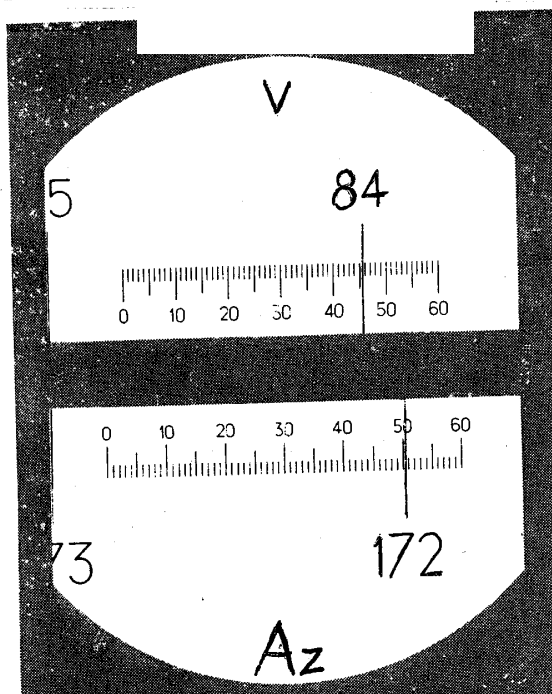
Ovaj naćčin oćčitanja je najjednostavniji i primjenjuje se kod teodolita manjih toćčnosti. Ovaj tip oćčitanja naziva se i oćčitanje procjenom. Prije oćčitanja „podesiti“ rasvjetu.



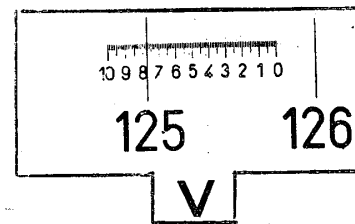
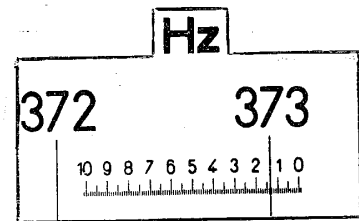
Oćčitanje :381<sup>g</sup>.67

### 3.4.2. Očitanje pomoću skale

Slika dijela podjele limba mora biti preslikana u ravnini skale i to tako da veličina slike intervala glavne podjele limba odgovara duljini čitave skale. Prekontrolirati da li postoji paralaksa.



OČITANJE: V:  $84^{\circ}45'.7$   
Az:  $172^{\circ}50'.4$

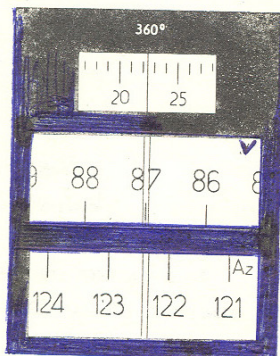


OČITANJE: V:  $373^{\circ}.14$   
AZ:  $125^{\circ}.76$

### 3.4.3. Očitanje pomoću jednostavnog optičkog mikrometra

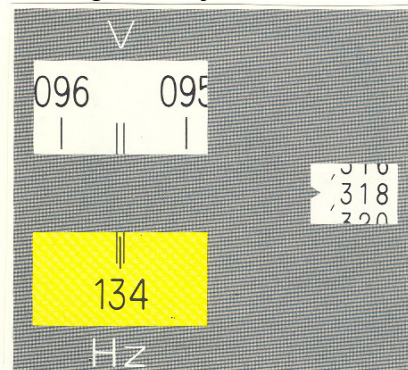
Očitanje se izvodi na jednom mjestu limba primjenom optičkog mikrometra. Duljina skale optičkog mikrometra treba odgovarati duljini slike intervala podjele na limbu.

Prije očitavanja treba „podesiti“ rasvjetu i izoštriti sliku pomicanjem okulara mikroskopa.



V:  $87^{\circ}22'.4$

OČITANJE: V:  $87^{\circ}22'.4$

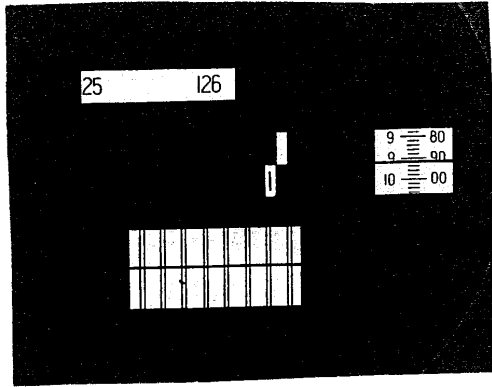


H<sub>z</sub>:  $134^{\circ}.318$

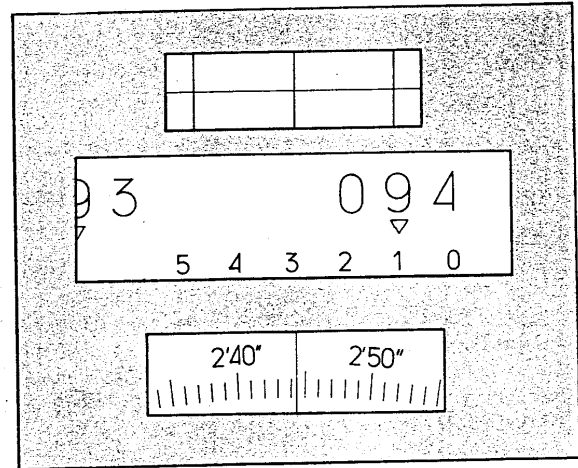
OČITANJE: V:  $134^{\circ}.318$

### 3.4.4. Istodobno očitavanje dijametralnih mjesta limba

Poklapanje crtica dijametralnih mjesta limba izvodi se zakretanjem bubnja mikrometra u istom smjeru.



OČITANJE:  $V: 126^g, 1992$



OČITANJE:  $V: 94^{\circ}12'44,3$

## 4. VJEŽBA

*Terenski rad sa teodolitima – centriranje, horizontiranje, mjerenje horizontalnog pravca, visina instrumenta.*

### 4.1. Stabilizacija točke

Stabilizacija geodetske točke može se izvesti pomoću:

- bolcne
- metalne kape
- kamena s bolcnom
- kamena s križem
- drvenog kolaca

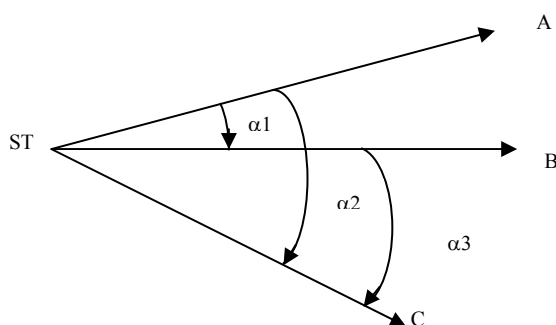
### 4.2. Terenski postupak centriranja i horizontiranja (vidi 2.3)

### 4.3. Postupak mjerenja horizontalnih pravaca (kutova)

Nakon izvršenog centriranja i horizontiranja teodolita odaberu se tri pravca prema vizurnim točkama (markama).

Izoštrimo sliku nitnog križa (dioptriranje), grubo viziramo, izoštrimo sliku opažane točke uz poništenje paralakse. Fino viziramo odabranu točku (marku), te očitamo horizontalni krug.

Girusna metoda mjerenja horizontalnih pravaca (kutova). Pravce prema točkama A, B i C viziramo u smjeru kretanja kazaljke na satu i očitamo horizontalni krug. Početnu točku izabiremo tako da bude za vrijeme opažanja dobro osvijetljena, najbolje da se nalazi sjeverno od točke na kojoj se mjeri. Za kontrolu na kraju ponovno očitamo pravac na početnu točku. Okrenemo instrument u drugi položaj i viziramo iste točke, ali sada u suprotnom smjeru, od točke A prema točki C, B i za kraj ponovo očitamo pravac prema točki A. Iz dobivenih mjerenja odredimo dvostruku kolimacijsku pogrešku, sredinu između I i II položaja, te reduciranu sredinu. Na kraju računamo horizontalne kutove između pravca A-B, A-C, i B-C.

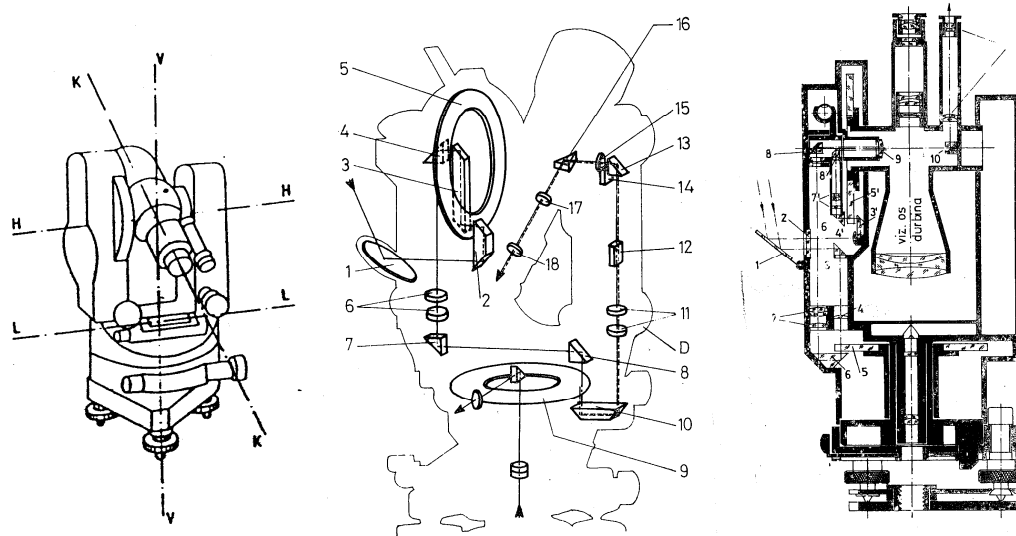


Datum i sat	Stajalište Girus	Vizurna točka	Položaj durbina I			Položaj durbina II			Sredina iz I i II			Reducirana sredina			2c=II-I		Primjedbe
			o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"	±	"	
1	2	3	4			5			6			7			8		9
1.4.2000	1.girus	A	135	02	03	315	02	17	135	02	10	0	00	00	+	14	
9h 00m		B	158	52	35	338	52	27	158	52	31	23	50	21	-	8	
		C	235	58	22	55	58	24	235	58	23	100	56	13	+	2	
		A	(135	02	10)	(315	02	18)									
											A-B	23	50	21			
											A-C	100	56	13			
											B-C	77	05	52			



## 5. VJEŽBA

*Uvjeti teodolita. Ispitivanje dvostruke kolimacijske pogreške. Ispitivanje optičkog viska.*



### 5.1. Uvjeti teodolita

Instrumentalni uvjeti teodolita su slijedeći:

- $LL \perp VV$  Os alhidadne libele okomita na glavnu (vertikalnu) os
- $KK \perp HH$  Vizurna (kolimacijska) os okomita na nagibnu (horizontalnu) os
- $HH \perp VV$  Nagibna (horizontalna) os okomita na glavnu (vertikalnu) os
- $Kv \equiv VV$  Vizurna os optičkog viska identična s glavnom osi
- Horizontalna nit nitnog križa horizontalna u prostoru
- Ispravan položaj indeksa za očitavanje vertikalnog kruga

Radni uvjet teodolita:

- Glavna os se treba dovesti u vertikalni položaj; postupkom horizontiranja teodolita.

### 5.2. Ispitivanje dvostruke kolimacijske pogreške

Kada kolimacijska os nije okomita na horizontalnu os, kažemo da postoji kolimacijska pogreška.

Kolimacijska pogreška se ispituje pri horizontalnom položaju dalekozora teodolita, jer u tom položaju dalekozora pogreška horizontalne osi nema utjecaja. Opažana točka na udaljenosti većoj od 100 m. Metode ispitivanja kolimacijske pogreške su različite:

a) čitanje na horizontalnom krugu - dvostruka kolimacijska pogreška.

Na horizontu instrumenta izabere se točka T (dalje od 100m) koju viziramo sa vertikalnom niti nitnog križa. Na limbu se očita položaj pravca prema točki T- očitavanje  $O_1$ . Okrene se alhidada i dalekozor u drugi položaj, te se ponovo vizira ista točka i očita na limbu  $O_2$ .

Ako je  $O_1 \neq (O_2 - 180^\circ)$  kažemo da postoji dvostruka kolimacijska pogreška. Pogreška se ispravlja tako da na limbu namjestimo očitavanje  $O = \frac{O_1 + (O_2 - 180^\circ)}{2}$  djelovanjem

na vijak za fino pomicanje alhidade, a kod sekundnog teodolita prvo se namjesti očitavanje u sekundama na skali mikrometra, poklapanje se uspostavi pomakom vijka za

fini pomak alhidade. U vidnom polju vertikalna nit križa neće poklopiti točku T, pa moramo pomoću vijaka za pomicanje nitnog križa dotjerati da vertikalna nit pogodi točku T.

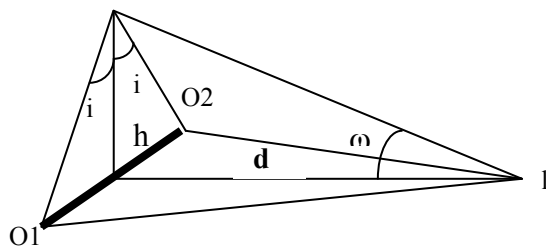
- b) čitanje na letvi - četverostruka kolimacijska pogreška. Izabranu točku T na horizontu viziramo. Okrenemo dalekozor oko horizontalne osi preko zenita za  $180^\circ$ . Na toj strani nalazi se na udaljenosti 20-30 m horizontalno položena, i približno okomito na vizuru letva s podjelom.

Na letvi se očitava mjesto koje pogađa vertikalna nit križa  $O_1$ . Sada okrenemo alhidadu za  $180^\circ$  i ponovo viziramo točku T. Kod zakočene alhidade okrenemo dalekozor preko zenita prema letvi i očitamo položaj vertikalne niti križa  $O_2$ . Ako je  $O_1 \neq O_2$  razlika predstavlja četverostruku kolimacijsku pogrešku  $\Delta = O_2 - O_1 = 4k$

Sada se nitni križ, pomoću vijaka za pomicanje križa, pomakne na očitavanje  $O = O_2 - 1/4 \Delta$  ili  $O = O_1 + 1/4 \Delta$

Postupak se ponavlja dok se ne ukloni kolimacijska pogreška.

### 5.3. Ispitivanje pogreške horizontalne osi



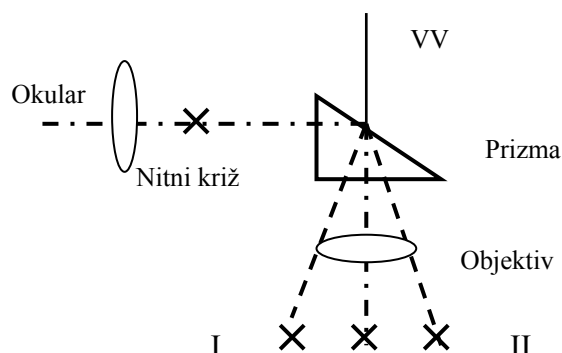
Uvjet horizontalne osi ispitat ćemo na slijedeći način. Kod zakočene alhidade viziramo točku T koja ima veliki elevacijski kut. Projiciramo točku (spuštamo dalekozor do horizonta) na horizontalno položenu letvu ispred instrumenta. Na letvi izvršimo očitavanje  $O_1$ . Postupak ponovimo u drugom položaju teodolita i izvršimo očitavanje  $O_2$ . Ako je  $O_1 \neq O_2$ , prava projekcija točke biti će na čitanju  $O = (O_1 + O_2) / 2$

Viziramo navedeno očitavanje na letvi, dižemo dalekozor do točke T. Vertikalna nit nitnog križa instrumenta sada ne pogađa točku T, te dižemo ili spuštamo jedan kraj horizontalne osi dok vertikalna nit ne pogodi točku.

### 5.4. Ispitivanje optičkog viska

Optički visak treba zadovoljiti uvjet da dio kolimacijske osi viska bude identičan sa glavnom (VV) osi. U prvom položaju teodolita projekcija nitnog križa pogađa mjesto I. Zakrenemo li alhidadu za  $180^\circ$  projekcija pogađa mjesto II.

Nitni križ sa korekcijskim vijcima pomičemo na sredinu spojnice I – II. U nekim slučajevima pomiče se i prizma.



## 6. VJEŽBA

*Ispitivanje pogreške indeksa vertikalnog kruga kod teodolita. Mjerenje vertikalnog kuta. Trigonometrijsko mjerenje visinske razlike.*

Za ispravno očitavanje vertikalnog kuta, indeks za očitavanje mora se nalaziti u ispravnom položaju. To je onaj položaj kada je dalekozor, odnosno vizurni pravac, u horizontalnom položaju, a očitavanje vertikalnog kruga  $90^\circ$  ili 100 gon kod mjerenja zenitnih kutova. Ako se indeks ne nalazi gdje treba, postoji pogreška indeksa vertikalnog kruga. Kompenzator kod teodolita služi za dovođenje indeksa vertikalnog kruga u ispravan položaj, da bude neovisan o trenutačnom nagibu glavne (vertikalne) osi.

### 6.1. Ispitivanje i rektifikacija pogreške indeksa vertikalnog kruga kod optičkog teodolita s kompenzatorom

Prije samog postupka potrebno je ispitati da li je kompenzator u funkciji. Viziramo marku koja je u smjeru jednog podnožnog vijka. Kada dozna libela vrhuni očitamo vertikalni krug.

Podnožnim vijkom pomaknemo mjehur dozne libele na rub marke, vizuru vratimo pomakom dalekozora i očitavanje bi trebalo ostati isto prethodnome. Nakon te provjere nastavljamo postupak. Pažljivo horizontiramo teodolit, viziramo daleku točku, očitamo vertikalni krug  $-Z_1$ . Okrenemo teodolit u drugi položaj, viziramo i očitamo  $-Z_2$ . Za ispravan položaj indeksa treba biti  $Z_1 + Z_2 = 360^\circ$  (400gon). Odstupanje od tog iznosa daje pogrešku indeksa,

tj.  $\varepsilon = \frac{(Z_1 + Z_2) - 360^\circ}{2}$ . Ispravno očitavanje je  $Z_0 = Z_1 + \varepsilon_0$ , gdje je  $\varepsilon_0$  popravka koja se

računa na sljedeći način:  $\varepsilon_0 = \frac{360 - (Z_1 + Z_2)}{2}$ . Ispravno očitavanje  $Z_0$  postavlja se pomoću

vijka za fini pomak dalekozora, a na vizurnu točku se dovodi nit križa s korekcijskim vijcima nitnog križa.

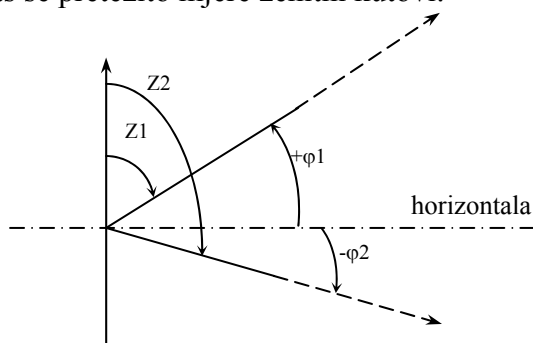
### 6.2. Mjerenje horizontalnog i vertikalnog pravca (kuta)

Postupak mjerenja horizontalnih pravaca i dobivanje horizontalnih kutova opisan je u poglavlju 4.3.

U vertikalnoj ravnini, uzimajući u obzir orijentaciju vertikalnog kruga mjere se:

- zenitni kutovi  $Z$  (zenitna daljina), ako je jedan krak kuta u smjeru zenita
- visinski kutovi  $\varphi$ , ako je jedan krak u smjeru horizonta, mogu biti elevacijski (pozitivni  $+\varphi$ ) i depresijski (negativni  $-\varphi$ )

Danas se pretežito mjere zenitni kutovi:



Postupak opažanja zenitnih kutova izvodi se na sljedeći način. Koristi se precizni teodolit čiji dalekozor ima nitni križ sa tri niti: gornja, srednja, donja.

U prvom položaju instrumenta viziramo signal (marku) gornjom, srednjom, donjom niti te istim redoslijedom upisujemo u formular. U drugom položaju teodolita redoslijed viziranja je gornja, srednja, donja, a u formular upisujemo redom donja, srednja, gornja nit.

Zbroj srednjih, gornjih i donjih niti treba biti  $360^\circ$ .

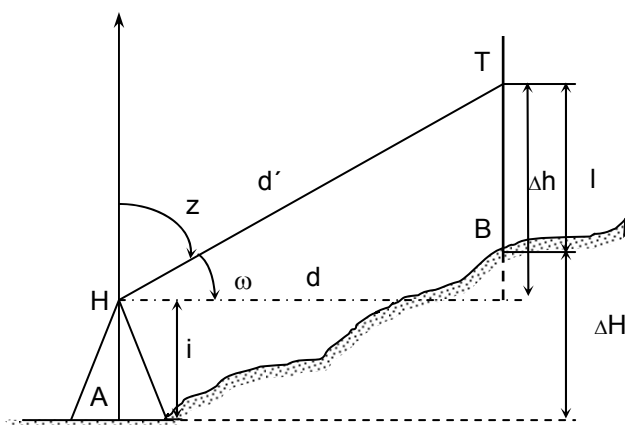
### 6.3. Trigonometrijsko mjerenje visina

Trigonometrijsko mjerenje visina je postupak određivanja visinskih razlika na osnovi mjerenja vertikalnih pravaca (kutova) i računanja primjenom trigonometrijskih formula. Osnovi princip je da se visinske razlike dobiju rješavanjem pravokutnog trokuta u kojem će biti izmjerena horizontalna duljina  $d$  ili kosa duljina  $d'$ .

$$\Delta h = d \operatorname{tg} \varphi = d \operatorname{ctg} z$$

$$\Delta h = d' \sin \varphi = d' \cos z$$

$\Delta h$  – visinska razlika između horizontalne osi teodolita i mjesta gdje vizura pogađa signal



Za određivanja konačne visinske razlike  $\Delta H$  između terenskih točaka A i B, moramo izmjeriti visinu instrumenta (visina horizontalne osi iznad stajališne točke) i visinu vizirane točke (visinu signala, tj. udaljenost od točke B do mjesta na signalu koje je vizirano sa srednjom niti nitnog križa).

$$\Delta H = \Delta h + i - l$$

Ukoliko je poznata nadmorska visina točke A ( $H_A$ ), onda se može dobiti i nadmorska visina točke B ( $H_B$ ).

$$H_B = H_A + \Delta H$$

## 7. VJEŽBA

*Rad s teodolitima na terenu. Postavljanje stativa, horizontiranje, centriranje pomoću optičkog viska, dioptriranje, izoštravanje, viziranje i očitavanje.*

Odlazak na teren sa potrebnim instrumentima i priborom - teodolit, stativ, dvometar, pribor za privremenu stabilizaciju stajališta.

Postavljanje stativa, horizontiranje i centriranje teodolita (vidi 2.3.), dioptriranje, grubo viziranje signala, izoštravanje, fino viziranje i očitavanje horizontalnog i vertikalnog kruga. Mjerenje visine instrumenta.

- Mjerenje horizontalnih i vertikalnih pravaca (kutova). (vidi 6.2.)
- Određivanje visinske razlike trigonometrijskom metodom mjerenja visina.

Primjer:

$$Z = 78^{\circ}22'44''$$

$$i = 1,62 \text{ m}$$

$$l = 4,00 \text{ m}$$

$$d = 1500,00 \text{ m}$$

$$H_A = 120,00 \text{ m}$$

$$\Delta h = d \operatorname{ctg} Z = 302,16 \text{ m}$$

$$\Delta H = \Delta h + i - l = 299,78 \text{ m}$$

$$H_B = H_A + \Delta H = 419,78 \text{ m}$$

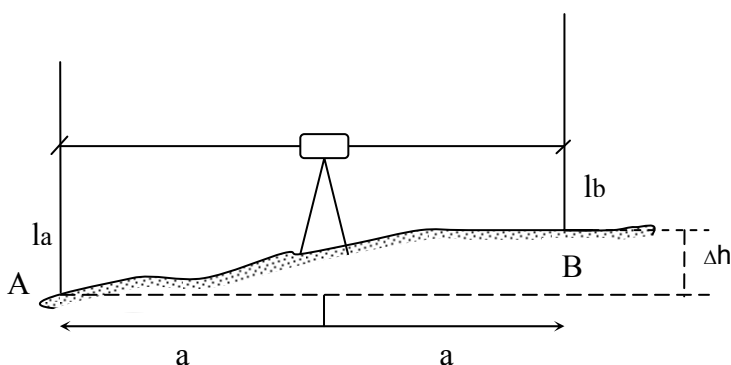
### 7.1. Kolokvij iz teodolita

## 8. VJEŽBA

*Upoznavanje s nivelirima. Nivelir s kompenzatorom. Uvjeti nivelira s kompenzatorom. Dioptriranje, izoštravanje, čitanje letve – cm i 1/2 cm.*

Nivelir je osnovni instrument za mjerenje visinskih razlika u geometrijskom nivelmanu. Za geometrijsko mjerenje visinskih razlika koristi se utjecaj sile teže što se očituje u primjeni libele i kompenzatora. Geodetska vizurna os nivelira dovodi se u horizontalni položaj pomoću libele ili kompenzatora.

Kada se vizurna os dovede u horizontalnu ravninu, visinske razlike između točaka određuju se očitavanjem na nivelmanskim mjernim letvama koje su vertikalno postavljene na točkama.



la - odsječak na letvi a  
lb – odsječak na letvi b

Primjer:

la = 2356 mm

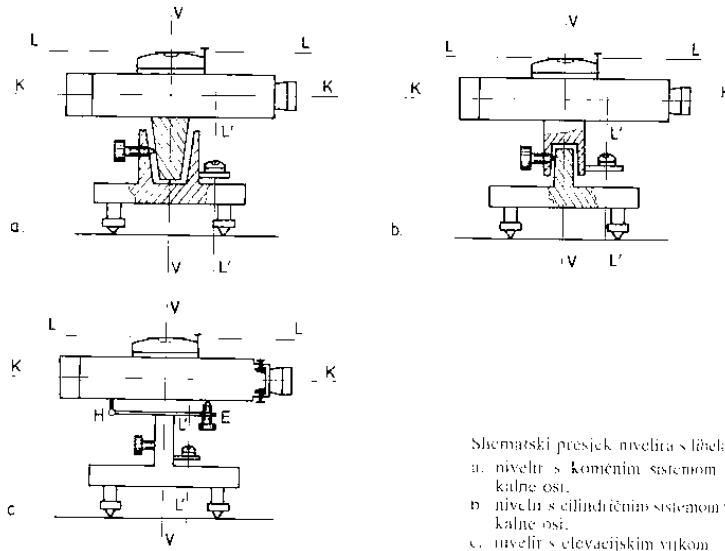
**lb = 1623 mm**

$\Delta h_{AB} = la - lb = 0,733 \text{ m}$

### 8.1. Niveliri s kompenzatorom

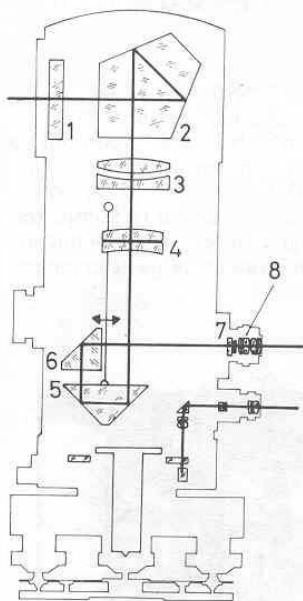
Nivelir je jednostavnije građen od teodolita. Na donjem dijelu nalaze se tri podnožna vijka koja služe za horizontiranje podnožne ploče koja se centralnim vijkom spaja s glavom stativa.

Kod nivelira može biti ugrađen i horizontalni krug, ali je mala točnost očitavanja. Gornji dio nivelira se okreće oko vertikalne osovine, a glavni dio je dalekozor. Za grubo horizontiranje služi kružna (dozna) libela.



Shematski presjek nivelira s libelama.  
 a. nivelir s kometnim sistemom vertikalne osi.  
 b. nivelir s cilindričnim sistemom vertikalne osi.  
 c. nivelir s elevacijskim vijkom

Niveliri s kompenzatorom omogućuju automatsko horizoniranje vizurne osi pomoću kompenzatora. Kompenzator je optičko-mehanički sklop koji unutar područja rada (hoda) automatski kompenzira utjecaj nagiba vertikalne osi na položaj vizurne osi te je dovodi u prostor horizontalno. Kompenzator je smješten unutar kućišta dalekozora između objektivna i nitnog križa.



Optička shema durbina i mikroskopa nivelira KONI 007 – Jena

1. zaštitno staklo,
2. pentagonalna prizma,
3. pozitivan član objektivna,
4. negativan član objektivna,
5. pravokutna prizma kompenzatora,
6. krovna prizma,
7. pločica s nitnim križem,
8. okular

## 8.2. Postupak ispitivanja nivelira s kompenzatorom.

### 8.2.1. Rektifikacija kružne libele

Uvjet – os kružne libele paralelna sa glavnom (vertikalnom) osi.  $L'L' \parallel VV$

Kružnu libelu vrhunimo podnožnim vijcima, okrenemo nivelir za  $180^\circ$  od tog položaja. Odstupanje mjehura libele od položaja vrhunjenja ispravi se  $\frac{1}{2}$  podnožnim vijcima,  $\frac{1}{2}$  korekcijskim vijcima libele.

## 8.2.2. Orijehtacija nitnog križa

Kada je glavna os u prostoru vertikalna, horizontalna nit nitnog križa mora biti horizontalna. Na udaljenosti niveliranja vizira se horizontalnom niti stabilna točka. Vijkom za fini pomak dalekozora vizira se točka od početka do kraja vidnog polja. Vizirana točka treba kliziti duž niti. Ako to nije slučaj treba pločicu nitnog križa zakretati do ispravnog položaja.

## 8.2.3. Provjera kompenzatora

### 8.2.3.1. Provjera da li kompenzator radi («njiše»)

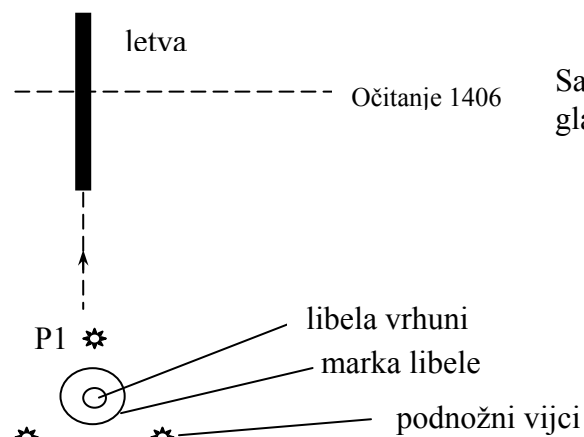
Ovo ispitivanje se izvodi tako da se kompenzator zanjíše. Jednostavan je način provjere rada kompenzatora sljedeći: lagano se „kucne“ (udari) nivelir po dalekozoru i uoči se pomak slike naspram nitnog križa. Okretanjem podnožnog vijka lijevo-desno, vijak se nalazi u smjeru viziranja, postiže se isti učinak. Kod nekih nivelira ugrađen je mehanički dio koji sa strane ima gumb. Pritiskom na gumb pomiče se kompenzator koji se nakon kratkog vremena vrati u početni položaj.

### 8.2.3.2. Ispitivanje pogreške kompenzacije (faktora kompenzacije)

Jedan od uzroka ove pogreške je promjena faktora kompenzacije, koji treba biti konstantna veličina. Do pogreške kompenzacije dolazi ako se zbog promjene nagiba glavne osi pomiče u prostoru vizurna os (ne zadržava konstantan horizontalni položaj). Jednostavno ispitivanje izvodi se:

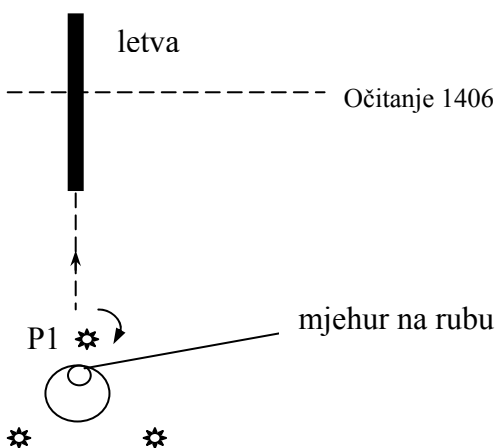
Kod sva tri položaja, očitavanje treba biti isto.

A)

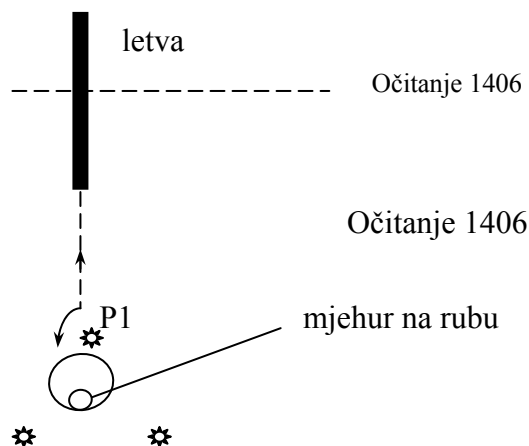


Sa vijkom P1 nagiše se glavna os u vizurnoj ravnini.

B)



C)

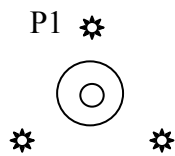
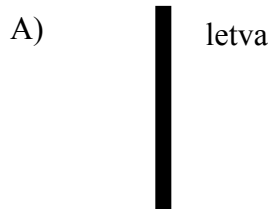




### 8.2.3.3. Ispitivanje radnog područja (hoda) kompenzatora

Većina nivelira ima kompenzator sa radnim područjem  $6' 15''$ . Osjetljivost kružne (dozne) libele najčešće iznosi  $\varepsilon = 10''$ . Iz ovih tehničkih podataka proizlazi da kompenzator treba biti u funkciji kod nagnute glavne osi na približno  $6' 14''$  (granični položaj).

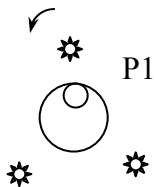
U položaju A očitamo letvu, libela nivelira vrhuni, očitavanje npr. 1128.



B)



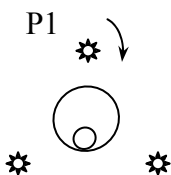
Pomičemo podnožni vijak P1 toliko da se mjehur libele pomakne za maksimalno 1.5 parsu, tj. dolazimo u granični položaj hoda, kompenzator prestaje djelovati, očitamo letvu npr. 1128.



C)



Pomičemo podnožni vijak P1 u drugom smjeru do graničnog položaja očitamo letvu, npr. 1128. Maksimalna razlika između očitavanja smije iznositi do 2 mm.



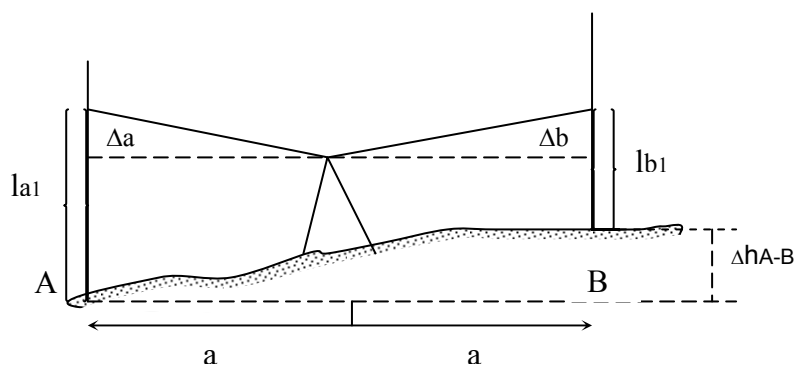
#### 8.2.3.4. Ispitivanje ishodišnog položaja kompenzatora

Kada je glavna os nivelira u prostoru vertikalna (vrijedi za male pomake glavne osi unutar radnog područja kompenzatora) kompenzator treba biti u položaju da vizurna os bude u prostoru horizontalna. Terenski postupak ispitivanja izvodi se niveliranjem "iz sredine i s kraja".

Na terenu stabiliziramo dvije točke A i B na razmaku od 50-60 m (poželjno je na točkama postaviti nivelmansku papuču).

Nivelir postavimo u sredinu, očitamo odsječak na letvama A i B, izračunamo visinsku razliku  $\Delta h_{A-B} = l_a - l_b$ .

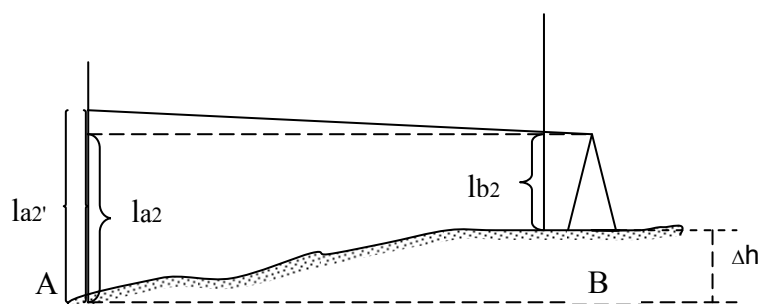
Ako postoji pogreška vizurne osi (nije horizontalna) visinska razlika je ispravna budući da je nivelir u sredini razmaka, te su  $\Delta a$  i  $\Delta b$  jednake veličine.



Nivelir prenesemo što bliže jednoj letvi (npr. B) na minimalnu duljinu izoštravanja, u smjeru spojnice dviju letava. Očitanje na letvi B može se smatrati ispravnim jer je pogreška očitavanja zbog blizine letve zanemariva. Ispravno očitavanje na daljnoj letvi A treba iznositi:

$$l_{a2} = l_{b2} + \Delta H_{A-B}$$

ili općenito  $l_{a2} = l_{b2} - (6 \Delta H_{A-B})$ , ako očitavanje ne iznosi  $l_{a2}$  nego  $l_{a2}'$  tada korekcijskim vijcima nitnog križa namjestimo horizontalnu nit na ispravno očitavanje na letvi.



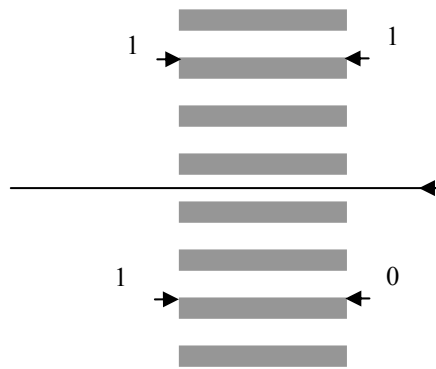
### 8.3. Očitanje nivelmanske letve

Mjerne (nivelmanske) letve obično su duljine 3 ili 4 m. Izrađene su od drveta ili metala. Mogu biti u jednom komadu (krute), preklopne ili po mogućnosti sklopive (manji segment ulazi u veći – teleskopske). Posebne invarske letve koriste se za precizni nivelman, a napravljene su od invara (legura Fe 64% i Ni 36%), koji ima mali koeficijent

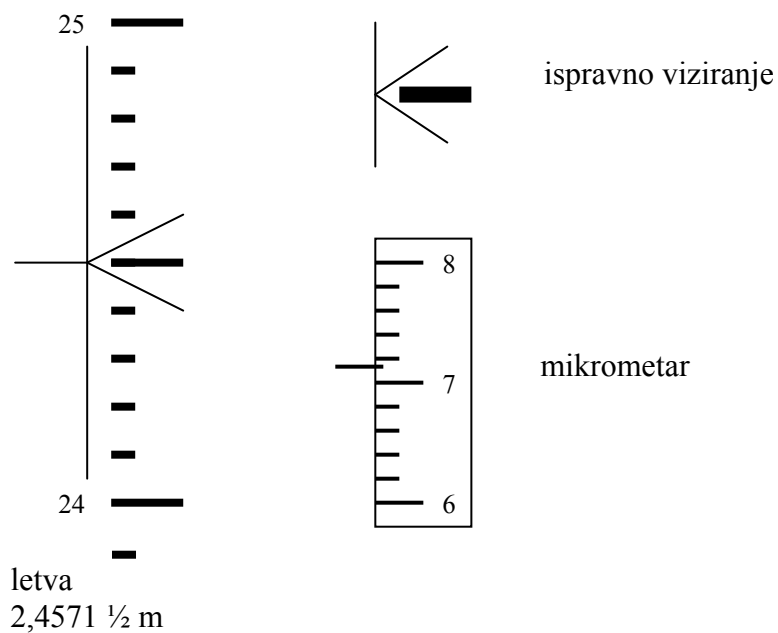
rastezanja. Dužine 1,2 ili 3 m sa nanesenom 10 mm ili 5 mm podjelom. Na invarskoj traci mogu biti nanešene dvije podjele (radi povećane točnosti mjerenja) koje su jedna s obzirom na drugu pomaknute za iznos koji se naziva konstanta letve.

Primjer očitavanja letve sa 10 mm podjelom:

Očitavanje: 1,046 m



Primjer očitavanja letve sa 5 mm podjelom nivelirom s optičkom mikrometrom:



## **9. VJEŽBA**

*Terenski rad s nivelirima. Određivanje visinske razlike između tri točke. Ispitivanje nultog položaja teodolita.*

### **9.1. Odredi visinsku razliku između kraka A i C.**

Nadmorska visina točke HA = 120,00 m

Izračunaj nadmorsku visinu HB.

### **9.2. Terenski postupak ispitivanja ishodišnog položaja kompenzatora.**

Postupak je opisan u poglavlju 8.3.3.4.

## 10. VJEŽBA

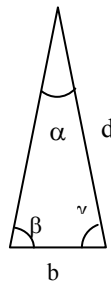
*Optički daljinomjeri. Reichenbachov daljinomjer. Autoredukcijski daljinomjeri sa dijagramom. Daljinomjeri s konstantnom bazom na cilju. Račun duljine i visinske razlike. Kolokvij iz nivelira.*

Princip mjerenja duljina optičkim daljinomjerima zasnovan je na rješavanju trokuta u kojem je jedna stranica poznata ili mjerena, a poznata su ili mjerena dva kuta. Taj trokut naziva se daljinomjernim ili paralatičkim trokutom. Duljina  $d$  može se izračunati pomoću formule:

$$d = b \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

Budući da je stranica (baza)  $b$  jako mala u odnosu na  $d$ , stranica  $b$  se aproksimira lukom kuta radijusa  $d$ , te slijedi:

$$d \approx b \frac{\rho}{\alpha}$$



Mjerenje se svodi na mjerenje paralaktičkog kuta (kut nasuprotan bazi) uz poznatu konstantnu bazu ili na mjerenje baze uz određeni konstantni paralaktički kut.

Optički daljinomjeri se prema tome dijele u dvije grupe:

- daljinomjeri s bazom na cilju
- daljinomjeri s bazom na stajalištu

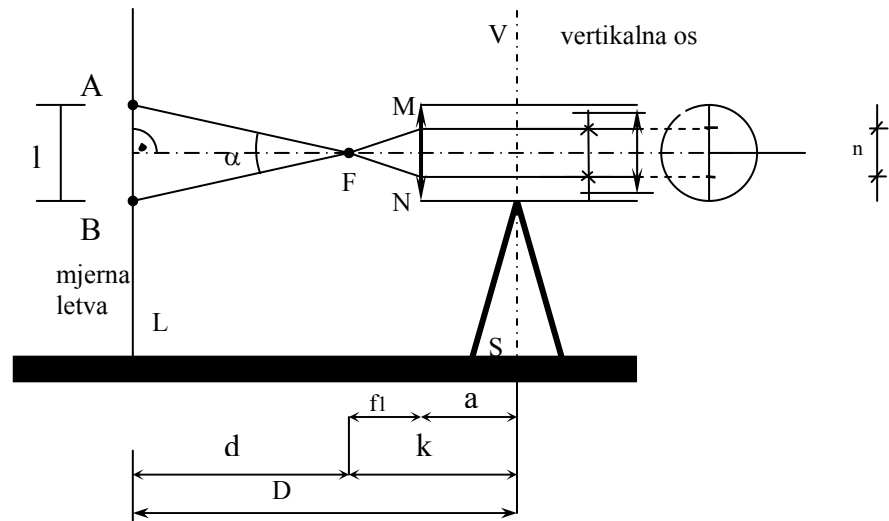
Daljinomjeri s bazom na cilju se većinom primjenjuju u geodetskim mjerenjima, a dijele se u dvije grupe:

- daljinomjeri s promjenjivom bazom na cilju uz konstantan paralaktički kut
- daljinomjeri s konstantnom bazom na cilju

### 10.1. Daljinomjeri s nitima

Daljinomjeri s nitima spadaju u grupu daljinomjera s promjenjivom bazom na cilju. Postoje daljinomjeri s konstantnim razmakom niti (Reichenbachov), i s promjenjivim razmakom niti (autoredukcijski daljinomjeri).

### 10.1.1. Reichenbachov daljinomjer



Sl. Princip mjerenja duljine daljinomjerom s konstantnim razmakom niti pri horizontalnoj vizurnoj osi dalekozora

Pri horizontalnoj vizurnoj osi dalekozora vertikalna mjerna letva okomita je na vizurnu os. Iz slike proizlazi da je:

$$d = \frac{\rho}{\alpha} l$$

Budući da su veličina  $\alpha$  i  $\rho$  konstante slijedi:

$$\frac{\rho}{\alpha} = K$$

Tu konstantu nazivamo multiplikacijskom konstantom.

$$d = Kl$$

Za iznos multiplikacijske konstante se obično uzima da je  $K = 100$ , te je uz  $\rho = 206\,265''$  iznos paralaktičkog kuta  $\alpha = 34'22,65$ .

Na taj način se dobije udaljenost od žarišta objektiva do mjerne letve. Budući da je potrebna udaljenost od mjerne letve do vertikalne osi instrumenta, na taj iznos se dodaje i tzv. adicijska konstanta  $k$ .

$$D = d + k$$

Gdje je  $k = f_1 + a$

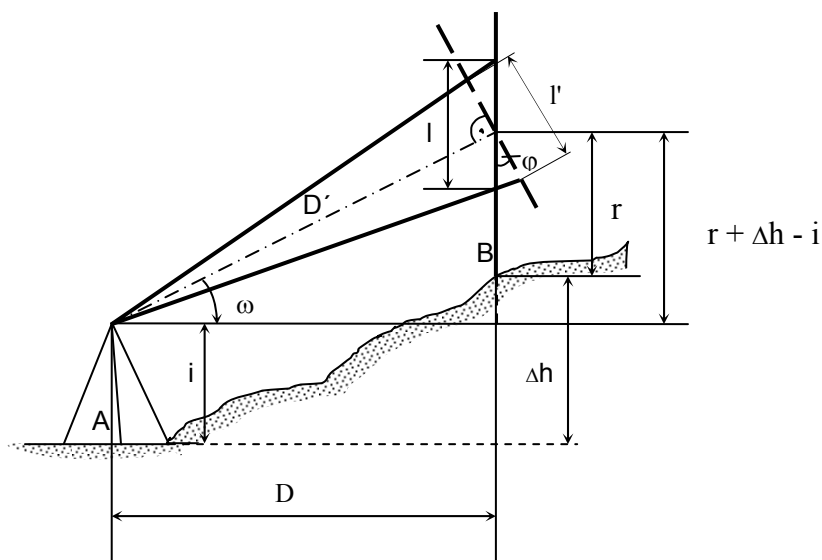
$f_1$  - žarišna daljina objektiva

$a$  - udaljenost glavne ravnine objektiva od vertikalne osi instrumenta

Iz svega navedenog slijedi osnovna formula za mjerenje duljina.

$$D = Kl + k$$

Ukoliko vizurna os dalekozora nije horizontalna u prostoru, već je nagnuta, tada mjerna letva nije okomita na vizurnu os već s okomicom zatvara kut  $\varphi$ .



Kosa duljina se dobije analogno:

$$D' = K l'$$

$$l' = l \cos \varphi$$

$$D' = K l \cos \varphi$$

$l$  – očitani odsječak na letvi.

$$D = D' \cos \varphi = K l \cos^2 \varphi$$

Prema slici:

$$r + \Delta h - i = D \operatorname{tg} \varphi$$

$$\Delta h = \frac{1}{2} K l \sin 2 \varphi + i - r$$

### 10.1.2. Daljinomjeri s promjenjivim razmakom niti – autoredukcijski tahimetri s nitima

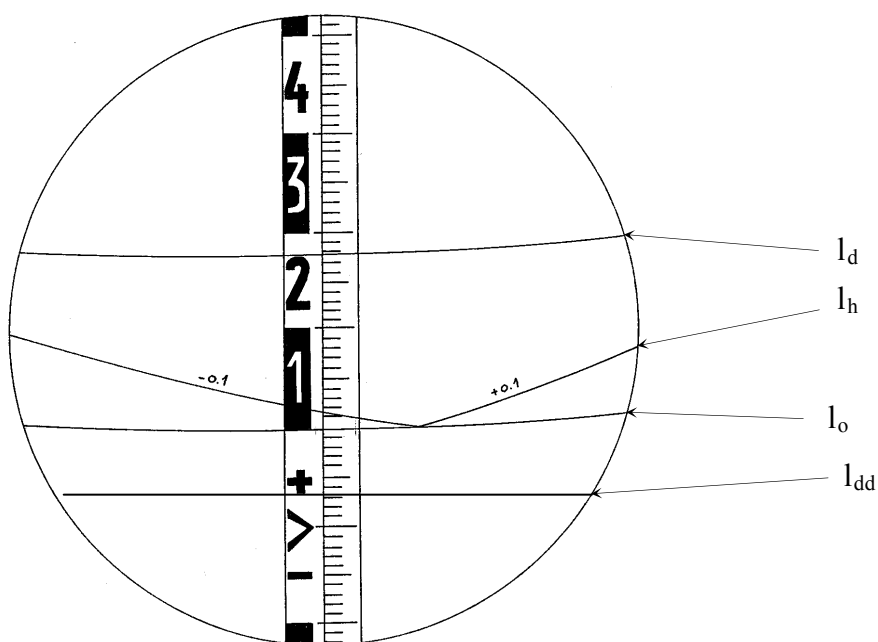
Kako bi se izbjeglo računanje reducirane duljine pri mjerenju nagnutim dalekozorom kao što je slučaj kod Reichenbachovog daljinomjera, konstruiran je daljinomjer kod kojeg se pri nagibu dalekozora automatski smanjuje razmak daljinomjernih niti i to pomoću:

- posebnih krivulja u vidnom polju dalekozora
- promjenom razmaka među nitima pomoću optičkog ili mehaničkog prijenosa.

Tahimetri s dijagramom imaju posebne krivulje ili dijagrame koji se optički preslikavaju u vidno polje dalekozora, pomoću kojih se očitava odgovarajući odsječak na mjernoj letvi radi mjerenja reducirane duljine, kao i visinskih razlika.

Primjer očitavanja i računanja duljine i visinske razlike:

- $l_o$  – očitavanje temeljne niti
- $l_d$  – daljinomjerna nit za kraće udaljenosti
- $l_h$  – visinska krivulja
- $K_d$  – multiplikacijska konstanta
- $K_h$  – konstanta visinske krivulje
- $i$  – visina instrumenta
- $r$  – visina repera letve (visina temeljne krivulje)
- $l_{dd}$  – daljinomjerna nit za daleke udaljenosti



Dužina i visinska razlika se izračunavaju po formuli:

$$D = (l_d - l_o) K_d$$

$$\Delta h = (l_h - l_o) K_h + i - r$$

$$l_o = 0.100$$

$$l_d = 0.279$$

$$l_h = 0.116$$

$$i = 1.62 \text{ m}$$

$$r = 1.40 + 0.10 = 1.50 \text{ m}$$

$$K_h = -0.1$$

$$K_d = 100$$

$$D = (l_d - l_o) K_d = 17.9 \text{ m}$$

$$\Delta h = (l_h - l_o) K_h + i - r = -0.04 \text{ m}$$



## 10.2. Daljinomjeri s konstantnom bazom na cilju

Konstantnu bazu na cilju predstavlja letva s markama na određenom razmaku, koja se postavlja horizontalno i okomito na dužinu, zbog povećane točnosti i direktnog mjerenja horizontalne duljine.

Za određivanje duljine potrebno je mjerenje paralaktičkog kuta. Mjerenje se vrši pomoću teodolita, a upotrebljava se bazisna letva s vizurnim markama konstantnog razmaka 1 ili 2 m. Paralaktički kut se dobiva kao razlika očitavanja horizontalnog limba teodolita, horizontiranog i centriranog na početnoj točki dužine, pri viziranju na lijevu i desnu marku bazisne letve.

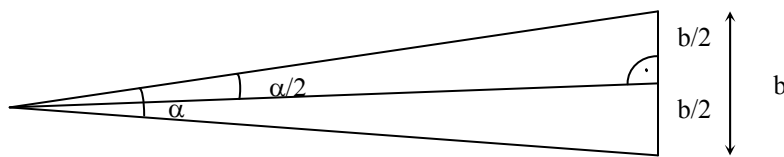
Da bi se povećala točnost mjerenja paralaktičkog kuta, mjerenja se vrše u više ponavljanja (najčešće četiri), i to tako da se prvo vizira lijeva marka, a zatim desna, uz odgovarajuća očitavanja horizontalnog limba; desna marka se zatim ponovo vizira uz pomoć vijka za fini pomak te nakon očitavanja okreće se alhidada u smjeru kretanja kazaljke na satu, a zatim se ponovo vizira lijeva marka i očita se horizontalni limb.

Horizontalna duljina se dobije po formuli:

$$D = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

Ukoliko je duljina bazisne letve 2m slijedi:

$$D = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$



Ukoliko vertikalna ravnina koja prolazi kroz marke letve ne prolazi i vertikalnom okretnom osi, odnosno vertikalom u točki na kojoj je letva centrirana, nastaje adicijska konstanta o kojoj treba voditi računa prilikom mjerenja.

## **11. VJEŽBA**

*Terenski rad sa optičkim daljinomjerima. Mjerenje duljine i visinske razlike na tri točke. Ponavljanje kolokvija iz teodolita.*

Postupak rada s daljinomjerima, te mjerenje duljine i visinske razlike opisan je u poglavlju 10.

## 12. VJEŽBA

*Elektronički tahimetri. Upoznavanje sa karakteristikama, mogućnosti rada, neprekinuti tok geodetskog podatka. Ponavljanje kolokvija iz teodolita.*

### 12.1. Elektronički tahimetri

Integrirani elektronički tahimetar sastavljen je od elektroničkog teodolita, elektroničkog daljinomjera i memorijskog dijela. Instrumentom se mjere horizontalni pravci, kutovi u vertikalnoj ravnini i kose duljine.

Elektronički teodolit kao jedinica tahimetra ima kodiranu instrumentalnu podjelu limbova. Uz pomoć mikroprocesora očitavanje limba se u digitalnom obliku prikazuje na pokazivaču (ekranu).

Elektrooptički daljinomjer mjeri duljinu emisijom infracrvene svjetlosti. Pri mjerenju je nužno optičko dogledanje instrumenta i točke cilja. Na cilju se postavlja reflektor (prizma) koji vraća zraku svjetlosti.

Modul za memoriranje podataka može pohraniti mjerene podatke u nekom od oblika:

- horizontalni pravac, vertikalni kut, kosa duljina
- horizontalni pravac, reducirana duljina, visinska razlika
- x, y, h (z) koordinate.

Također se mogu mjeriti i drugi potrebni parametri (visina instrumenta, visina signala, koordinate stajališta i dr.)

Modul s programom omogućava rješavanje različitih geodetskih računskih zadataka:

- presjek naprijed
- presjek natrag
- polarno mjerenje
- iskolčenje točaka
- mjerenje dužine između dvije točke
- priključak po visini
- visina nepristupačne točke
- računanje površina
- ostalo

Ugrađeni mikroprocesor kontrolira i upravlja kompletnim radom instrumenta.

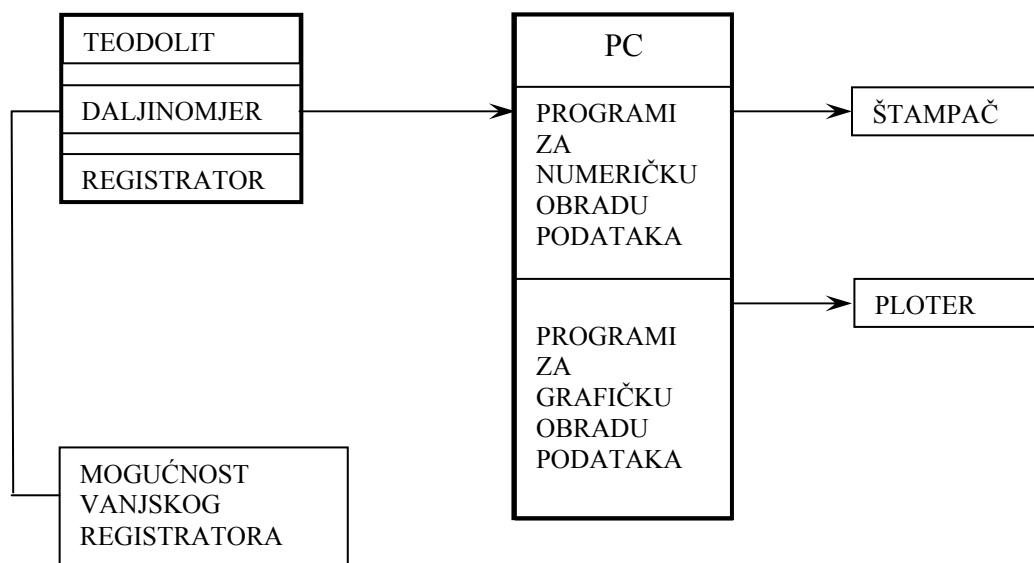
Kod elektroničkih tahimetara ugrađen je jednoosni ili dvoosni kompenzator.

## 12.2. Tehničke karakteristike tahimetra

Općenito kod elektroničkih tahimetara treba obratiti pažnju na sljedeće karakteristike:

- povećanje dalekozora
- veličinu ulaznog otvora objektiva
- minimalna daljina izoštravanja
- točnost mjerenja kutova i duljina
- mogućnost pokazivanja najmanje jedinice za kutove i duljine
- doseg
- vrsta kompenzatora sa područjem kompenzacije
- mogućnost rada ugrađenih programa

## 12.3. Nprekinuti tok geodetskog podatka



Elektronički tahimetar je prvi korak u potpunoj automatizaciji procesa od mjerenja do izrade planova ili karata. Već na samom terenu geodetski stručnjak može mjerene vrijednosti kontrolirati, te načiniti niz računskih obrada podataka.

Prijenos podataka iz tahimetra je omogućen RS 232 vezom ili nekom drugom danas već poznatom tehnologijom.

Računalo prima podatke iz instrumenta, te ih uz pomoć programa za numeričku i grafičku obradu obrađuje i priprema za različite ispise.

Konačni rezultati mogu biti prikazani u numeričkom ili grafičkom obliku.

## **13. VJEŽBA**

*Terenski rad s teodolitima. Mjerenje horizontalnih i vertikalnih kutova. Terenski rad s nivelirima. Određivanje visinske razlike, trigonometrijskim načinom i nivelmanom.*

### **13.1. Terenski rad s teodolitima. Mjerenje horizontalnih i vertikalnih kutova.**

Postupak rada s teodolitima opisan je u poglavlju 2.3, mjerenje horizontalnih kutova u poglavlju 4.3, mjerenje vertikalnih kutova u poglavlju 6.2.

### **13.2. Terenski rad s nivelirima.**

Postupak rada s nivelirima opisan je u poglavlju 8.

### **13.3. Određivanje visinske razlike, trigonometrijskim načinom i nivelmanom.**

Postupak određivanja visinskih razlika trigonometrijskim mjerenjem visina opisan je u poglavlju 6.3. Duljinu na terenu je potrebno izmjeriti po mogućnosti Reichenbachovim daljinomjerom.

Postupak određivanja visinske razlike nivelmanom opisan je u vježbi 8.

## 14. VJEŽBA

*Upoznavanje sa digitalnim nivelirima. Ponavljanje kolokvija iz teodolita i nivelira.*

### 14.1. Digitalni nivelir

Digitalni nivelir ima jednake optičke i mehaničke dijelove kao i optički nivelir s kompenzatorom, zato se ovim nivelirima mogu izvoditi i klasična vizualna opažanja. Kod digitalnog nivelira pomoću diobene kocke (djelitelja svjetlosti) pada slika kodirane nivelmanske letve na fotodiode poredane u jednom redu. Fotodiode pretvaraju sliku kodirane letve u električni signal koji se obrađuje mikroprocesorom.

Diobena kocka odvaja infracrvenu svjetlost (usmjerena je na fotodiode) od vidljive svjetlosti (usmjerena na nitni križ).

Kodirana nivelmanska letva sa prednje strane ima nanesen binarni kod koji služi za automatsko očitavanje. Sa druge strane nalazi se klasična centimetarska podjela za optičko očitavanje.

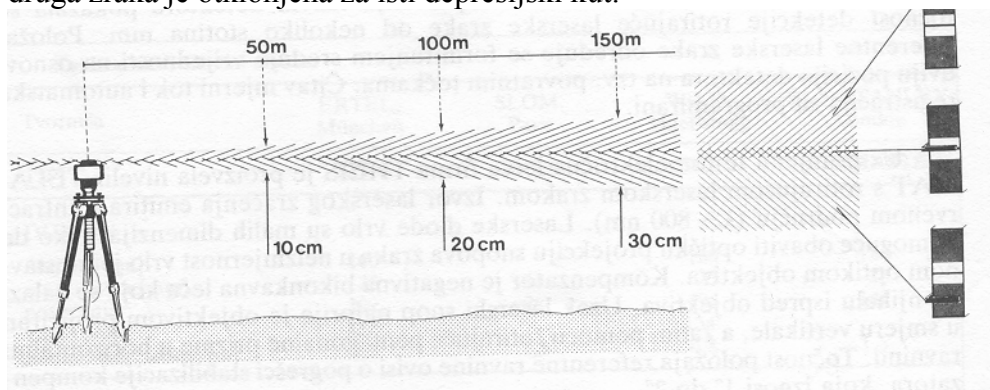
Pomoću leće za izoštravanje, čiji se pomaci registriraju, omogućava se grubo određivanje udaljenosti nivelira od letve. Mikroprocesor obrađuje pomake leće te ih pretvara u digitalni oblik. Također mikroprocesor kontrolira i rad kompenzatora.

Mjerni podaci se registriraju u modulu za registraciju podataka. Nivelir ima niz programa koji omogućavaju kontrolu i obradu dobivenih podataka (očitanje letve, duljina, broj točke, stajalište, visinske razlike i dr.).

### 14.2. Rotacijski laserski nivelir

Posebne konstrukcije nivelira su rotacijski laserski niveliri s rotirajućom laserskom zrakom.

Princip rada: glava nivelira rotira oko glavne osi cca 10 okretaja u sekundi. Na njoj se nalaze dva otvora kroz koja se propušta polarizirana laserska zraka, čiji se izvor nalazi u laserskoj diodi. Jedna je zraka otklonjena za mali elevacijski kut od referentne ravnine a druga zraka je otklonjena za isti depresijski kut.



Sl. Odašiljanje i prijem laserskih snopova pomoću fotoelektričnog detektora

Fotodetektor se pomiče po nivelmanskoj letvi dok indikator ne bude na nuli tj. u referentnoj ravnini. Na prijammiku (fotodetektoru) nalaze se dvije fotodiode koje primaju svjetlosne impulse. Kada svjetlost padne na obje diode istim intenzitetom (ako je vrlo usko područje) indikator pokazuje da se prijammik nalazi u referentnoj ravnini. Položaj prijammika se visinski očita na centimetarskoj nivelmanskoj letvi.

U instrument može biti ugrađen kompenzator za automatsko dovođenje zrake u horizontalni položaj. Ovaj tip instrumenta se koristi kada treba u visinskom smislu snimiti veće površine, odrediti horizontalne i vertikalne ravnine pri gradnji i kontroli raznih objekata.

# PRILOG

## Pribor:

- vrpce



- stativi

alumijski



drveni





niski



stativ sa pomičnom glavom



držači za trasirku



- **prizme**

prizma sa vizurnom markom  
(primjena kod elektrooptičkog mjerenja duljina)

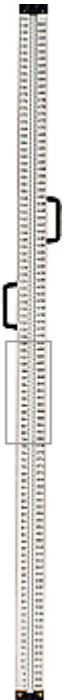


pentagonalna (dvostruka)  
(za iskolčenje okomica)



- **nivelmanske letve**

invarska



drvene



teleskopske (na izvlačenje)



- **trasirke**

5m



3m



- **viskovi**



## Teodoliti:



Teodolit iz 1890. g.

- optički



Geofennel FET200



Carl Zeiss theo030



Carl Zeiss theo010b

- elektronički



Geo Fennel FET110



Leica TM5100A



South survey ET-02

## Niveliri:



optički nivelir sa kompasom

- optički (sa kompenzatorom)



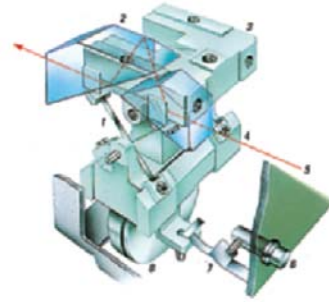
Nedo N32



Trimble AL224



Leica NA2



kompensator od Leica NA2



Koni 007 (sa mikrometrom)



Geofennel No10

- optički nivelir sa nivelacionom libelom i mikrometrom



Breithaupt

- digitalni



Leica Sprinter



Trimble DiNi 22

## Daljinomjeri:

- ručni (laserski)



Leica DISTO A6



Leica DISTO A5



## Tahimetri:



Leica TPS1200



Topcon GPT-3000



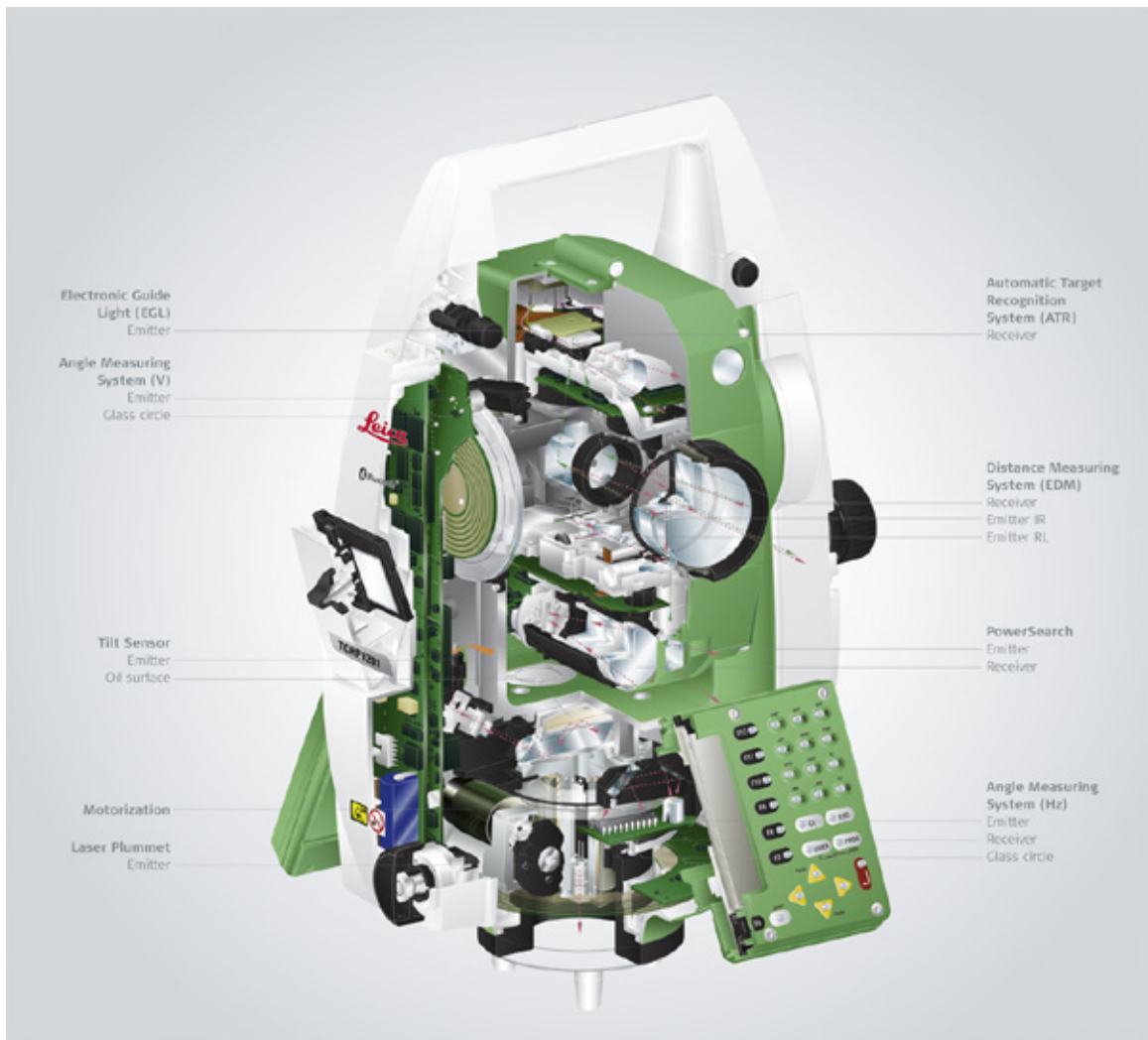
Trimble 3600



Trimble M3



- shematski prikaz tahimetra (Leica TPS1200)



- integracija tahimetra i GPS-a



Leica Smart Station

## GPS:

Trimble 5700



antene sa kontrolerom



prijamnik



kontroler