

PRENOS NIVELMANA PREKO MORSKIH ZALIVA, VELIKIH RIJEKA ILI PROVALIJA

PETAR STRINEKA, *dipl. ing.*

UVOD. Da bi imali zatvoreni nivelmanski vlak prilikom računanja visina repera preciznog nivelmana II reda u području Mombasa — Tanzanija, trebalo je izmjeriti nivelmanski vlak dug 75 milja od osnovnog repera I reda u Mombasu do osnovnog repera I reda u gradiću Tanga Republika Tanzanija.



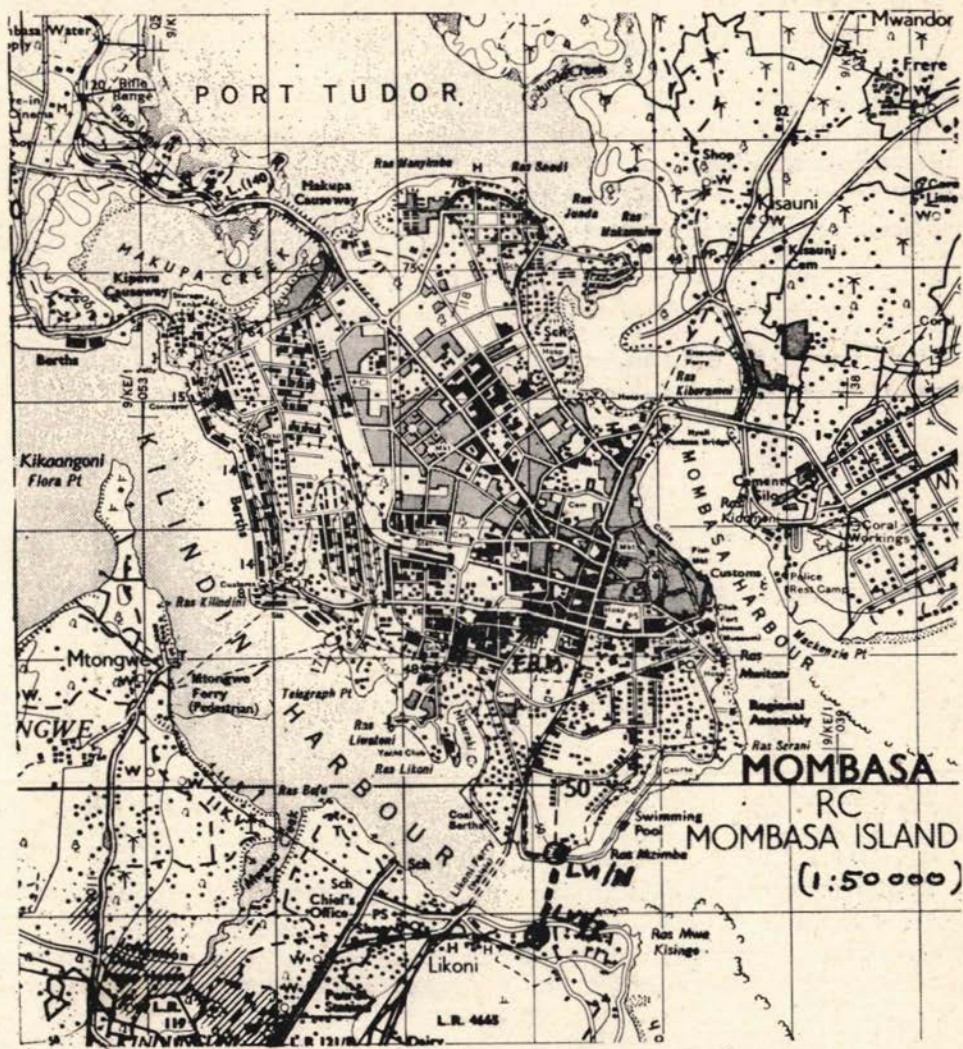
Sl. 1. Instrument Watts 21

Mombasa — najveća morska luka Istočne Afrike (vidi sliku 25 leži na otoku koji je kopnom povezan sa dvije strane mostovima, a sa treće (prema Tanzaniji) skelom tj. čamcem za prevoz kola i putnika.

Postojale su dvije mogućnosti — postaviti nivelmanski vlak zaobizalnim putem, u kom slučaju bi se nivelmanska linija produžila za 30 milja (vidi sliku broj 1) ili upotrijebiti metodu *prebacivanja* preciznog nivelmana preko morskog zaliva koji je na najužem mjestu širok preko 700 metara.

* Dipl. ing. Strineka Petar, nalazi se na trogodišnjem radu u Republici Keniji, po tehničkoj saradnji SFRJ i Republike Kenije u Istočnoj Africi za pomoć u organizaciji i radu njihove geodetske službe i obučavanju mladih kadrova.

U prvom slučaju linija za niverliranje je duža i teren je dosta brdovit i nepogodan za mjerenje. U drugom slučaju postoji dobra asfaltna cesta na potezu od 30 milja, zatim oko 15 milja brdovitog terena ali s dobrom cestom kroz šumu, te ukupno ova linija je kraća od prve za oko 35 milja.



Sl. 2

Prihvaćena je druga alternativa. Na karti 1:50000 (vidi sliku 2) izabrali smo najuže mjesto. Na tom mjestu na svakoj obali postavili smo po jedan pomoćni reper.

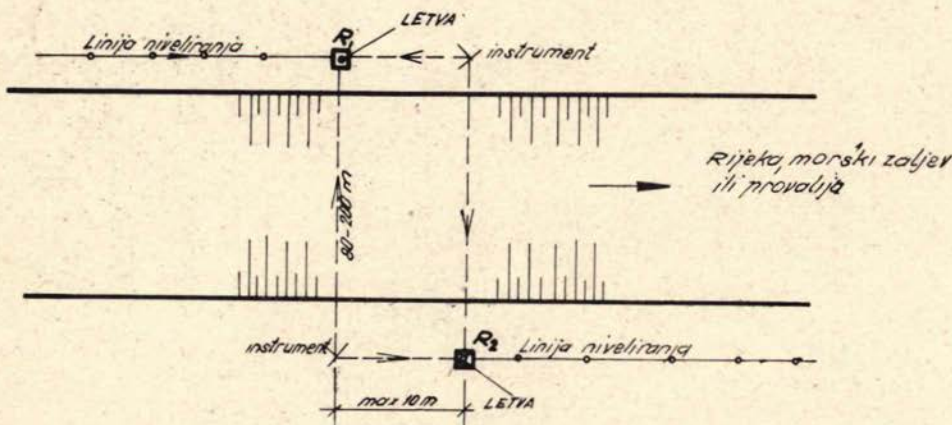
Za prenos visine preko vode na udaljenosti do 150 metara može se koristiti obični nivelmanski instrument s kojim se normalno mjeri, ali za veće udaljenosti mora se upotrebiti nivelir velike fokusne daljine i povećanja, te letve s posebnom značkom.

Mi smo upotrebili nivelir engleske konstrukcije »Watts 21« (slika 1). On ima duljinu durбина 21 inchs (53,34 cm) veliko vidno polje durбина i s njim se može uspješno mjeriti i na rastojanju repera do 2000 metara, što zavisi od atmosferskih prilika. (Detaljno o ovom instrumentu može se naći u engleskoj Geodeziji od Clarka vol. II.)

PRETHODNI RADOVI. Pomoćni reperi na obje strane morskog zaliva, rijeke ili provalije moraju biti tako odabrani da omogućuju vizuru iznad terena odnosno vode minimum 3,5 metara (10 stopa), slika 3.

Ovo je važno radi toga da se izbjegne utjecaj refrakcije. Ako se mjeri preko mora treba imati na umu veličinu plime i oseke te eventualno vodenih valova.

Odabrana mjesta za reperi treba da budu po mogućnosti na istoj nadmorskoj visini. Može se dozvoliti minimalno odstupanje od ovoga ali ne više od 0,30 do 0,35 metara što ovisi o udaljenosti repera.



Slika 3.

U praksi postoje dvije metode za ovu vrstu mjerenja. Prva, s jednim instrumentom i dvije letve i druga, takozvana recipročna sa dva instrumenta i dvije letve, a mjeri se simultano s obje strane.

Prvom metodom ne isključuje se utjecaj atmosferske refrakcije dok se drugom metodom ona gotovo potpuno eliminira.

Ovdje ću opisati rad s ovom drugom metodom pošto se ona uglavnom primjenjuje u preciznom nivelmanu. Rad s prvom metodom je isti samo što tu radi jedan opazac s jednim instrumentom.

Položaji instrumenta odaberu se tako da uvijek daju čistu vizuru (vidi sliku 3) na obje letve, a obavezno tako da je daleka letva u vidnom polju durbina. Udaljenosti oba instrumenta od bližih letava moraju biti jednake, a ne veće od 10 metara. Prije početka rada oba opazaca se moraju dogovoriti o sljedećem:

- o jednakoj udaljenosti instrumenta od svoje bliže letve,
- o razmaku vizurnih znački (nišana).

Ovaj razmak se uzima približno u omjeru 1/300—400 ukupne širine rijeke ili zaliva i zaokružuje na cio broj.

Na primjer, ako je udaljenost mjerena po karti oko 800 metara, onda će razmak gornjeg i donjeg vizira na letvi biti $800/300 = 2,6$ metara, ili 1,3 metara iznad i 1,3 metara ispod horizontalne vizure. To je maksimalni razmak ali može biti i manji. Obično se uzima 5 do 6 punih okretaja elevacionog vijka gore i dole. Najvažnije pri tome je to, da viziri budu tako postavljeni da jedan bude iznad a drugi ispod horizontalne vizure (slika 4). Zbog toga je potrebno, da oba repera budu na istoj nadmorskoj visini.

- c) o signalnim znakovima zastavicama,
- d) koja letva se usvaja za prednju a koja za zadnju, pošto za sve vrijeme mjerenja mora biti jednako tretirano.

POTREBNO OSOBLJE I PRIBOR. Da bi se moglo brzo i sa uspjehom obaviti ovo mjerenje potrebno je imati dovoljno stručnog kadra i instrumenata.

Od osoblja potrebno je:

1. dva opservatora — mjerača
2. dva pisara
3. dva držača letvi
4. dva držača suncobrana
5. četiri pomoćna radnika
6. dva šoferi (po mogućnosti dvojica kola)
7. dva čamca sa veslačima.

Od instrumenata potrebno je:

1. dva kompletna instrumenta (Watts 21) sa nogarima, ali bez plan paralelnih ploča
2. dvije letve za precizni nivelman s milimetarskom podjelom
3. četiri vizurne značke (nišana) sa uređajem za pričvršćivanje (za svaku letvu po dva komada)
4. dva suncobrana
5. dva konopca i 6 kolčića za učvršćivanje letvi kako bi mogle same stati za vrijeme rada
6. dvije žute ili crvene zastavice za davanje signala sa jedne obale na drugu i pokrivanje vizurnih znački (nišana). Ove zastavice su nešto veće od prosječne veličine džepne maramice.
7. dva nivelmanska zapisnika
8. dvije vrpce za mjerenje udaljenosti, i
9. dva nalivpera za pisanje.

PRIPREMNI RADOVI PRIJE POČETKA MJERENJA. Prije početka rada svaki opazač na svojoj strani odabere pogodno mjesto za instrumentat. Od-mjeri dogovorenu udaljenost od svoje bliže letve, postavi i horizontira instrumentat na nogare, zaštiti ga suncobranom od sunca i ostavi jedno vrijeme da se prilagodi atmosferskim prilikama.

U međuvremenu iskoristi se vrijeme da se postavi letva na pomoćni reper. Letva se učvrsti sa konopcima zategnutim na tri strane te provjeri njena vertikalnost pomoću libele i viska. Kad je to gotovo učvrsti se dno letve sa komadima kamena (ako ga ima pri ruci) da ne bi slučajno došlo do prevrtanja. Brojevi letve se okrenu u pravcu instrumenta na drugoj obali, ali

ovo nije uvjet pošto se na toj letvi u stvari ne čitaju brojevi. Kad je letva postavljena opazač odlazi do instrumenta okreće ga prema svojoj bližoj letvi i pročita na njoj vrijednost horizontalne vizure. Ovo čitanje mu služi da može postaviti vizurne značke na letvi. Tome horizontalnom čitanju za gornju vizurnu značku doda a za donju oduzme polovinu dogovorenog razmaka za vizurne značke i na vrijednosti pričvrsti ih na letvu.

Na primjer, ako je dogovoreno da razmak između vizurnih znački (što je utvrđeno na osnovu rastojanja repera od repera) na letvi bude 1,2 metra a naše horizontalno čitanje na letvi iznosi 1,850 to vizurne značke trebaju biti postavljene: gornja vizurna značka $1.850 + 0,600 = 2.450$ zaokruženo 2.500 donja vizurna značka $1.850 - 0,600 = 1.250$ zaokruženo 1.200.

Ovo postavljanje vizurnih znački mora biti jako savjesno i tačno. Kad su vizurne značke postavljene još jednom se provjeri vertikalnost letve kao i brojevi na kojima su postavljene vizurne značke. Ovi brojevi se zapišu u zapisnik mjerenja sa skicom položaja vizurnih znački na letvi poslije čega se vizurne značke pokriju sa već pripremljenim zastavicama.

Ovo pokrivanje vizurnih znački sa zastavicom upozorava opazača na drugoj strani da je ovdje sve spremno i da mjerenje, ukoliko je i on tamo završio sve gornje predradnje, može otpočeti.

Poslije ovoga opazač okrene instrumentat prema svojoj bližoj letvi i čeka znak za početak mjerenja sa druge strane. Čim opazač na drugoj strani pokrije svoje vizurne značke sa zastavicom znači da je i on pripremio sve za početak mjerenja. Toga momenta tj. kada su na obje strane vizurne značke pokrivene jedan od opazača daje znak radnicima da ih otkriju (na obe letve) i mjerenje počinje. Prije početka još se zapiše u zapisnik i tačno vrijeme početka mjerenja, kao i brojne vrijednosti na koje su postavljene vizurne značke.

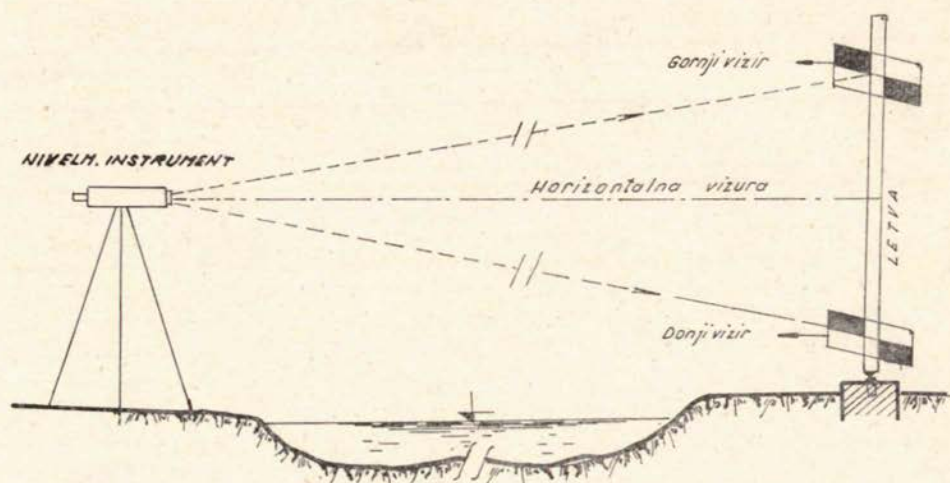
NAČIN MJERENJA. Ovo mjerenje se vrši bez planparalelnih ploča, zato što se na dalekoj ploči ne čitaju brojevi. Na toj letvi se mjere preko vizurnih znački brojevi okretanja elevacionog vijka. Doboš elevacionog vijka je podijeljen na jednake dijelove. Na instrumentu Watts 21, puni okretaj doboša iznosi 50, a sam vijak je tako načinjen da se može od nultnog položaja 6 punih okretaja okrenuti na gore i dole. Na novom tipu instrumenta način čitanja je podešen tako da se uvijek čitaju pozitivne vrijednosti tj. od »0« se ide samo nadalje.

Kad je dan znak tj. da su za početak mjerenja vizurne značke na letvama otkrivene, svaki opazač najprije pročita horizontalnu vizuru na svojoj bližoj letvi. To zapiše u zapisnik mjerenja na odgovarajuće mjesto napred ili nazad već prema tome koja letva je usvojena za prednju a koja za zadnju. Ovo je jako važno, jer za sve vrijeme mjerenja kako sam naprijed napomenuo letve se moraju jednako tretirati.

Kad se završi mjerenje na bližu letvu okreće se durbin u pravcu daleke letve (na drugoj strani), fokusira se na tu daljinu i otpočne se mjerenjem vizurnih znački.

Postupak rada je ovakav: elevacionim vijkom se podiže vizura do presjeka srednje niti — nitnog križa s označenim mjestom viziranja na gornjoj vizurnoj znački. Kad se u vidnom polju durбина dobije ovaj presjek čita se i zapisuje broj okretaja doboša elevacionog vijka u rubriku »gornji vizir«.

Zatim, se vizura spušta (također sa elevacionim vijkom) u horizontalni položaj tj. uvrhuni se horizontalna libela, opet se čita i zapisuje broj okretaja doboša elevacionog vijka. Ovo se zapisuje u rubriku »horiz. vizura«. I na kraju spušta se vizura (opet sa elevacionim vijkom) do presjeka srednje niti — nitnog križa s označenim mjestom viziranja na donjoj vizurnoj znački. Opet se pročita broj okretanja doboša elevacionog vijka i zapiše u rubriku »donji vizir«. S ovim postupkom završeno je jedno mjerenje. Ovo mjerenje na daleku letvu brzo se ponavlja 25 puta i to uvijek ovim redom: gornja vizurna značka, horizontalna vizura i donja vizurna značka (slika 4).



Slika 4.

Kad jedan od opazača završi svoje mjerenje na daleku letvu (25 puta), bez obzira jeli drugi opazač završio ili nije, daje znak svom radniku da pokrije sa zastavicom vizurne značke na svojoj bližoj letvi. Pokrivanje vizurnih znački upozorava opazača na drugoj strani da je prvo mjerenje od 25 puta gotovo bez obzira ima li on 25 mjerenja ili manje. Iza toga oba opazača ponovo čitaju horizontalnu vizuru na svoju bližu letvu, te zapisuju u zapisnik vrijeme završetka rada.

Nije toliko važno ima li drugi opazač tačno 25 mjerenja, koliko je važno da se počne i završi mjerenje u isto vrijeme kako bi se potpuno osigurao isti utjecaj promjena atmosferskih prilika.

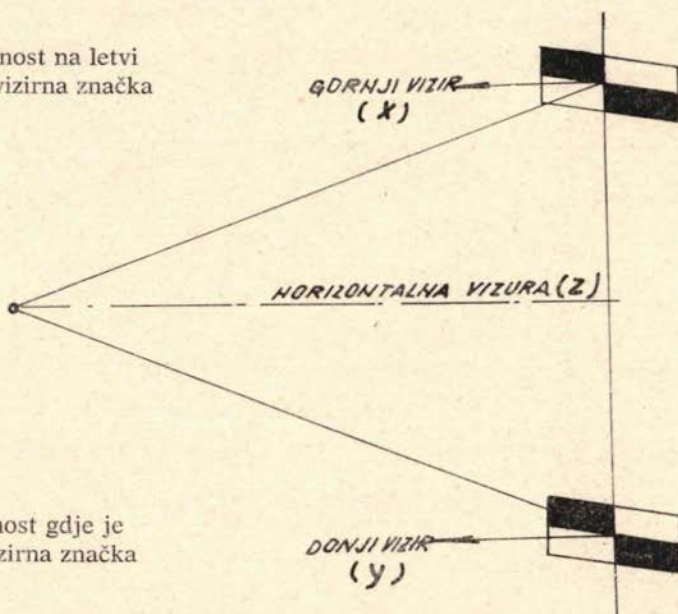
Nakon završetka svaki opazač skida svoj instrument sa tronošca, pakuje ga u kutiju (nogari i letve za viziranje ostaju na svom mjestu), sjedaju u već pripremljene čamce i upućuju se na svoje suprotne strane (mijenjaju mjesta). Tamo ponovo postavljaju instrumente na nogare koji su ostavljeni, ponovo provjeravaju vizurne značke na letvama, ponovno ih pokrivaju sa zastavicama i ponovo mjere 25 puta. Sve se ovo radi istim postupkom kako je gore opisano. Kada se završi ovo drugo mjerenje od 25 puta, sve stvari se pakuju i odlazi u bazu čime je ujedno i polovina mjerenja prvog dana završena. Istog dana poslije podne ponavlja se mjerenje istim postupkom i time je prva polovina mjerenja gotova.

Drugog dana obavi se druga polovina mjerenja kao prvog dana, čime je ujedno i terenski rad završen. Jasno, izvrše se sve potrebne kontrole te ukoliko postoji kakva gruba greška, ili veliko neslaganje, ponovi se još jednom kompletno mjerenje. Ukupno prvog i drugog dana svaki opazač ima 200 čitanja na svoju daleku letvu (100 prvi dan i 100 drugi dan) ili ukupno 400 čitanja.

Obrada terenskih podataka

A) gornja brojna vrijednost na letvi gdje je postavljena vizirna značka

GORNJI VIZIR
(X)



B) donja brojna vrijednost gdje je postavljena donja vizirna značka

DONJI VIZIR
(Y)

Slika 5.

Vrijednost čitanja »h« na dalekoj letvi dobije se po formuli:

$$h = A - \left[(A - B) \frac{X - Z}{X - Y} \right] \text{ ili } B + \left[(A - B) \frac{Z - Y}{X - Y} \right]$$

gdje je

- A — broj na koji je postavljena gornja vizurna značka na letvi. Čita ga direktno i zapisuje svaki opazač na svojoj bližoj letvi.
- B — broj na koji je postavljena donja vizurna značka na letvi. Opet ga čita i direktno zapisuje svaki opazač na svojoj strani tj. na svojoj bližoj letvi.
- X — aritmetička sredina iz 25 mjerenja, vrijednosti broja okretaja elevaci- onog vijka (mikrometra) za gornju vizurnu značku.
- Z — aritmetička sredina iz 25 mjerenja, vrijednosti broja okretaja elevaci- onog vijka (mikrometra) za horizontalnu vizuru.
- Y — aritmetička sredina iz 25 mjerenja, vrijednosti broja okretaja elevaci- onog vijka (mikrometra) za donju vizurnu značku.

Brojni primjer:

$$\begin{aligned}
 A = 6.000 \quad X = 3.238,1 \quad H = 6000 - (6000 - 3000) \frac{3238,1 - 1250,2}{3238,1 - 2408,0} \\
 &= 6000 - 3000 \frac{830,1}{1987,9} = \\
 Z = 2.308,0 \quad &= 6.000 - 1.252,7 = 4.7473 \\
 &\text{odnosno} \\
 B = 3.000 \quad X = 1.250,2 \quad h = 3.000 + (6000 - 3000) \frac{3238,1 - 1250,2}{2408,0 - 1250,2} \\
 &= 3.000 + 3.000 \frac{1987,9}{1157,8} \\
 &= 3.000 + 1.7473 = 4.7473
 \end{aligned}$$

Ako je horizontalna vizura nazad direktno očitana iznosila 4.2840 to imamo visinsku razliku Δh između čitanja nazad i naprijed

$$\Delta h = 4.2840 - 4.7473 = -0,4633$$

Kada smo odredili naša mjerenja prvog i drugog dana dobili smo slijedeći rezultat: (u tabelama su izneseni rezultati već gotovih aritmetičkih sredina iz 25 mjerenja.



Slika 6.

a i b su položaji gdje se postavlja instrument

I. Tabelarni prikaz aritmetičkih sredina mjerenja prvog i drugog dana

A) mjerenje prvog dana

Stanica vizura	n a z a d			n a p r e d		
	x	z	y	x	z	y
I-b LVI/N	3201.0	2322.5	1107.8			
	(5.800)		(2.800)			
LVI/I					4942.0	
I-a LVI/N		4473.0				
LVI/I				3430.3	2321.1	1319.4
				(6.400)		(3.400)

Stanica vizura		n a z a d			n a p r e d		
		x	z	y	x	z	y
II-a	LVI/N	4284.0					
	LVI/I				3238.1 (6.000)	2408.0	1250.2 (3.000)
II-b	LVI/N	2835.4 (5.800)	2107.4	866.3 (2.800)			
	LVI/I					4942.0	
II-a	LVI/N	4290.0					
	LVI/I				2735.8 (6.000)	1940.0	764.0 (3.000)
II-b	LVI/N	2905.1 (5.800)	1963.9	926.9 (2.800)			
	LVI/I					4624.0	
I-a	LVI/N	4295.0					
	LVI/I				3446.4 (6.100)	2412.9	1342.6 (3.100)
I-b	LVI/N	3396.6 (5.800)	2526.2	1289.8 (2.800)			
	LVI/I					4934.5	
B) Mjerenje drugog dana							
II-a	LVI/N	4344.5					
	LVI/I				3205.8 (6.200)	2149.8	1109.2 (3.200)
II-b	LVI/N	3409.2 (5.000)	2570.0	1266.5 (2.800)			
	LVI/I					5011.0	
I-B	LVI/N	2897.3 (5.800)	1991.5	919.9 (2.800)			
	LVI/I					4665.0	
I-a	LVI/N	4334.0					
	LVI/I				2508.9 (6.200)	1597.4	556.8 (3.200)
I-a	LVI/N	4187.0					
	LVI/I				2951.8 (6.000)	2068.0	965.4 (3.000)
I-b	LVI/N	2567.5 (6.000)	1749.6	603.3 (3.000)			
	LVI/I					5019.0	
II-b	LVI/N	3238.4 (5.700)	2482.4	1138.6 (2.700)			
	LVI/I					5030.0	
II-a	LVI/N	4439.0					
	LVI/I				3624.6 (6.500)	2394.0	1491.7 (3.500)

Stanica	Vizura	Nazad	Napred	Vis. raz.
A) Mjerenje prvog dana				
I-B	LVI/N LVI/1	4540.9	4942.0	— 0.4011
I-A	LVI/N LVI/1	4473.0	4.8236	— 0.3506
II-A	LVI/N LVI/1	4284.0	4747.3	— 0.4633
II-B	LVI/N LVI/1	4690.9	4942.0	— 0.2511
II-A	LVI/N LVI/1	4290.0	4789.2	— 0.4992
II-B	LVI/N LVI/1	4372.6	4624.0	— 0.2514
I-A	LVI/N LVI/1	4295.3	4626.2	— 0.3309
I-B	LVI/N LVI/1	4560.6	4934.5	— 0.3739
B) Mjerenje drugog dana				
II-A	LVI/N LVI/1	4344.5	4689.0	— 0.3445
II-B	LVI/N LVI/1	4606.7	5011.0	— 0.4043
I-B	LVI/N LVI/1	4425.8	4665.0	— 0.2392
I-A	LVI/N LVI/1	4334.0	4799.2	— 0.4652
I-A	LVI/N LVI/1	4187.0	4665.2	— 0.4782
I-B	LVI/N LVI/1	4.750,0	5.019,0	— 0.2682
II-B	LVI/N LVI/1	4.619,9	5.030,0	— 0.4101
II-A	LVI/N LVI/1	4.439,0	4.769,1	— 0.3301

Konačni rezultat prvog dana mjerenja za visinsku razliku između repera, kao aritmetička sredina iz mjerenja prvog i drugog opazača prije podne i poslije podne, prikazan je u tabeli broj 2 — račun visinskih razlika.

$$\begin{array}{l} \text{do podne} \quad \Delta H = -0,3665 \\ \text{po podne} \quad \Delta H = -0,3635 \end{array} \quad \frac{\Delta H = -0,3650}{}$$

Drugog dana ponovljeno mjerenje također sređeno u tabeli br. 2, dalo je slijedeći rezultat:

$$\begin{array}{l} \text{do podne} \quad \Delta H = -0,3630 \\ \text{po podne} \quad \Delta H = -0,3716 \end{array} \quad \frac{\Delta H = -0,3673}{}$$

Neslaganje od $f = 0,0023$ između mjerenja prvog dana i mjerenja drugog dana je daleko ispod dopuštenog odstupanja za ovu vrstu mjerenja i rezultat je više nego zadovoljavajući.

Konačna visinska razlika između pomoćnog repera na jednoj obali (broj LVI/1) i pomoćnog repera na drugoj obali (broj LVI/N) morskog zaljeva uzeta je kao aritmetička sredina između mjerenja prvog i drugog dana i ona iznosi:

$$\Delta H = \frac{-0,3650 + (-0,3673)}{2} = -0,3662$$

Prilikom ovog rada poslužili smo se priručnikom »Survey of Kenya, Technical instructions for primary Levelling«.