

PRILOG ISPITIVANJU VANJSKIH UTJECAJA NA TOČNOST MJERENJA DUŽINA ELEKTROOPTIČKIM DALJINOMJE- ROM AGA-6

Milivoj FLORIJAN — Osijek*

1. UVOD

Problem ispitivanja točnosti mjerenja uz samu površinu mora suvremenim elektromagnetskim daljinomjerima odavno je bio aktuelan. Pojavom elektromagnetskih daljinomjera već ranije se počelo sličnim ispitivanjima u zemljama bogatim vodenim površinama.

Kao najpodesnije područje ispitivanja u nas izabran je Kaštelanski zaljev na kome su se ova ispitivanja mogla obaviti bez nekih velikih poteškoća i materijalnih izdataka, zbog blizine Splita.

Usljed razvedenosti naše obale i sve češće potrebe povezivanja otoka međusobno i sa kopnom za razne potrebe (vodovod, električna mreža, ceste itd.) kao i ispitivanje točnosti triangulacije u priobalnom pojasu nalazi se opravdanost i potreba za ovakva i slična ispitivanja. U razradi projekta koristilo se iskustvo ranijih ispitivanja terestričke refrakcije pri niskim vizurama.

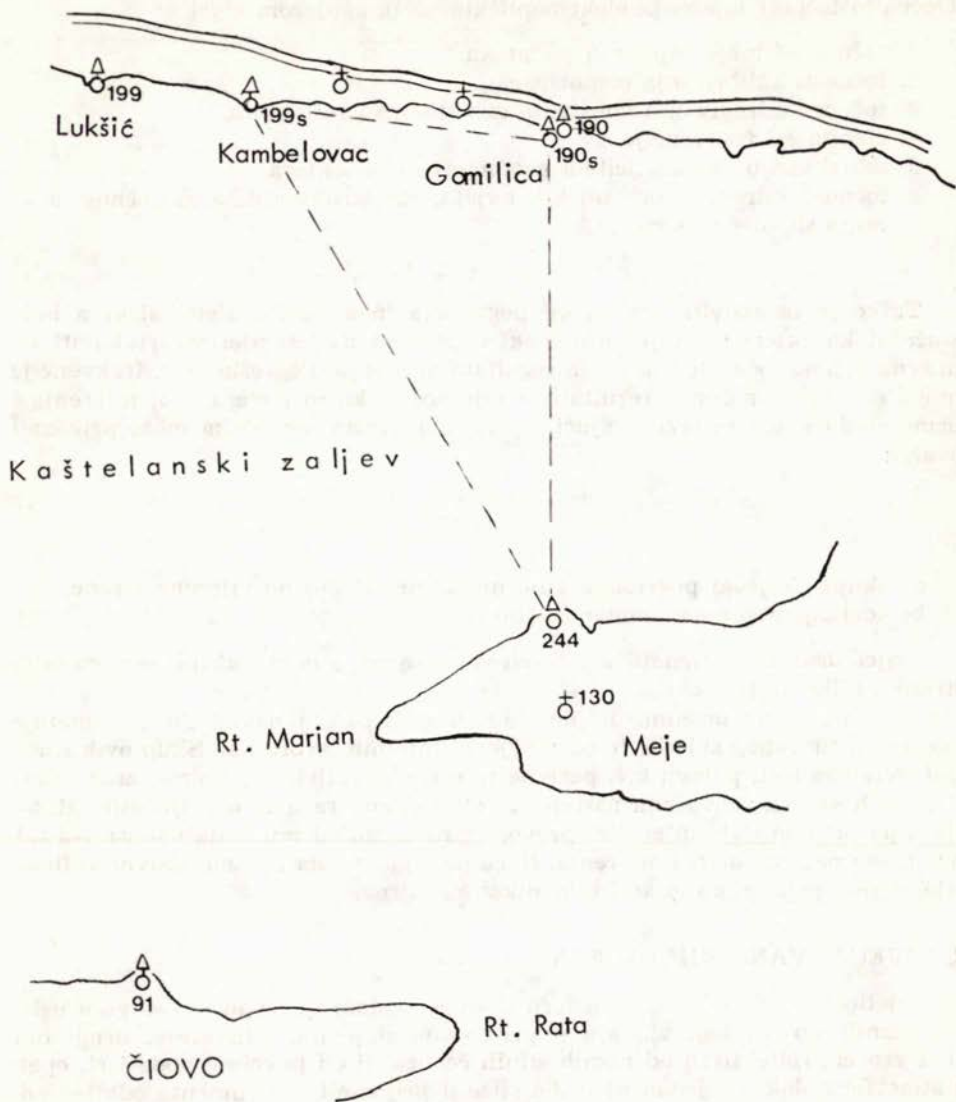
Mjerenja u Kaštelanskom zaljevu obavljena su u periodu od 6. VIII do 13. IX 1975. godine. Dužine su mjerene geodimetrom AGA Model 6, a kutovi Wildovim teodolitom T3. U cilju ispitivanja kontrole kvarc oscilatora obavljena su mjerenja 11. XI 1975. u laboratoriju mikrovalne tehnike na Elektrostrojarском fakultetu u Splitu. Iz histograma vjerojatnih odstupanja vidi se da je frekvencija zadržala svoju vrijednost u granicama od 2×10^{-6} . Za ispitivanje vanjskih utjecaja na samu točnost mjerenja dužina, korištene su postojeće trigonometrijske točke na obali mora.

Iz priložene sl. 1, vidi se raspored tih točaka. Triangulacijska točka 190, je točka III reda, dok su trigonometrijske točke 199 i 244 IV reda. Dužina između točaka 244 i 190s iznosi približno 3,3 km, dok između 199s i 244 iznosi 4,1 km, a dužina 190s — 199s je najmanja, ona iznosi približno 2,2 km.

Na ovim trima stranama obavljeno je ukupno 178 mjerenja, i to pri raznim vanjskim uvjetima. Pazilo se na visinu velike i male vode, (plima oseka), zatim na visinu reflektora i geodimetra. Pri mjerenju uzimani su meteorološki faktori na stanici geodimetra i to: pritisak zraka u »mb« i temperatura zraka u »°C«.

Točnost mjerenja udaljenosti putem elektromagnetskih valova uvjetovana je s više faktora. Glavni utjecaj su vanjski uzroci, pogotovo na većim daljina-

* Mr. Milivoj Florijan, dipl. ing. -Viša tehnička građevinska škola Osijek, A. Cesarca 17.



Sl. 1 Položaj trigonometrijskih točaka na kojima se obavljalo mjerenje i ispitivanje

ma gdje se brzo mijenjaju mikroklimatski uvjeti. U takvim slučajevima bi trebalo uzimati meteorološke faktore i na mjestu reflektora, pa čak i u međuprostoru tih dviju stanica.

Općenito točnost mjerenja elektrooptičkim daljinomjerom ovisi o:

1. točnosti čitanja mjerenih podataka,
2. točnosti kalibriranja (usporivača),
3. točnosti određivanja konstante geodimetra i reflektora,
4. stabilnosti frekvencije,
5. određivanju ekscentriciteta geodimetra i reflektora,
6. točnosti određivanja vanjskih uvjeta. Konstruktor daje za točnost mjerenja slijedeću formulu:

$$m_D = \pm (1 \text{ cm} \pm 2 \cdot 10^{-6} D) \quad (1,1)$$

Teško je ustanoviti sve izvore pogrešaka (neki imaju sistematski a neki slučajni karakter) pri mjerenju elektrooptičkim daljinomjerima i obaviti ispravnu ocjenu točnosti dobivenih rezultata mjerenja. Pogreške npr. frekvencije mogu se učiniti malim u rezultatima mjerenja, ako se poveća broj mjerenja i uzme sredina, tok se rezultirajući utjecaj svih vrsta pogrešaka može prikazati ovako:

$$m_D = \pm (a + b \cdot D) \quad (1,2)$$

gdje su:

- a) ukupan utjecaj pogrešaka koje ne zavise od dužine mjerene strane,
- b) koeficijent proporcionalan dužini,

Vrijednosti koeficijenata a i b određuje se na osnovi dužina već poznatih strana i njihovih pogrešaka.

Mjerenjem svjetlosnim daljinomjerom (AGA-6), pojavile su se smetnje dnevnog i sunčanog svjetla, te od rasvjete umjetnih izvora i sl. Skup ovih smetnji uvrštava se u pojavu tzv. pasivne terestričke refleksije. Naime, zraka moduliranih valova zahvaćena pasivnom refleksijom vraća se u prijemnik odašiljača pa pri tom slabi intenzitet pravog signala uslijed mješanja valova. Na taj način se smanjuje domet mjerenja. Noću pak, gotovo da i nema pasivne refleksije. Signal je potpuno jasan i iglandikatora mirna.

2. UTJECAJ VANJSKIH UVJETA

Svjetlost šireći se kroz atmosferu postepeno slabi tj. jedan dio se gubi uslijed raznih uzroka koji vladaju u prizemnim slojevima atmosfere, drugi dio biva vraćen, reflektiran od raznih sitnih čestica ili od površine vode i sl. opet u atmosferu, dok tek jedan njen dio stiže u prijemnik instrumenta odbijen od prizama na drugoj strani dužine.

Poznato je da je utjecaj atmosferske refrakcije jedan od uzroka što je vanjska točnost mjerenja manja od unutarnje i što se ponavljanjem mjerenja na istim dužinama mogu dobiti nešto različite vrijednosti, jer su se i uvjeti u atmosferi nešto promijenili.

Zato se obavlja više mjerenja na istoj dužini uzimajući svaki put u obzir meteorološke faktore, koji pak samo aproksimiraju stvarno stanje, jer sasvim točne rezultate nećemo nikad dobiti. U novijim konstrukcijama daljinomjera

ugrađena je vrijednost koeficijenta loma za neke pretpostavljene uvjete u atmosferi. Veličine dobivene mjerenjem odgovarati će vanjskim uvjetima tog datog koeficijenta loma, a ne stvarnim vanjskim uvjetima u kojima se mjeri. Ta kalibraciona vrijednost data je u odnosu na neke uvjete, tj. uz uvjet temperature od 15°C, pritiska 760 mm Hg i 0,03% CO₂, pa postoji više formula za računanje grupnog indeksa loma.

Firma AGA je konstruirala nomogram za uvođenje atmosfere korekcije u rezultate mjerenja sa geodimetrom model 6. Za određenu dužinu valova i određene vanjske uvjete: ($\lambda_{\text{ef}} = 550 \text{ nm}$, $t = 0^\circ\text{C}$, $p = 760 \text{ mmHg}$ i 0,33% CO₂) dala je korekconu formulu:

$$\text{COR} = \left(310,4 - \frac{82883}{273+t} \cdot \frac{p}{760} \right) \cdot 10^{-6} \cdot D \quad (2,1)$$

Vlažnost zraka beznačajno utječe na brzinu širenja svjetlosti pa se očitava samo temperatura i barometarski pritisak. Za pogrešno očitavu temperaturu od $\pm 1^\circ\text{C}$ i pritisak od $\pm 3 \text{ mmHg}$, dobivano pogrešku do $\pm 1 \cdot 10^{-6} D$.

U literaturi je napisano da je za daljine veće od 8 km potrebno mjeriti na više mjesta promjenu atmosfere uvjeta. Međutim to ne mora biti baš tako, ponekad će trebati na više mjesta mjeriti atmosfere faktore i na kraćim udaljenostima, pa i mjeriti čak i vlažnost zraka.

Možemo zaključiti da od točnosti određivanja (mjerenja) atmosfere uvjeta zavisi i pretpostavljeni oblik krivulje putanje, a prema tome i dužina strane. Prilikom mjerenja uz vodenu površinu (more) zbog velike blizine mora, refrakcija je po danu veoma promjenljiva i velika a tek se predvečer počinje smanjivati da bi se duboko u noći smirila. Dakle na moru se refrakcija po danu ponaša obrnuto nego na kopnu. Ta pojava uočena je pri mjerenju dužine između trigonometara 244 i 190, jer je tu vizura razmjerno niska, tj. blizu morske površine, gdje su na taj način veće promjene u gustoći zraka zbog raznih vanjskih utjecaja (sunca).

Prof. Čubranić mjerio je još 1956. godine na istoj udaljenosti (po danu) zenitnu daljinu. Iz formule za trigonometrijsko mjerenje visina računao je refrakciju i dobio da srednji koeficijent refrakcije iznosi + 0,776. Na drugoj sličnoj udaljenosti, ali zato na srednjoj nadmorskoj visini od 68 m, dobio je po danu srednji koeficijent refrakcije + 0,123. Očito je, da je to velika razlika.

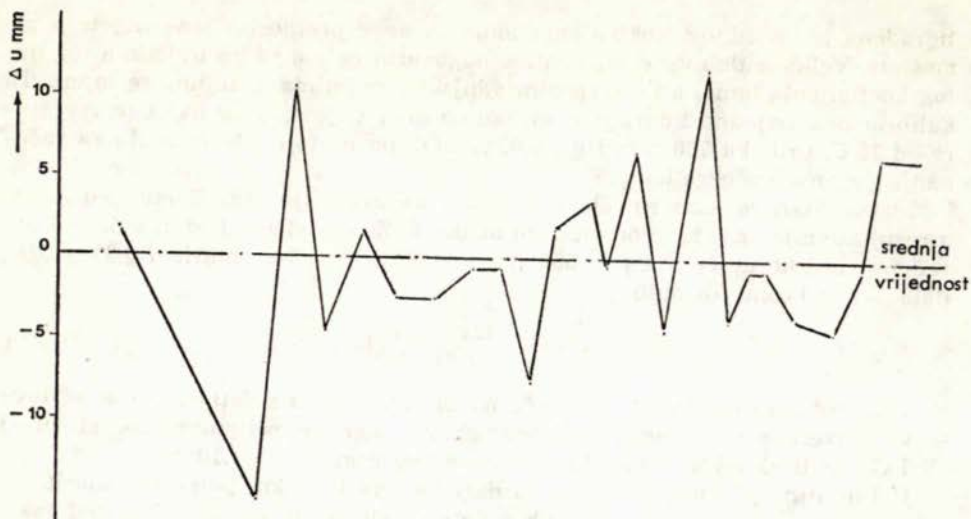
Trebalo bi kombinirati dnevna i noćna mjerenja. Međutim, već je spomenuto da na mjerenje sa svjetlosnim daljinomjerima mnogo utječe dnevno vjetlo i sl., pa se mjerilo u večernje i noćne sate ali zato u više dana i pri raznim vremenskim prilikama, kako bi se dobilo što bolje stvarne dužine.

3. PRIKAZ ISPITIVANJA I DOBIVENI REZULTATI

Povećanjem broja mjerenja u istim uvjetima ne povećavamo točnost mjerenne dužine. Bolje je izmjeriti manji broj pojedinačnih mjerenja ali u većem vremenskom razmaku, nego veći broj u kraćem vremenskom razdoblju.

3.1. Mjerenja (190_s—199_s) pri visini geodimetra 1,670 m i visini reflektora 1,610 m, te analiza dobivenih rezultata (Prilog tablica 6.1)

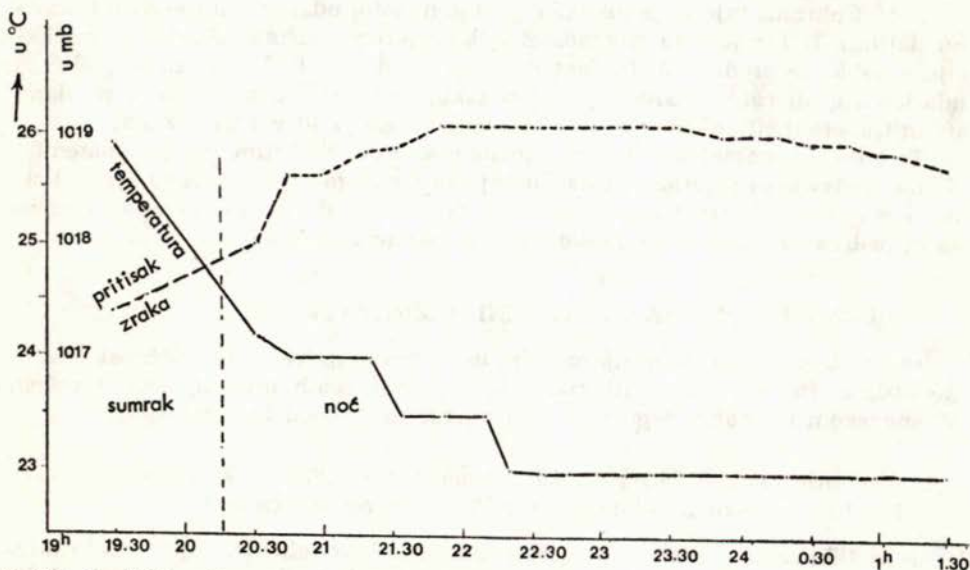
Iz te tablice se odmah vidi da se ponavljaju iste veličine. Nije trebalo mjeriti 24 puta ali da se to može konstatirati trebalo je toliko puta izmjeriti. Arit-



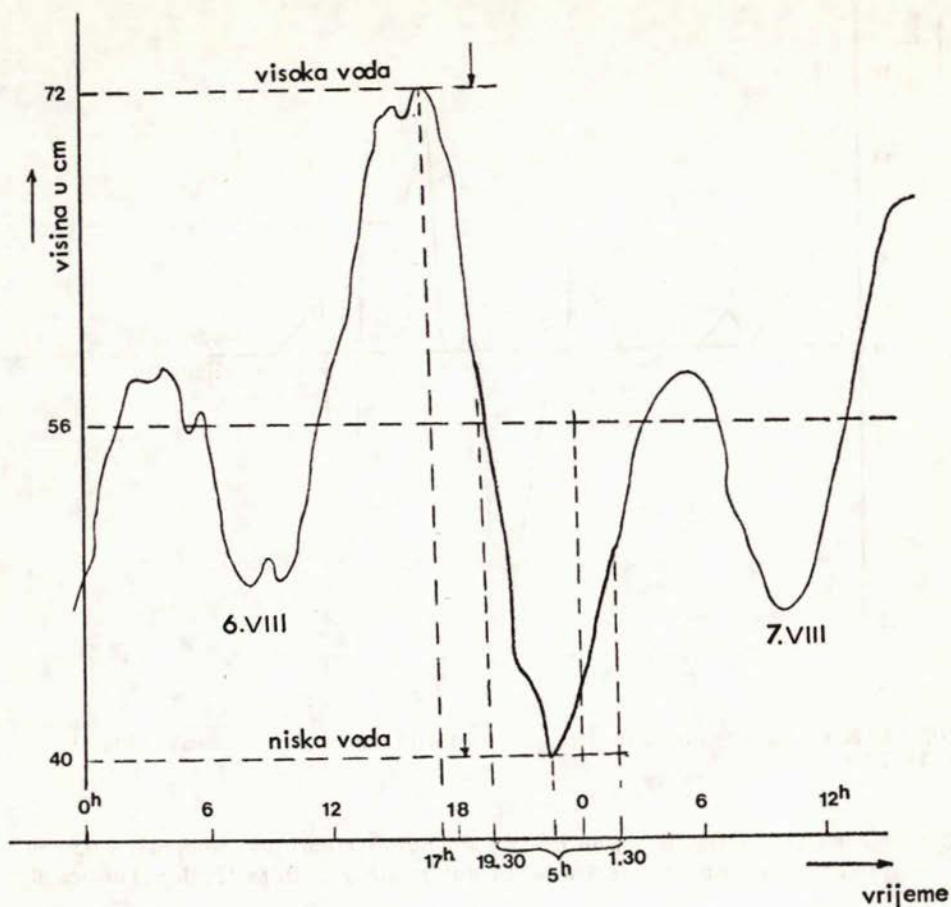
Sl. 3.1. Krivulja pojedinačnih čitanja na dužini između trig. tačaka 190_s i 199_s, 6. i 7. VIII 1975.

metička sredina je 2121,264 m, dok su odstupanja od sredine u granicama koje daje proizvođač tj. oko $\pm 1,5$ cm na 2,1 km. Ostali pokazatelji su vidljivi u tablici. Iz rezultata se vidi da je postignuta vrlo dobra unutarnja točnost, tj. ispod točnosti koju daje proizvođač instrumenta.

Razdioba pogrešaka slijedi Gaussovu krivulju gdje je uočljiva simetrija (vidi prilog sl. 2, 1). Temperatura, pritisak i odstupanja od srednje vrijednosti



Sl. 3.2. Grafički podaci meteoroloških faktora

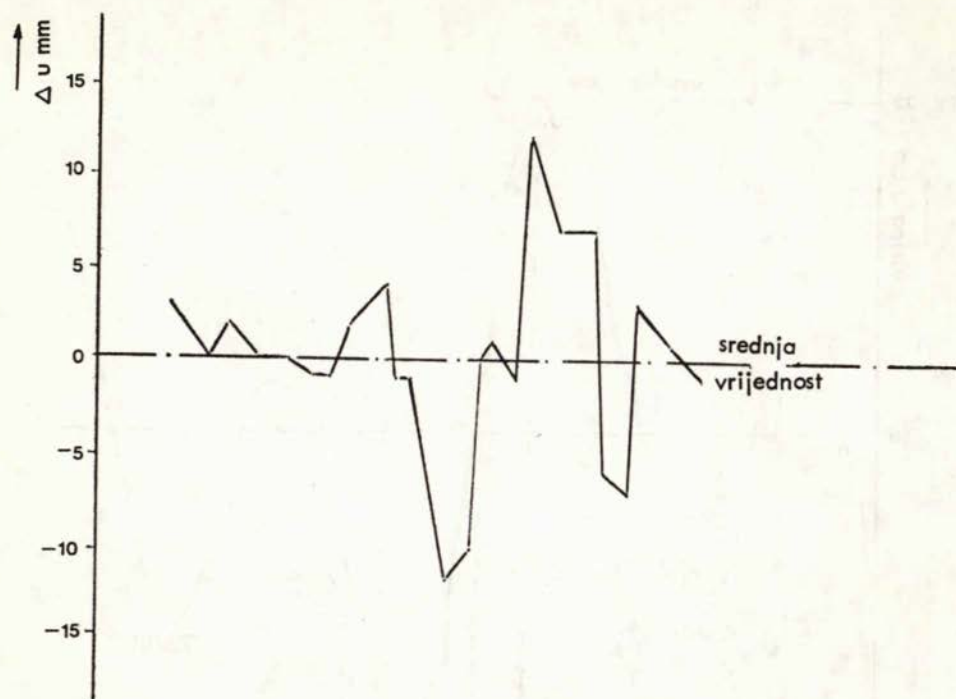


Sl. 3.3 Morske mijene (visoka i niska voda)

vide se iz crteža na sl. 3,1 i sl. 3,2, dok se na sl. 3,3 vidi grafički prikaz oscilacije površine mora uslijed morskih mijena. (Prilog). Pojačana je krivulja mareograma u vremenu mjerenja duljine. Znači imala je tok opadanja nivoa vode. Ovo je bilo potrebno da bismo eventualno mogli utvrditi da li postoji uzajamna povezanost tj. korelacija između visine svjetlosnog snopa i visine reflektirane plohe u ovom slučaju mora¹).

Iz crteža na sl. 3,1 i 3,2 uočava se da krivulja pojedinačnih čitanja više oscilira pri naglom padu temperature, dok se poslije nešto smiruje stabiliziranjem temperature. Kod toga pritisak zraka manje utječe. Ne može se ovdje zaboraviti da su to i prva čitanja, koja su se obavila u početku stabilizacije mjernog napona, pošto su kasnija čitanja bolja.

¹ Napomena: Srednja dnevna amplituda plime i oseke iznosi za Kaštelanski zaljev oko 30 cm. Ta je vrijednost dosta stalna tokom godine.



Sl. 3.4. Krivulja pojedinačnih čitanja na dužini između trig. tačaka 190_s i 199_s, 6. IX 1975.

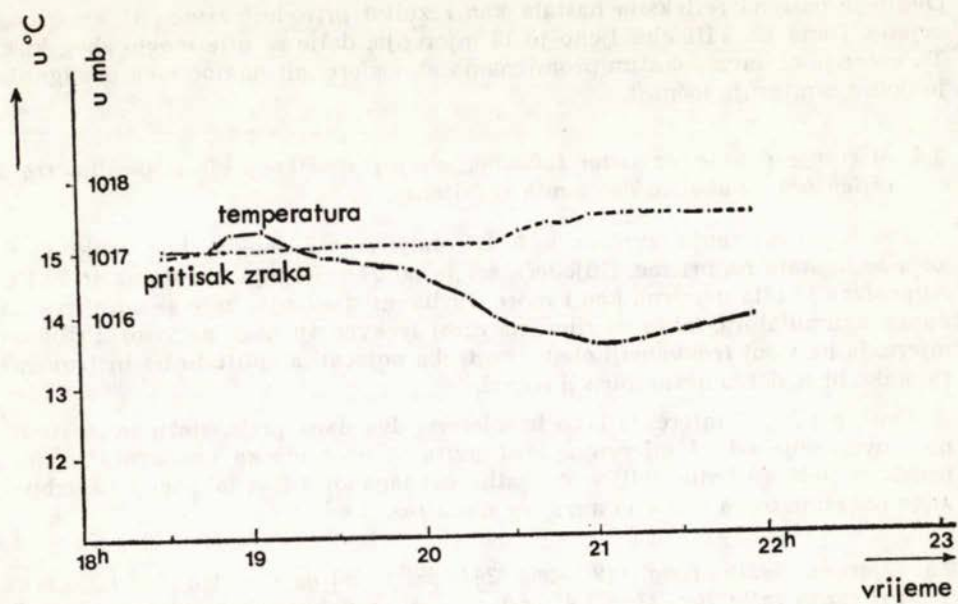
3.2. Mjerenja na istim točkama ali pri spuštеноj visini geodimetra na 0,98 m i reflektora na 1,04 m kao i analiza dobivenih rezultata (Prilog Tablica 6.2)

Tablica (6.2) daje podatke mjerenja, meteorološke podatke i ostalo, dok se temp., pritisak, i odstupanja od srednje vrijednosti vide iz crteža na slikama 3,4 i 3,5 a morske mijene na crtežu na slici 3,6. Sredina iz 24 ponavljanja je manja za oko 12 mm od sredine iz prethodne serije. Glavni razlog je što su u ovom slučaju pri mjerenju bili malo drugačiji vanjski uvjeti, dok se iz ocjene točnosti vidi da je dobivena dobra unutarnja točnost. Iz veličine odstupanja »v« vidi se da je broj pozitivnih skoro isti sa brojem negativnih, što je u skladu sa pojavom slučajnih pogrešaka.

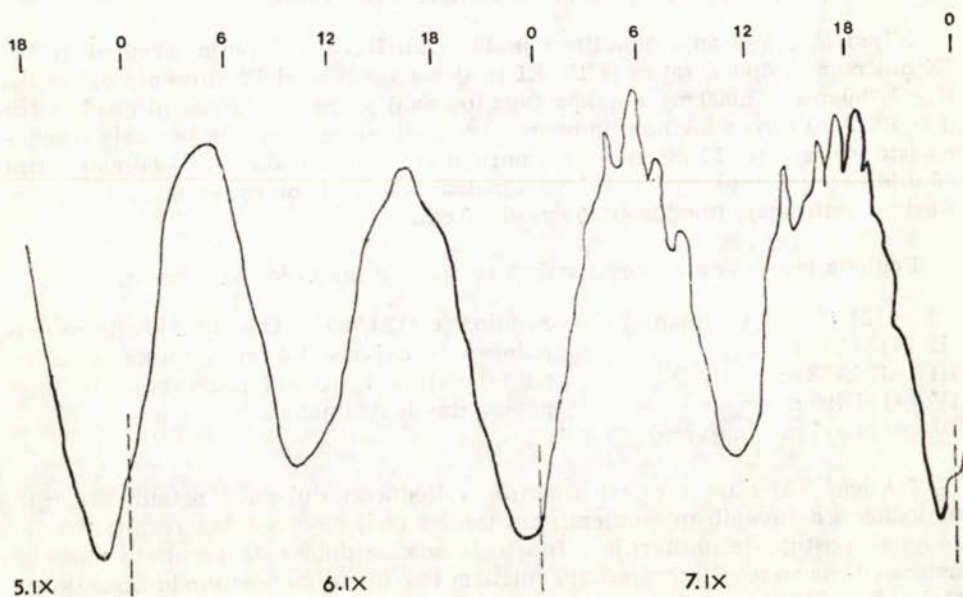
3.3. Mjerenja dužine trig. 190_s—trig. 244 pri visini geodimetra 1,620 m i visini reflektora 1,460 m.

Prvo mjerenje obavljeno je 9. VIII, ali nakon četiri mjerenja rad je prekinut zbog svičarica² (postrano svjetlo sa strane). Utjecaj pasivne refleksije bio je ovdje očit. 10. VIII izmjerena je ista udaljenost samo dva puta. Smetnje — dnevno svjetlo, naime nije se moglo mjeriti po danu. Mjerene vrijednosti se dosta međusobno razlikuju, pa se nisu mogle uzeti u obzir prilikom ispitivanja.

² Svjećarica je ribarski brod koji nosi na pramcu jako svjetlo



Sl. 3.5. Podaci meteoroloških faktora



Sl. 3.6 Morske mijene (visoke i niske vode) za vrijeme mjerenja dužina između trig. točaka 190_s i 244, 5. IX 1975., 190_s i 199_s, 6. IX 1975., te 190_s i 244, 7. IX 1975.

Ovdje je pasivna refleksija nastala kao rezultat prirodnih izvora tj. sunčanog svjetla. Dana 12. VIII obavljeno je 18 mjerenja, dalje se nije moglo zbog kiše. Ta večer je obilavala čestim promjenama atmosfere, ali unatoč toga postignuta je dobra unutarnja točnost.

3.4. *Mjerenje dužine na istim točkama ali pri spuštеноj visini geodimetra i reflektora, te analiza dobivenih rezultata*

Prvih pet mjerenja izvršeno je 5. IX, dalje se nije moglo zbog velike rose, koja se hvatala na prizme. Slijedeća serija od 24 mjerenja obavljena je 7. IX. Atmosfera je bila nemirna kao i more. Prilikom sijevanja, koje se odražava na napon akumulatora, lakše se mjeri na nižoj frekvenciji nego na višoj. Prilikom mjerenja na višoj frekvenciji obavezno treba pojačati amplitudu na instrumentu, kako bi se dobio nešto mirniji signal.

Onih prvih pet mjerenja iako je mjereno dva dana prije, slažu se sa sredinom ove serije od 24 mjerenja. Postignuta je opet visoka unutarnja točnost prilikom slabije i bolje vidljivosti, zatim pri laganoj kiši a također i za uzburkane površine mora odnosno mirnijeg mora itd.

3.5. *Mjerenje dužine (trig. 199_s—trig. 244) pri visini geodimetra ($i = 1,750$ m) i pri visini reflektora ($l = 1,430$ m), te analiza dobivenih rezultata mjerenja*

Ova dužina je najduža (4124 m). U prvoj fazi mjereno je 23. VIII s običnom lampom, i postignuta je i dobra unutarnja točnost.

3.6. *Mjerenja pri spuštеноj visini geodimetra i reflektora*

Slijedećih 16 čitanja obavljeno je 28. VIII. Devet mjerenja izvedeno je 20. IX običnom lampom, zatim je 13. XI izmjerena serija od 12 mjerenja pri visini ($i = 1,750$ m $l = 1,030$ m), a nakon toga (odmah) pri spuštеноj visini geodimetra ($i = 1,070$ m) i to sa živinom lampom. Ovo posljednje mjerenje je dakle izvedeno iste večeri i to: 12 mjerenja pri normalnoj visini geodimetra i odmah zatim 16 mjerenja pri spuštеноj visini geodimetra, dok je visina reflektora bila stalna. Razlika ovih serija (međusobno) iznosi 1,6 cm.

Pogledajmo sada sredine iz svih 5 serija ove (najveće) udaljenosti:

I 4124,779 m (najmanja)	Sredina je 4124,793 m. Odstupanje od ove vrijednosti je najveće 1,8 cm, a tolika se kreće na toj daljini i srednja pogreška koju daje proizvođač instrumenata.
II 4124,791 m	
III 4124,788 m	
IV 4124,795 m	
V 4124,811 m (najveća)	

Tablica (6 3) daje pregled srednjih vrijednosti dužina i ostalih srednjih vrijednosti dobivenih mjerenjem, dok tablica (6,4) daje pregled rezultata mjerenja tj. postignute unutarnje točnosti. Iz analize dobivenih rezultata može se ustanoviti da se rezultati mjerenja običnom i živinom lampom međusobno dobro slažu, kao što ustvari i treba da bude. Razlika sredina pri normalnoj i pri spuštеноj visini instrumenata iznosi 12 mm, što se smatra normalnim, jer leži ispod granice točnosti koju daje firma za ovu udaljenost.

3.7. Računanje kuteva iz mjerenih dužina

Da bi se moglo zaključivati o stvarno postignutoj točnosti ovih dužina mjerenih elektrooptičkim daljinomjerom, bilo bi potrebno te dužine usporediti s nekim već od prije poznatim vrijednostima. Postoje samo koordinate trigon. točaka, ali apsolutnih pokazatelja nema. U tu svrhu izmjereni su kutevi u trokutu Wildovim instrumentom T 3 u više girusa i za povoljnih atmosferskih uvjeta.

Svi ti podaci vide se iz tablice 6,5 tj. u tabe'arnom pregledu odstupanja po serijama. Tablice 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 prikazuju srednje vrijednosti dužina po serijama i ocjeni točnosti, dok samo računanja kuteva iz dužina nisu ovdje prikazana, jer bi zauzla mnogo prostora (vidi Prilog).

Iz tablice 6.5 može se zaključiti: Veličina nesuglasica » Δ « dobivene po računanjima iz opće aritmetičke sredine dužina i obične aritmetičke sredine vrlo malo se razlikuju. Čak su nesuglasice u trećoj i šestoj seriji manje, računajući običnom aritmetičkom sredinom. Tome je razlog što su pri računanju s dužinama iz obične aritmetičke sredine obuhvaćene sve veličine dobivene mjerenjem, dok pri računanju s dužinama dobivenim iz opće aritmetičke sredine neke su veličine izostavljene zbog malog broja mjerenja.

Veličine nesuglasica kreću se u granicama točnosti mjerenja horizontalnih kuteva Wildovim instrumentom T 3. Nesuglasice od 0",6 tj. kutna veličina na udaljenosti od 4,1 km iznosi u linearnoj mjeri oko 12 mm. Ovo predstavlja visoku točnost mjerenja dužina. Za nesuglasice dobivene iz računanja dužina po koordinatama ova odstupanja su veća. Najveća veličina od cca 9" (kolika je dobivena u kutu α) iznosi na 3,3 km u linearnoj mjeri odstupanje od 15 cm, a na duljini 4,1 km odstupanje od 18 cm. Upravo toliko odstupanje se dobilo i pri komparaciji dužina mjerenih geodimetrom i onih iz triangulacije. To bi bila ujedno i kontrola.

Ako se pogleda 7. i 8. serija računanja tj. iz zadane dužine $a = 2121,264$ m, odnosno $2121,252$ m (ova računanja nisu pokazana radi uštede u prostoru), dobile su se strane b i c.

Iz srednje vrijednosti: $a = 2121,258$ m (onih dviju gore) dobilo se:

$$\begin{array}{ll} b_{r\bar{0}} = 3320,892 \text{ m} & i \quad C_{r\bar{0}} = 4124,812 \text{ m} \\ b_{m\bar{0}} = 3320,875 \text{ m} & C_{m\bar{0}} = 4124,792 \text{ m} \\ \Delta_b = (+) 0,018 \text{ m} & \Delta_c = (+) 0,020 \text{ m} \end{array}$$

Ove razlike su po apsolutnoj vrijednosti identične veličinama srednjih pogrešaka mjerenja, što ih daje proizvođač na ovim duljinama.

4. ZAKLJUČCI

1. U literaturi navodi firma za broj reflektora ove podatke:

Na udaljenost (u metrima)	Obična lampa		Živina lampa	
	(dan)	(noć)	(dan)	(noć)
	(broj potrebnih priz.)			
1000	3	1	1	1
2000	6	1	3	1
5000	—	3	9	1
10000	—	9	—	2

Međutim ni sa živinom lampom ne može se po danu, uz maksimalan broj prizama, izmjeriti daljina veća od 2 km, pogotovo ako je dan sunčan. Noću je situacija drugačija, ali se noću također ne može izmjeriti duljina od 5 km sa 1 prizmom uz upotrebu obične lampe, odnosno 10 km sa 2 prizme uz upotrebu obične lampe. To je moguće samo uz upotrebu živine lampe.

2. Nije pronađeno da bi terestrička (aktivna) svjetlosna refleksija utjecala na točnost mjerenja ovim instrumentom, pri raznim položajima geodimetra i vanjskih uvjeta, jer dobivena odstupanja to potvrđuju. Odnosno, i u blizini morske površine može se postići visoka točnost mjerenja dužina geodimetrom tj. točnost koju daje firma proizvođača.

3. Kutevi u trokutu izračunati na temelju srednjih vrijednosti mjernih dužina ukazuju na visoku točnost mjerenja AGA-Geodimetrom model 6 i u uvjetima neposredne blizine morske površine, gdje su promjene vanjskih uvjeta najintenzivnije.

4. Za daljine veće od 4 km na površini mora ili u njegovoj neposrednoj blizini, a na temelju rezultata ovih mjerenja, trebalo bi uzimati meteorološke podatke na obje strane, a ne samo na mjestu stajališta instrumenata.

5. Iako svrha ovog ispitivanja nije bila određivanje mjerila triangulacije i nisu za ovu svrhu izvršena potrebna mjerenja na dovoljno dugim stranama, ipak se na osnovi ovih rezultata mjerenja može zaključiti da na ovim područjima ne bi bilo osjetljivih promjena.

6. Za ova ispitivanja dovoljno je mjeriti u 9—12 ponavljanja ali u raznim danima i pri raznim uvjetima atmosfere i mora.

7. Obzirom na postignute rezultate bilo bi korisno nastaviti s ispitivanjem terestričke refleksije i refrakcije ali u proširenom opsegu. Za takva mjerenja trebalo bi osigurati i materijalna sredstva.

Ovaj rad predstavlja dio istražnih radova iz projekta znanstvenih tema Zavoda za Višu geodeziju Geodetskog fakulteta. Autor je na osnovi istražnih radova pod vodstvom prof. Veljka Petkovića izradio magistarsku radnju.

Literatura:

Milivoj Florijan: Prilog ispitivanju vanjskih utjecaja na točnost mjerenja dužina elektrooptičkim daljinomjerima. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1976. (Magistarski rad).

SAŽETAK

U članku je opisano ispitivanje točnosti mjerenja dužina uz samu površinu mora elektrooptičkim daljinomjerom AGA model 6. Najpogodnije područje za ovo ispitivanje bio je Kaštelanski zaljev kraj Splita.

Iz rezultata ispitivanja nije pronađeno da bi terestrička (aktivna) svjetlosna refleksija utjecala na točnost mjerenja ovim daljinomjerom, i to kod raznih vanjskih uvjeta atmosfere i položaja geodimetra, ali je zato pasivna svjetlosna refleksija bitno utjecala i onemogućavala samo mjerenje, pogotovo po danu

(smetnje sunčevog svjetla i dr.). Postignuta je visoka unutrašnja točnost, dok kutovi izračunani iz mjerenih dužina ukazuju i na visoku stvarnu točnost mjerenja dužina, odnosno i u blizini površine mora može se postići visoka točnost mjerenja dužina sa geodimetnom AGA-6, tj. točnost koju daje firma proizvođača.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Aufsatz ist die Genauigkeitsuntersuchung der Längenmessungen über die Meeresschichten mit dem elektrooptischen Distanzmesser AGA Modell 6 beschrieben. Die Untersuchung ist in Kastelaner Bucht (Kaštelanski zaljev) in der Nähe von Split durchgeführt worden.

Auf Grund dieser Untersuchung kann nicht bestätigt werden dass terrestrische (aktive) Lichtreflexion den Einfluss auf die Messgenauigkeit hat. Dagegen war der Einfluss der passiver Lichtreflexion so stark dass bei Tage die Messungen fast unmöglich waren. Sehr grosse innere Genauigkeit ist erreicht worden. Aus der Längenmessungen berechnete Winkel zeigen dass die wirkliche Genauigkeit der Längenmessungen sehr gross war. Die Untersuchung ist bestätigt worden dass bei Messungen über die Meeresschnitten mit dem Distanzmesser AGA-6 von Herstellerfirma gegebene Genauigkeit ist erreichbar.

PRILOZI

Red. br. mjerenja	Vrijeme t _h u min	Temperatura t u °C	Pritisak zraka p u mb	Parcijal. pritisak vodene pare p _v	Dužina svjetlosnog snopa D _s	Atmosferska redukcija		Geodetska redukcija		Vrem. situacija		Ostali podaci	
						S = D - K ² · D ³ / 24R ² Δ m/m	Sh = s' - s = -ΔH ² / 2S Δ m/m	D ₀ = S (1 - R / H) Δ m/m	VV	V	±		
1	19.30	25.9	1017.4	8.3	2121.266	0.5	2121.266	-0.1	2121.266	-0.5	2121.2655	—	0.000003
2	20.30	24.2	1018.0	8.4	.249	0.05	.249	-0.1	.249	-0.5	.2405	+	0.01538
3	20.45	24.0	1018.6	9.0	.275	0.05	.275	-0.1	.275	-0.5	.2745	+	0.000113
4	21.00	24.0	1018.6	9.2	.260	0.05	.260	-0.1	.260	-0.5	.2595	+	0.00438
5	21.20	24.0	1018.8	9.2	.266	0.05	.266	-0.1	.263	-0.5	.2655	+	0.000019
6	21.32	23.5	1018.8	9.2	.262	0.05	.262	-0.1	.262	-0.5	.2615	+	0.000003
7	21.55	23.5	1019.0	9.2	.262	0.05	.262	-0.1	.232	-0.5	.2615	+	0.000006
8	22.10	23.5	1019.0	9.2	.264	0.05	.264	-0.1	.234	-0.5	.2635	+	0.00238
9	22.20	23.0	1019.0	9.2	.264	0.05	.264	-0.1	.264	-0.5	.2635	+	0.00038
10	22.35	23.0	1019.0	9.2	.257	0.05	.257	-0.1	.257	-0.5	.2635	+	0.00038
11	22.45	23.0	1019.0	9.1	.268	0.05	.263	-0.1	.266	-0.5	.2565	+	0.00733
12	23.00	23.0	1019.0	9.1	.268	0.05	.263	-0.1	.268	-0.5	.2655	+	0.000054
13	23.12	23.0	1019.0	9.1	.264	0.05	.264	-0.1	.264	-0.5	.2655	+	0.000003
14	23.20	23.0	1019.0	9.1	.271	0.05	.271	-0.1	.271	-0.5	.2675	+	0.00362
15	23.35	23.0	1019.0	9.0	.260	0.05	.260	-0.1	.260	-0.5	.2635	+	0.000013
16	23.50	23.0	1018.9	9.0	.276	0.05	.276	-0.1	.276	-0.5	.2705	+	0.00632
17	0.00	23.0	1018.9	9.0	.261	0.05	.261	-0.1	.260	-0.5	.2595	+	0.00044
18	0.10	23.0	1018.9	9.0	.264	0.05	.264	-0.1	.276	-0.5	.2755	+	0.00438
19	0.20	23.0	1018.9	9.0	.264	0.05	.264	-0.1	.261	-0.5	.2605	+	0.00135
20	0.32	23.0	1018.8	9.1	.264	0.05	.264	-0.1	.264	-0.5	.2635	+	0.00036
21	0.43	23.0	1018.8	9.1	.261	0.05	.261	-0.1	.264	-0.5	.2635	+	0.00038
22	0.55	23.0	1018.7	9.2	.260	0.05	.260	-0.1	.261	-0.5	.2605	+	0.00330
23	1.10	23.0	1018.7	9.2	.264	0.05	.264	-0.1	.260	-0.5	.2595	+	0.00438
24	1.25	23.0	1018.6	9.3	.271	0.05	.271	-0.1	.234	-0.5	.2635	+	0.00038
					.270	0.05	.270	-0.1	.270	-0.5	.2705	+	0.00662
									.270	-0.5	.2695	—	0.00562

Sh (srednje) = 212126438

$$\Sigma v = + 0.04970 \quad 0.010771$$

$$- 0.04258$$

$$\Delta = + 0.00012$$

b) Ocjena točnosti mjerenja

Srednja pogreška pojedinačnog mjerenja:

$$m_d = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.000771}{23}} = \pm 0.00579 \text{ m}$$

Srednja pogreška aritmetičke sredine:

$$M_d = \pm \frac{m_d}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0.00579}{\sqrt{23}} = \pm 0.00118 \text{ m}$$

Srednja relativna pogreška pojedinačnog mjerenja:

$$\frac{m_d}{D} = \frac{0.00579}{2121.264} = \frac{27}{10.000000} = \frac{1}{370000}$$

Srednja relativna pogreška aritmetičke sredine:

$$\frac{M_d}{D} = \frac{0.00118}{2121.264} = \frac{5}{370000}$$

Red. br. mjerenja	Vrijeme » min. »	Temperatura n °C	Pritisak zraka n » mb »	Parcijal. pritisak vodene pare » e »	Dužina svjetlosnog snopa » D »	Atmosferska redukcija		Geodetska redukcija		Odstupanje V		VV	Vrem. situacija vidljivost i ostalo	Ostali podaci
						$S = D - K^2 \frac{D^3}{24R^2}$	Δ m/m	$sh_s \cdot s' - s = -\frac{\Delta H^2}{2S}$	Δ m/m	$D_0 = S \left(1 - \frac{H}{R}\right)$	Δ m/m			
1	18.30	22.2	1016.9	15.0	2121.255	0.05	2121.255	0.1	2121.255	0.5	2121.2545	0.00296	0.000009	Kastela — Vedro — Postrana svjetla sa not Razvedravanje strane more lag. večer Obična lampa 0.98 Visina geodimetra Visina reflektora 1.04
2	18.45	21.8	1017.0	15.0	.252	0.05	.252	0.1	.252	0.5	.2515	0.00004	0.000000	
3	18.55	23.0	1017.0	15.2	.254	0.05	.254	0.1	.254	0.5	.2535	0.00196	0.000004	
4	19.07	21.7	1017.0	15.2	.252	0.05	.252	0.1	.252	0.5	.2515	0.00004	0.000000	
5	19.15	21.2	1017.0	15.0	.252	0.05	.252	0.1	.252	0.5	.2515	0.00004	0.000000	
6	19.24	21.0	1017.0	14.9	.251	0.05	.251	0.1	.251	0.5	.2505	0.00104	0.000001	
7	19.32	21.0	1017.0	14.8	.251	0.05	.251	0.1	.251	0.5	.2505	0.00104	0.000001	
8	19.40	20.7	1017.0	14.7	.254	0.05	.254	0.1	.254	0.5	.2535	0.00196	0.000004	
9	19.48	20.6	1017.0	14.6	.256	0.05	.256	0.1	.256	0.5	.2555	0.00396	0.000016	
10	20.00	20.5	1017.0	14.5	.251	0.05	.251	0.1	.251	0.5	.2505	0.00104	0.000001	
11	20.05	20.4	1017.0	14.1	.251	0.05	.251	0.1	.251	0.5	.2505	0.00104	0.000001	
12	20.15	20.0	1017.0	14.0	.240	0.05	.240	0.1	.240	0.5	.2395	0.01204	0.000145	
13	20.20	20.2	1017.1	13.9	.242	0.05	.242	0.1	.242	0.5	.2415	0.01004	0.000101	
14	20.25	20.1	1017.1	13.8	.252	0.05	.252	0.1	.252	0.5	.2515	0.00096	0.000000	
15	20.35	20.1	1017.2	13.7	.253	0.05	.253	0.1	.253	0.5	.2525	0.00104	0.000001	
16	20.45	20.4	1017.2	13.6	.251	0.05	.251	0.1	.251	0.5	.2505	0.01196	0.000143	
17	20.50	20.2	1017.2	13.5	.264	0.05	.264	0.1	.264	0.5	.2635	0.00676	0.000048	
18	21.02	19.9	1017.3	13.4	.259	0.05	.259	0.1	.259	0.5	.2585	0.00676	0.000048	
19	21.10	19.8	1017.3	13.5	.259	0.05	.259	0.1	.259	0.5	.2585	0.00676	0.000048	
20	21.17	19.8	1017.3	13.6	.246	0.05	.246	0.1	.246	0.5	.2455	0.00604	0.000036	
21	21.26	20.0	1017.3	13.7	.245	0.05	.245	0.1	.245	0.5	.2445	0.00704	0.000050	
22	21.33	20.0	1017.3	13.8	.255	0.05	.255	0.1	.255	0.5	.2545	0.00296	0.000009	
23	21.40	19.3	1017.3	13.8	.253	0.05	.253	0.1	.253	0.5	.2525	0.00096	0.000000	
24	21.50	19.0	1017.3	13.9	.251	0.05	.251	0.1	.251	0.5	.2505	0.00104	0.000001	

$$Sh \text{ (srednje)} = 2121.25204$$

$$\Sigma v = + 0.004156 \quad 0.009616$$

$$- 0.004160$$

$$\Delta = - 0.000004$$

b) Ocjena točnosti mjerenja:

Srednja pogreška pojedinog mjerenja:

$$md = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.000619}{23}} = \pm 0.00519 \text{ m}$$

Srednja pogreška aritmetičke sredine:

$$Md = \frac{md}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0.00519}{4.89898} = \pm 0.00106 \text{ m}$$

Srednja relativna pogreška pojedinačnog mjerenja:

$$\frac{md}{D} = \frac{0.00519}{2121.252} = \frac{1}{500.000}$$

Srednja relativna pogreška aritmetičke sredine:

$$\frac{Md}{D} = \frac{0.00106}{2121.252} = \frac{1}{2.500000}$$

PREGLED SREDNJIH VRIJEDNOSTI DUŽINA I OSTALIH SREDNJIH VRIJEDNOSTI DOBIVENIH MJERENJEM

TABLICA — 6.3

Datum	Sred. vrijed. duž. u »m«	Vis. geodimetra i reflekt. u »m«	Broj mjerenja	Srednja vrijednost temper. i pritiska		Sred. vrijed. atm. pop. u »m«	Pros. vis. mora za vr. mjer. a u odn. na nivo plohu u »m«	Pros. vis. sred. svjet. snopa nad povr. mora u »m«	Aps. vis. toč. staj. geod. i ref. u »m«
				»°C«	»mb«				
6. VIII.	2121.264	$I_G = 1.67$ $L_R = 1.61$	24	24.4	1018	+0.06	-0.10	3.12	
6. IX	2121.252	$I_G = 0.98$ $L_R = 1.04$	24	20.6	1017	+0.05	±0.00	2.40	
9. VIII	3320.887	$I_G = 1.65$ $L_R = 1.45$	18	26.2	1014	+0.10	±0.00	4.09	
10. VIII	3320.912	$I_G = 1.64$ $L_R = 1.49$	2	28.2	1016	+0.11	±0.00	4.09	
12. VIII	3320.867	$I_G = 1.62$ $L_R = 1.46$	5	26.0	1010	+0.10	-0.04	4.06	
5. IX	3320.858	$I_G = 1.02$ $L_R = 1.02$	24	21.0	1014	+0.09	-0.04	3.55	
7. X	3320.859	$I_G = 0.99$ $L_R = 0.96$	24	21.4	1016	+0.09	±0.00	3.50	
23. VIII	4124.779	$I_G = 1.75$ $L_R = 1.43$	4	22.8	1010	+0.12	-0.12	3.84	
13. XI	4124.795	$I_G = 1.75$ $L_R = 1.03$	12	13.5	1025	+0.07	-0.08	3.64	
28. VIII	4124.791	$I_G = 1.03$ $L_R = 1.19$	16	21.4	1014	+0.11	-0.03	3.44	
20. IX	4124.788	$I_G = 0.98$ $L_R = 0.96$	9	20.6	1019	+0.09	-0.03	3.22	
13. IX	4124.811	$I_G = 1.07$ $L_R = 1.03$	16	13.4	1025	+0.07	-0.06	3.30	

SUMARNI PREGLED REZULTATA MJERENJA T.J. POSTIGNUTE TOČNOSTI:

STRANA OD—DO	BROJ MJERENJA	S U »km«	m _d »m«	M _d »m«	RELATIV. POGREŠKA		PRIMJEDBA
					$\frac{m_d}{D}$	$\frac{M_d}{D}$	
190 _s -199 _s	24	2.1	±0.0058	±0.0012	1 : 370 000	1 : 2 000 000	NORMALNA VISINA GEODIMET. I REFLEKT.
	24	2.1	±0.0052	±0.00106	1 : 500 000	1 : 2 500 000	SPUŠTENNA VISINA GEODIM. I REFLEKT.
	4	3.3	±0.01198	±0.00599	1 : 300 000	1 : 560 000	NORMALNA VISINA GEODIMET. I REFLEKT.
190 _s -244 _s	18	3.3	±0.0113	±0.00266	1 : 270 000	1 : 1 250 000	NORMALNA VISINA GEODIMET. I REFLEKT.
	5	3.3	±0.0036	±0.00159	1 : 1 000 000	1 : 2 500 000	SPUŠTENNA VISINA GEODIM. I REFLEKT.
	24	3.3	±0.0091	±0.00186	1 : 370 000	1 : 2 000 000	SPUŠTENNA VISINA GEODIM. I REFLEKT.
199 _s -244 _s	24	4.1	±0.0070	±0.00144	1 : 590 000	1 : 3 300 000	NORMALNA VISINA GEODIMET. I REFLEKT.
	16	4.1	±0.0082	±0.0012	1 : 530 000	1 : 2 500 000	SPUŠTENNA VISINA GEODIM. I REFLEKT.
	9	4.1	±0.0130	±0.0043	1 : 330 000	1 : 1 000 000	SPUŠTENNA VISINA GEODIM. I REFLEKT.
	12	4.1	±0.00938	±0.0027	1 : 460 000	1 : 1 670 000	NORMALNA VISINA GEODIMET. I REFLEKT.
	6	4.1	±0.012	±0.0029	1 : 360 000	1 : 1 430 000	SPUŠTENNA VISINA GEODIM. I REFLEKT.
SREDINA:					1 : 460 000	1 : 1 800 000	

TABELARNI PREGLED Odstupanja po serijama računanja
 VELIČINE NESUGLASICA » Δ «

TABLICA — 6.5

Serija rač. Broj	Date veličine mjer. pravci red. na ravne pravce	Dob. vrijed. kut. u trokutu α, β, γ u »sek.«	Δ		Situacija		
			\pm				
1	$\alpha = 25''{,}5$ $\beta = 18''{,}5$ $\gamma = 15''{,}9$	$\alpha = 26.8$	-	1.3	Dužine dobivene iz opće aritmet. sredine kod normalne visine reflektora i geodimetra.		
		$\beta = 18.8$	-	0.3			
		$\gamma = 14.4$	+	1.5			
		2		25.4	+	0.1	Dužine dobivene iz opće aritmet. sredine kod spuštene visine geodimetra i reflektora.
				16.3	+	2.2	
				18.3	-	2.4	
		3		26.1	-	0.6	Sredina iz svih mjerenja kod normalne i spuštene visine geodimetra i reflektora.
				17.6	+	0.9	
				16.4	-	0.5	
4		26.9	-	1.4	Dužine dobivene uzimanjem obične aritmet. sredine pri normalnoj visini geodimetra i reflektora.		
		18.9	-	0.4			
		14.2	+	1.7			
5		25.7	-	0.2	Dužine dobivene uzimanjem obične aritmet. sredine kod spuštene visine geodimetra i reflektora.		
		16.8	+	1.7			
		17.5	-	1.6			
6		26.1	-	0.6	Sredina iz svih mjerenja kod spuštene visine i normalne visine geodimetra i reflektora.		
		18.4	+	0.1			
		15.4	+	0.5			
7					Računanje dužina »b« i »c« iz zadane dužine »a« i dva mjerena kuta, kod normal. vis. geod. i reflektora.		
8					Računanje dužine »b« i »c« iz zadane dužine »a« i dva mjerena kuta kod spuštene visine geod. i reflektora.		
9		16.6	+	8.9	Kutevi računani iz duž. koje su dobivene iz koordinata. Strane svedene na elipsoid).		
		25.6	-	7.1			
		17.8	-	1.9			

RAČUNANJE SREDNJE VRIJEDNOSTI DUŽINE (OPĆA ARITMETIČKA
SREDINA) KOD NORMALNE VISINE GEODIMETRA I REFLEKTORA
KAO I OCJENA TOČNOSTI*

TABLICA — 6.6

MJERENE DUŽINE U »m«	TEŽINE p	Δl		v	pv	pvv
3320.887	4	0.027	0.108	-0.0164	-0.0656	0.00108
3320.867	18	0.007	0.126	+0.0036	+0.0648	0.00023
$l_0 = 3320,860$	$[p] = 22$	$[p\Delta l] =$	0.234	$[pv]$	$\begin{matrix} -0.066 \\ +0.065 \end{matrix}$	0.00131
$L = l_0 + \frac{[p\Delta l]}{[p]} = 3320.860 + 0.0106 = 3320.8706 \text{ m}$						

a) Srednja pogreška jedinice težine:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.00131}{1}} = \pm 0.036 \text{ m}$$

b) Srednja pogreška iz pojedinačnih serija:

$$m_1 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_1}} = \pm \frac{0.036}{\sqrt{4}} = \pm 0.018 \text{ m}$$

$$m_2 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_2}} = \pm \frac{0.036}{\sqrt{18}} = \pm 0.008 \text{ m}$$

c) Srednja pogreška opće aritmetičke sredine:

$$M = \pm \frac{m_0}{\sqrt{[p]}} = \pm \frac{0.036}{\sqrt{22}} = \pm 0.008 \text{ m}$$

d) Rezultat: $L = 3320.871 \pm 0.008$

RAČUNANJE SREDNJE VRIJEDNOSTI DUŽINE (OPĆA ARITMETIČKA
SREDINA) KOD NORMALNE VISINE GEODIMETRA I REFLEKTORA
KAO I OCJENA TOČNOSTI

TABLICA — 6.7

MJERENE DUŽINE u »m«	TEŽINE »p«	Δl	$p\Delta l$	v	pv	pvv
4124.779	24	0.09	0.216	+0.0053	+0.1272	0.0006
4124.795	12	0.025	0.300	-0.0107	-0.1284	0.0014
$l_0 = 4124.770$	$[p] = 36$	$[p\Delta l] =$	0.516	$[pv] =$	$\begin{matrix} +0.127 \\ -0.128 \end{matrix}$	0.0020
$L = l_0 + \frac{[p\Delta l]}{[p]} = 4124.770 + 0.0143 = 4124.7843 \text{ m}$						

* Opću aritmetičku sredinu za udaljenost 190, — 199, nisam računao pošto je mjerena 2 puta, svaki put u istom broju ponavljanja. Također i kod spuštene visine, pošto su obje vrijednosti iste.

a) Srednja pogreška jedinice težine:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.002}{1}} = \pm 0.045 \text{ m}$$

b) Srednja pogreška iz pojedinačnih serija:

$$m_1 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_1}} = \pm \frac{0.045}{\sqrt{24}} = \pm 0.009 \text{ m}$$

$$m_2 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_2}} = \pm \frac{0.045}{\sqrt{12}} = \pm 0.013 \text{ m}$$

c) Srednja pogreška opće aritmetičke sredine:

$$M = \pm \frac{m_0}{\sqrt{[p]}} = \pm \frac{0.045}{\sqrt{36}} = \pm 0.008 \text{ m}$$

d) Rezultat: $L = 4124.784 \pm 0.008 \text{ m}$

RAČUNANJE SREDNJE VRIJEDNOSTI DUŽINE (OPĆA ARITMETIČKA SREDINA) KOD SPUŠTENE VISINE GEODIMETRA I REFLEKTORA KAO I OCJENA TOČNOSTI

TABLICA — 6.8

Mjerene dužine u »m«	Težine »p«	Δl	$[p\Delta l] =$	v	pv	pvv
4124.791	16	0.011	0.176	+0.007	+0.112	0.0008
4124.788	9	0.008	0.072	+0.010	+0.090	0.0009
4124.811	16	0.031	0.496	-0.013	-0.208	0.0027
$l_0 = 4124.780$	$[p] = 41$	$[p\Delta l] =$	0.744	$[pv] =$	+0.202 -0.208	0.0044
$L = l_0 + \frac{[p\Delta l]}{[p]} = 4124.780 + 0.018 = 4124.798 \text{ m}$						

a) Srednja pogreška jedinice težine:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.044}{2}} = \pm 0.046 \text{ m}$$

b) Srednja pogreška iz pojedinačnih serija:

$$m_1 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_1}} = \pm \frac{0.046}{\sqrt{16}} = \pm 0.012 \text{ m}$$

$$m_2 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_2}} = \pm \frac{0.046}{\sqrt{9}} = \pm 0.015 \text{ m}$$

$$m_3 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_3}} = \pm \frac{0.046}{\sqrt{16}} = \pm 0.012 \text{ m}$$

c) Srednja pogreška opće aritmetičke sredine:

$$M = \pm \frac{m_0}{\sqrt{[p]}} = \pm \frac{0.046}{\sqrt{41}} = \pm 0.007 \text{ m}$$

d) Rezultat: $L = 4124.798 \pm 0.007 \text{ m}$

RAČUNANJE SREDNJE VRIJEDNOSTI DUŽINE (OPĆA ARITMETIČKA SREDINA) IZ SVIH SERIJA MJERENJA I OCJENA TOČNOSTI

TABLICA — 6.9

Mjerene dužine u »m«	Težine »p«	Δl	$[p\Delta l] =$	v	pv	pvv
3320.887	4	0.037	0.148	-0.0231	-0.0924	0.00212
3320.867	18	0.017	0.306	-0.0031	-0.0558	0.00018
3320.858	5	0.008	0.040	+0.0059	+0.0295	0.00015
3320.859	24	0.009	0.216	+0.0049	+0.1176	0.00058
$l_0 = 3320.850$	$[p] = 51$	$[p\Delta l]$	0.710	$[pv] =$	-0.1482 +0.1471	0.00303
$L = l_0 + \frac{[p\Delta l]}{[p]} = 3320.850 + 0.1392 = 3320.8639 \text{ m}$						

a) Srednja pogreška jedinice težine:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.00303}{3}} = \pm 0.032 \text{ m}$$

b) Srednja pogreška iz pojedinačnih serija:

$$m_1 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_1}} = \pm \frac{0.032}{\sqrt{4}} = \pm 0.016 \text{ m}$$

$$m_2 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_2}} = \pm \frac{0.032}{\sqrt{18}} = \pm 0.008 \text{ m}$$

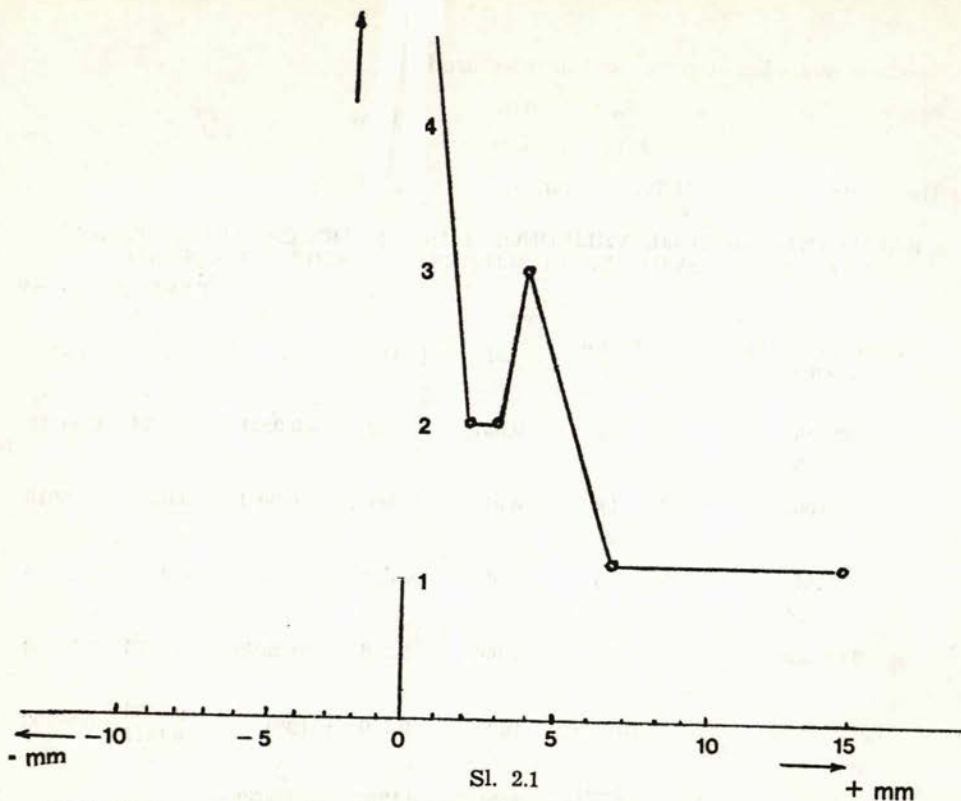
$$m_3 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_3}} = \pm \frac{0.032}{\sqrt{5}} = \pm 0.014 \text{ m}$$

$$m_4 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_4}} = \pm \frac{0.031}{\sqrt{24}} = \pm 0.006 \text{ m}$$

c) Srednja pogreška opće aritmetičke sredine:

$$M = \pm \frac{m_0}{\sqrt{[p]}} = \pm \frac{0.032}{\sqrt{51}} = \pm 0.004 \text{ m}$$

d) Rezultat: $L = 3320.864 \pm 0.004 \text{ m}$



Sl. 2.1

RAČUNANJE SREDNJE VRIJEDNOSTI DUŽINE (OPĆA ARITMETIČKA SREDINA) IZ SVIH SERIJA MJERENJA KAO I OCJENE TOČNOSTI

TABLICA — 6.10

Mjerene dužine u »m«	Težine »p«	Δl	$p\Delta l$	v	pv	pvv
4124.779	24	0.009	0.216	+0.0125	+0.300	0.0048
4124.794	12	0.024	0.288	-0.0025	-0.030	0.0000
4124.791	16	0.021	0.336	+0.0005	+0.008	0.0000
4124.788	9	0.018	0.162	+0.0035	+0.032	0.0000
4124.811	16	0.041	0.656	-0.0195	-0.312	0.0064
$l_0 = 4124.770$	$[p] = 77$	$p\Delta l$	1.658	$[pv]$	+0.340 -0.342	0.0112
$L = l_0 + \frac{[p\Delta l]}{[p]} = 4124.770 + 0.0215 = 4124.7915 \text{ m}$						

a) Srednja pogreška jedinice težine:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0.0112}{4}} = \pm 0.053 \text{ m}$$

b) Srednja pogreška iz pojedinačnih serija:

$$m_1 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_1}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{24}} = \pm 0.011 \text{ m}$$

$$m_2 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_2}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{12}} = \pm 0.015 \text{ m}$$

$$m_3 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_3}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{16}} = \pm 0.013 \text{ m}$$

$$m_4 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_4}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{9}} = \pm 0.018 \text{ m}$$

$$m_5 = \pm \frac{m_0}{\sqrt{p_5}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{16}} = \pm 0.013 \text{ m}$$

c) Srednja pogreška opće aritmetičke sredine:

$$M = \pm \frac{m_0}{\sqrt{[p]}} = \pm \frac{0.053}{\sqrt{77}} = \pm 0.006 \text{ m}$$

d) Rezultat: $L = 4124.792 \pm 0.006 \text{ m}$