UDK 528.024.4(282.2)
Originalni znanstveni rad

TRIGONOMETRIJSKI NIVELMAN PREKO DUNAVA I SAVE U BEOGRADU

Vladeta MILOVANOVIĆ, Jovan POPOVIĆ — Beograd*

1. UVOD

Na užem i širem području Beograda postoje nivelmanske mreže različitih epoha i različite tačnosti, ali ne i jedinstvena visinska geodetska osnova. Ova nehomogenost visinske osnove za šire područje grada Beograda uslovljena je jednim delom i rekama Savom i Dunavom koje predstavljaju izvesnu prepreku za ostvarivanje povezanosti nivelmanske mreže grada. S druge strane u prethodnom periodu nisu u dovoljnom broju izvršeni nivelmani preko Save i Dunava za obezbeđenje povezanosti nivelmanske mreže sa potrebnom tačnošću.

Ovakvo stanje mora predstavljati problem za svaki slučaj izgradnje objekata koji se prostiru na većoj teritoriji a posebno kada prelaze preko reka. Upravo ovakav slučaj postojao je u trenutku projektovanja i realizaciji Osnovnog operativnog poligona za izgradnju deonice autoputa »Bratstvo i Jedinstvo« oko Beograda i autoputa Beograd—Pančevo.

Stoga se ukazala neodložna potreba da se neophodnim brojem nivelmana preko Save i Dunava ostvari potrebna povezanost nivelmanske mreže grada. Ove nivelmane izvršio je Institut za geodeziju Građevinskog fakulteta u Beogradu u saradnji sa Gradskim geodetskim zavodom Beograda i to: nivelman preko Dunava na lokaciji Pančevački most i preko Save na lokacijama Ada Ciganlija i Ostružnički most.

Institut za geodeziju se već duže vreme bavi teorijom i praksom nivelmana preko velikih vodenih površina, a posebno slučajnim i sistematskim refrakcijskim uticajima kod ovog nivelmana.

I ovaj rad ima pre svega za cilj da da informaciju o veličini i promenljivosti koeficijenta refrakcije u razmatranim slučajevima.

2. IZBOR I OPIS MESTA ZA NIVELMAN PREKO REKA

Mesta za nivelman preko reka u Beogradu su određivana na osnovi potreba povezivanja delova nivelmanske mreže sa suprotnih strana reka i s obzirom

* Prof. dr Vladeta Milovanović, Jovan Popović, dipl. inž. Građevinski fakultet, Institut za geodeziju, Bulevar revolucije 73, 11000 Beograd.

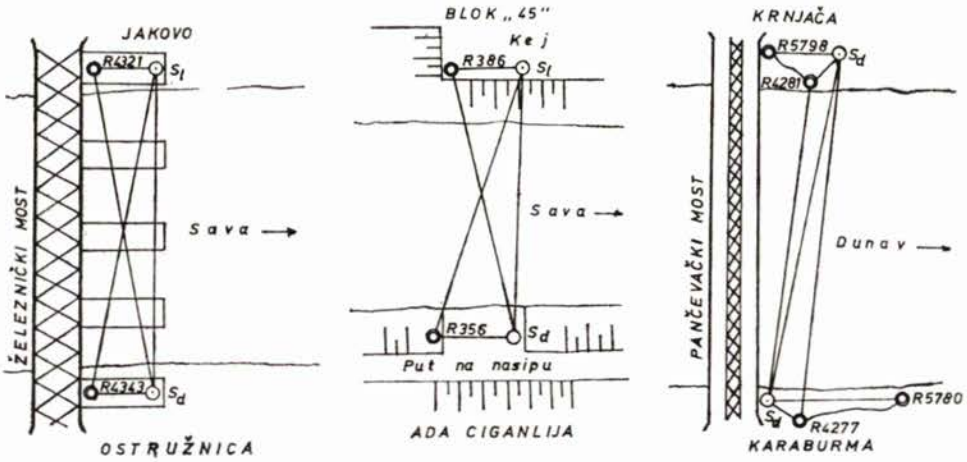
na refrakcijske uticaje uslovljene topografijom terena. Jedan treći faktor u izboru mesta za nivelman preko reka je zahtev da se učini mogućom kontrola nivelmana preko reke nivelmanom preko mostova. Tako su u ranijem periodu i određena mesta prelaza Pančevački most na Dunavu i Ostružnički most na Savi.

Na osnovu planiranja neophodnih mesta nivelmana preko reka za izvođenje operativnih poligona utvrđeno je da su poželjna upravo ranije korišćena mesta: Pančevački most na Dunavu, Ostružnički most i Ada Ciganlija na Savi. Na tim lokacijama izabrana su povoljna mesta za prelaz sa gledišta simetričnosti nivelmanske refrakcije (sličan profil i približno isto odstojanje stanica i repera od vodenog toka na obe strane).

Na lokaciji kod železničkog mosta na Ostružnici stanice i obalni reperi stabilizovani su na obalskoj betonskoj konstrukciji u delu predviđenom za postavljanje drugog koloseka pruge. Reperi su stabilizovani vertikalno dok su stanice stabilizovane bolcnama. Visina vizure iznad vodene površine iznosila je oko 12 m. Raspored stanica i repera prikazan je na slici 1a.

Na lokaciji Ada Ciganlija mesto prelaza je izabrano naspram novobeogradskog naselja »Blok 45«. Stabilizovani su sa obe strane po jedan vertikalno usađen reper. Stanice su stabilizovane bolcnama. Visina vizure iznad vodene površine iznosila je oko 5 m. Raspored stanica i repera prikazan je na slici 1b.

Na lokaciji Pančevački most mesto prelaza izabrano je u podnožju mosta desetak metara nizvodno. Stabilizovani su sa svake strane po jedan reper čime je obezbeđeno duplo određivanje visine instrumenata. Stanice su stabilizovane privremeno neposredno uz vodeni tok. Visina vizure iznad površine vode iznosila je oko 4 m. Raspored stanica i repera prikazan je na slici 1c.



Sl. 1.

3. IZBOR METODE NIVELANJA

Za nivelman preko velikih vodotoka, ili vodenih površina, danas se primenjuju četiri metode:

1. Metoda geometrijskog nivelmana,
2. Metoda trigonometrijskog nivelmana,
3. Metoda hidrostatičkog nivelmana,
4. Metoda hidrodinamičkog nivelmana.

Prema savremenim shvatanjima, metoda hidrodinamičkog nivelmana može obezbediti samo tačnost tehničkog nivelmana, dok je metoda hidrostatičkog nivelmana najtačnija. Međutim, obzirom da se nije raspolagalo priborom za hidrostatički nivelman, dolazila je u obzir samo primena metode geometrijskog ili trigonometrijskog nivelmana, kod kojih postoji težak problem borbe sa nesimetričnim uticajem refrakcije.

Prednost metode trigonometrijskog nivelmana sa sekundnim teodolitima sa automatskim horizontirajućim indeksom vertikalne alhidade u odnosu na metodu geometrijskog nivelmana, kako se ona sprovodila kod nas nivelirima Wild N3, tj. samo sa po jednim nivelirom na jednoj strani, su:

1. Mogućnost uvida u refrakcijski uticaj po stranama, zbog mogućnosti opažanja u dva durbinova položaja;

2. Kompenzator za nagib vertikalne alhidade sekundnih teodolita manje je osetljiv na jednostrane toplotne uticaje od cevaste libele.

Međutim, potrebno je reći, da kod nas sada, pored nivelira sa cevastim libelama (Wild N3, Zeiss Ni004) ima i automatskih nivelira za nivelman visoke tačnosti tj. nivelira Zeiss Ni002. Ovaj nivelir ima uređaj za ostvarivanje kvazi-horizonta, pa u principu omogućuje eliminisanje uticaja ugla »i« na visinsku razliku, već kod merenja sa jedne obale. S obzirom da još nije bilo podataka o odnosima kvaziapsolutnog i apsolutnog horizonta, to se ostalo na korišćenju sekundnih teodolita sa kompenzatorom indeksa vertikalne alhidade prihvatajući time sigurno obimniji posao pri računanju i opažanju (čitanju limba).

U trenutku izvođenja radova nije se raspolagalo elektronskim teodolitima (Kern E2, Wild T2000), čijim korišćenjem bi se ostvarila prednost veće tačnosti zbog automatizacije, koja oslobađa operatore od dela zamarajućih operacija i samim tim mogućeg povećanja broja merenja.

4. TRIGONOMETRIJSKO ODREĐIVANJE VISINSKIH RAZLIKA ZA NIVELMAN PREKO REKA

Određivanje visinske razlike između obalnih repera, prema shemama prikazanim na slikama 2 i 3, formalizovano je kao zbir visinskih razlika od bliskog repera do prekreta instrumenta i od prekreta instrumenta do repera na suprotnoj obali.

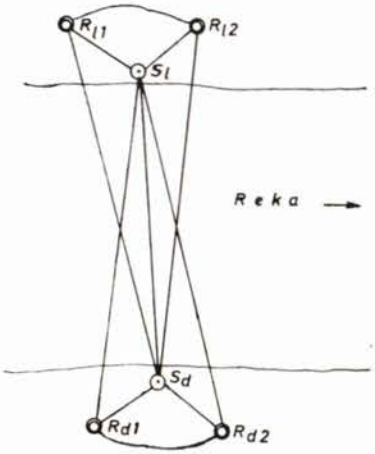
Visinske razlike određene sa leve odnosno sa desne strane su:

$$\Delta H_{Rl-Rd} = \Delta H_{Rl-Sl} + \Delta H_{Sl-Rd}$$

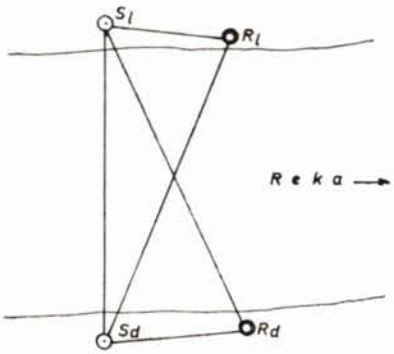
$$\Delta H_{Rd-Rl} = \Delta H_{Rd-Sd} + \Delta H_{Sd-Rl}$$

Visinske razlike od prekreta instrumenta do repera na suprotnoj obali računaju se, ne uzimajući u obzir vertikalske otklone kao:

$$\Delta H = S \cos Z + S'^2/2R - l$$



Sl. 2. Obično korišćena shema repera i stanica za nivelman preko reke



Sl. 3. Shema repera i stanica primjena na prelazima

gde su:

S — koso odstojanje od instrumenta do signala,
Z — astronomsko zenitno odstojanje,

Za dobivanje rezultata slobodnog od greške $\sigma_{pl(d)}$ potrebno je da parovi opažač-instrument menjaju strane. Iz toga proizlazi da se mogu razlikovati dve visinske razlike oslobođene simetričnog uticaja refrakcije:

$$\Delta\overline{H}^{I} = \sum_{i=1}^{n_I} \Delta H_i^{I}/n_I \quad \text{i}$$

$$\overline{H}^{II} = \sum_{i=1}^{n_{II}} \Delta H_i^{II}/n_{II},$$

gde su:

ΔH^{I} — vrednost visinske razlike pri prvom rasporedu parova opažač-instrument,
ΔH^{II} — vrednost visinske razlike pri drugom rasporedu parova opažač-instrument,
n_I — broj određivanja visinske razlike pri prvom rasporedu parova opažač-instrument,
n_{II} — broj određivanja visinske razlike pri drugom rasporedu parova opažač-instrument.

Matematičko očekivanje grešaka ovih veličina je:

$$E_{e\Delta\overline{H}^{I}} = (e'_{pl} + e'_{pd})/2 \quad \text{i}$$

$$E_{e\Delta\overline{H}^{II}} = (e''_{pl} + e''_{pd})/2,$$

a po pretpostavci važi da je:

$$E_{e\Delta\overline{H}^{I}} = - E_{e\Delta\overline{H}^{II}}.$$

Standardi grešaka ovih veličina biće:

$$\sigma_{e\Delta\overline{H}^{I}} = \sigma_{\varepsilon}/\sqrt{2n_{I}} \quad \text{i}$$

$$\sigma_{e\Delta\overline{H}^{II}} = \sigma_{\varepsilon}/\sqrt{2n_{II}}.$$

Za definitivnu vrednost visinske razlike oslobođene sistematskih uticaja refrakcije i para opažač-instrument imaćemo:

$$\Delta\overline{H} = (\Delta\overline{H}^{I} + \Delta\overline{H}^{II})/2.$$

S — horizontalno odstojanje,
R — poluprečnik Zemljin,
l — visina signala.

Modelska jednačina za greške rezultata jednog određivanja visinske razlike između obalnih repera (R_l i R_d, odnosno, R_d i R_l) je:

$$e_{Rl(d)-Rd(l)} = e_{\rho l(d)} + e_{pl(d)} + \varepsilon_{l(d)}$$

gde su:

$e_{\rho l(d)}$ — sistematski uticaj refeakcije,
$e_{pl(d)}$ — sistematski uticaj para opažač-instrument (lična greška opažača, slučajna i sistematska greška limba i optičkog mikrometra),
$\varepsilon_{l(d)}$ — slučajni uticaj

U veličini $e_{\rho l(d)}$ sadržan je u stvari uticaj refrakcije pri viziranju preko reke. Veličina $e_{pl(d)}$ svojstvena paru opažač-instrument kao i predhodna $e_{\rho l(d)}$ značajni deo svoje vrednosti ima kod duže vizure. Veličina $\varepsilon_{l(d)}$ je Gausova greška u rezultatu merenja.

Zbog sistematskog karaktera $e_{\rho l(d)}$ i $e_{pl(d)}$ matematičko očekivanje od $e_{Rl(d)-Rdl}$ je:

$$E\, e_{Rl(d)-Rd(l)} = e_{\rho l(d)} + e_{pl(d)}.$$

Standard iste veličine je:

$$\sigma\, e_{Rl(d)-Rd(l)} = \sigma_{\varepsilon}$$

Pošto su refrakcijski uticaji po pretpostavci jednaki i suprotnog znaka, za opažanje sa suprotnih strana to će veličina

$$\Delta H = (\Delta H_{Rl-Rd} - \Delta H_{Rd-Rl})/2$$

biti slobodna od sistematskog uticaja refrakcije pa je matematičko očekivanje greške ove veličine:

$$E_{e\Delta H} = (e_{pl} + e_{pd})/2,$$

a standard:

$$\sigma_{e\Delta H} = \sigma_{\varepsilon}/\sqrt{2}.$$

Matematičko očekivanje greške ove veličine biće po pretpostavci:

$$E_{e\Delta \overline{H}} = 0,$$

a njen standard:

$$\sigma_{e\Delta \overline{H}} = \sigma_{\varepsilon}/\sqrt{4N},$$

5. TESTIRANJE HOMOGENOSTI PRECIZNOSTI ODREĐIVANJA ZENITNIH ODSTOJANJA PO PAROVIMA OPAŽAČ — INSTRUMENT

Merenjem zenitnih odstoanja u serijama gde se svaka serija sastoji od n (obično n= 8) merenja dobijamo mogućnost da za svaku seriju imamo po tri vrednosti ocene za standard slučajne greške merenja zenitnog odstojanja sekundnim teodolitom proizašle iz dejstva slučajnih faktora:

— slučajna greška viziranja,
— slučajna greška koincidiranja,
— slučajni uticaj refrakcije,

jer su merenja vršena na tri marke:

$$\hat{\sigma}_{0I} = \sqrt{\frac{\Sigma (Z - Z_i)^2}{n - 1}}; \qquad i = 1, 2, \ldots, n; \qquad I = 1, 2, 3$$

Od tih vrednosti možemo obrazovati ocene standarda iz svih serija za svaki par opažač-instrument i svaku marku po danima:

$$\hat{\sigma}_I = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \hat{\sigma}_{0i}^2}{N}}; \qquad I = 1, 2, 3$$

gdje je N — broj serija u jednom danu.

Ocenu za standard slučajne greške merenja zenitnog odstojanja za svaki par opažač-instrument po danima dobijamo po formuli:

$$\hat{\sigma}_2 = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_1^2 + \hat{\sigma}_2^2 + \hat{\sigma}_3^2}{3}}$$

Po dobijanju vrednosti ocena, možemo izvršiti testiranje homogenosti preciznosti određivanja zenitnih odstojanja za pojedine parove opažač-instrument, koristeći Fišerov test:

$$F = \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2} (\text{za } \hat{\sigma}_1 > \hat{\sigma}_2),$$

gde je:

$$F \sim F(f_1, f_2) | H_0.$$

Tada tekst odluka glasi

$F < F_\Delta$ — prihvatamo H_0 $(\sigma_1 = \sigma_2)$

$F > F_\Delta$ — ne prihvatamo H_0 $(\sigma_1 = \sigma_2)$

Pomenuto testiranje prikazano je u tabeli 1.

Tabela 1

DATUM	Opažač strana	$\hat{\sigma}_z$	f	Opažač strana	$\hat{\sigma}_z$	f	F	F_Δ	Saglasnost
Prelaz »Ostružnički most«									
10. 07. 87.	V. B. L.	1.95	42	S. A. D.	1,37	87	2.03	1.54	N
10. 07. 87.	V. B. D.	2.26	60	S. A. L.	1,61	78	1.97	1.48	N
10. 07. 87.	V. B. L.	2.32	48	S. A. D.	1,20	51	3.57	1.60	N
Prelaz »Ada Ciganlija«									
04. 11. 87.	J. M. D.	1.76	63	D. B. L.	1.08	63	2.66	1.54	N
04. 11. 87.	J. M. L.	1.36	63	D. B. D.	2.07	63	2.32	1.54	N
06. 11. 87.	J. M. L.	1.06	63	J. P. D.	1.15	63	1.18	1.54	S
06. 11. 87.	J. M. D.	1.01	63	J. P. L.	0.86	63	1.38	1.54	S
Prelaz »Pančevački most«									
20. 10. 87.	J. M. L.	1.59	84	J. P. D.	2.34	84	2.17	1.38	N
20. 10. 87.	J. M. L.	1.12	126	J. P. D.	2.15	126	3.68	1.34	N
30. 10. 87.	J. M. D.	1.25	210	J. P. L.	2.15	210	2.96	1.22	N
22. 10. 87.	J. M. D.	1.35	210	S. D. L.	2.04	210	2.28	1.22	N
23. 10. 87.	J. M. L.	1.75	126	S. D. D.	2.12	126	1.47	1.34	N

Na osnovu rezultata tabele 1 proizlazi:

— da postoje suštinske razlike u preciznosti parova (opažač-instrument) u pojedinim slučajevima
— da za iste parove razlika biva i neznačajna,
— da korišćeni teodoliti Kern DKM 2A imaju istu preciznost.

Objašnjenje za značajne i neznačajne razlike u preciznosti za iste parove je verovatno u poboljšanju preciznosti sa uvežbanošću (opažač J. Popović).

Zaključak o neznačajnoj razlici u preciznosti korišćenih teodolita Kern DKM 2A osniva se na rezultatima sa prelaza »Ada Ciganlija«, gde se izjednačila preciznost opažača.

Za opažače sa iskustvom (S. Ašanin, J. Malešević) sa sekundnim teodolitima Zeiss Theo 010A odnosno Kern DKM 2A dobija se približno ista preciznost:

$$\hat{\sigma}_z\,(\text{S.A.}) = 1\overset{\prime\prime}{.}40 : \hat{\sigma}\,(\text{J.M.}) = 1\overset{\prime\prime}{.}38.$$

Ovaj rezultat govori u prilog jednakosti preciznosti sekundnih teodolita Zeiss i Kern.

6. KOEFICIJENT REFRAKCIJE — VELIČINA I PROMENLJIVOST

Izabrana metoda omogućuje određivanje koeficijenta refrakcije geodetskom metodom i to po stranama ako je poznata visinska razlika. Ovo je od značaja za uvid u nesimetričnu refrakciju. Za ovu svrhu iskorištena su određivanja na prelazu Pančevački most, u dane 22. i 23. oktobra, jer je ta dva dana ostvareno najduže neprekidno opažanje u toku jednog dana (4 časa), a visinska razlika na prelazu je određena iz merenja koja su raspoređena na 5 dana.

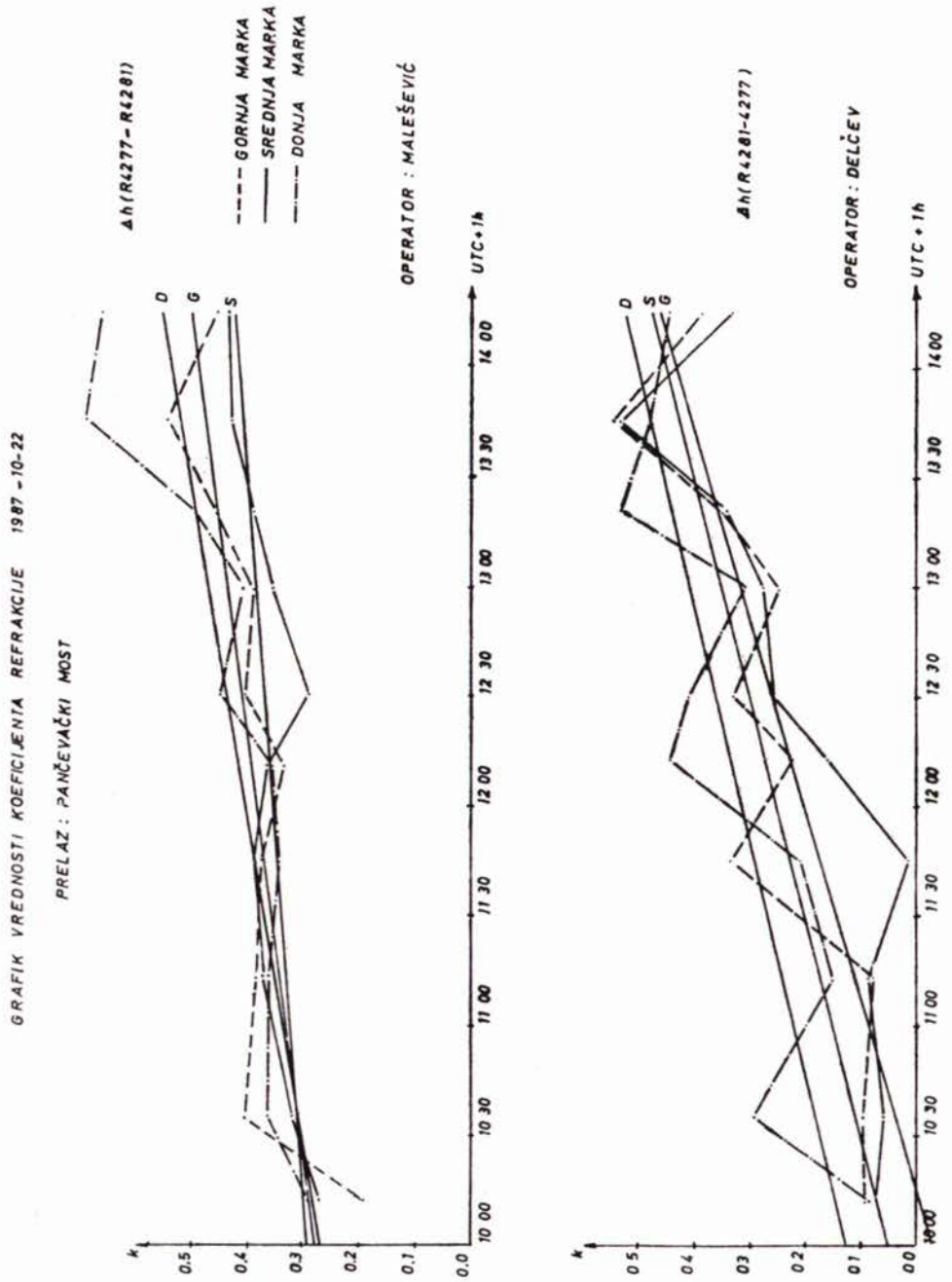
Određivanja koeficijenta refrakcije, rečenih dana, prikazani na dijagramima sugerišu postojanje linearne promene koeficijenta refrakcije sa vremenom. Da se ovo ispita izvršena je regresiona analiza za funkcionalnom vezom:

$$k = a + bt$$

gdje je t — vreme od početka opažanja. Rezultati regresione analize prikazani su u tabeli 2.

Iz rezultata datih u tabeli 2 može se pročitati da postoje značajne promene koeficijenta refrakcije u zavisnosti od vremena. U srednjem za sve datume i opažače dobija se srednja vrednost $b_0 = \Delta k/h = 0.06$ sa ocenom standardnog odstupanja $\hat{\sigma}_{b0} = 0{,}019$.

Što se tiče pitanja da li postoji suštinska razlika između koeficijenta refrakcije za levu i desnu obalu to pitanje se ne može odvojiti od pitanja greške para opažač-instrument. Za razdvajanje ovih grešaka potrebno bi bilo imati sistematsku grešku opažača-instrumenta. Da ispitamo da li postoji suštinska razlika između vrednosti koeficijenta refrakcije po stranama ali i po parovima opažač instrument, obrazujemo studentizovane veličine za dva opažačka dana a po stranama, odnosno po parovima opažač-instrument:


GRAFIK VREDNOSTI KOEFICIJENTA REFRAKCIJE 1987-10-22
PRELAZ: PANČEVAČKI MOST
Δh(R4277-R4281)
GORNJA MARKA
SREDNJA MARKA
DONJA MARKA
OPERATOR: MALEŠEVIĆ
UTC+1h
k
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
10 00
10 30
11 00
11 30
12 00
12 30
13 00
13 30
14 00
D
G
S
Δh(R4281-4277)
OPERATOR: DELČEV
UTC+1h
k
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
10 00
10 30
11 00
11 30
12 00
12 30
13 00
13 30
14 00
D
S
G

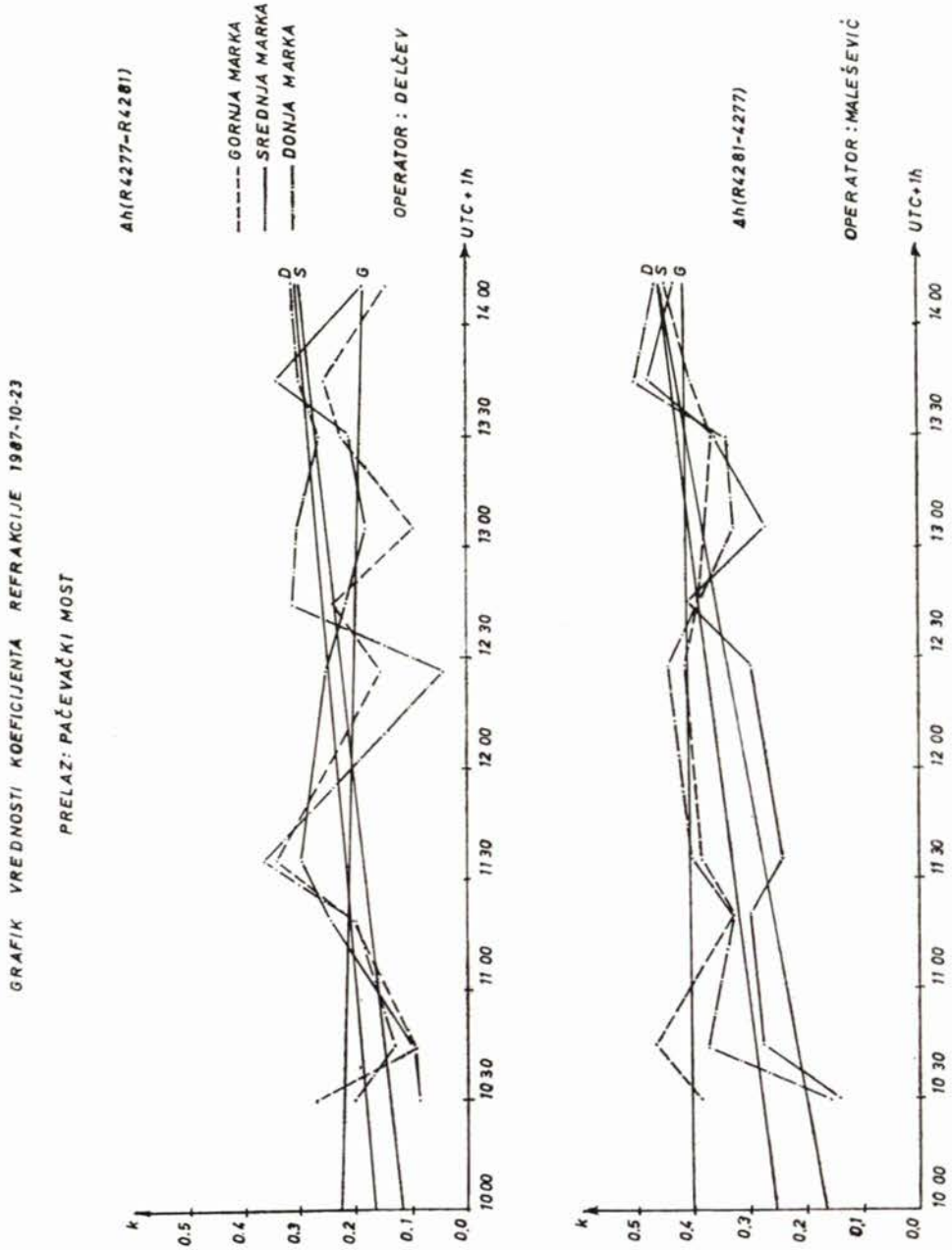

GRAFIK VREDNOSTI KOEFICIJENTA REFRAKCIJE 1987-10-23
PRELAZ: PAČEVAČKI MOST
Δh(R4277-R4281)
GORNJA MARKA
SREDNJA MARKA
DONJA MARKA
OPERATOR : DELČEV
UTC + 1h
k
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
10 00
10 30
11 00
11 30
12 00
12 30
13 00
13 30
14 00
D
S
G
Δh(R4281-4277)
OPERATOR : MALEŠEVIĆ
UTC+1h
k
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
10 00
10 30
11 00
11 30
12 00
12 30
13 00
13 30
14 00
D
S
G

Tabela 2.

DATUM vreme	markica	f	DESNA STRANA REKE						LEVA STRANA REKE					
			Opažač	$\hat{\sigma}_0$	$\hat{a}$	$\hat{\sigma}_a$	$\hat{b}$	$\hat{\sigma}_b$	Opažač	$\hat{\sigma}_0$	$\hat{a}$	$\hat{\sigma}_a$	$\hat{b}$	$\hat{\sigma}_b$
22. 10. '87	G	8		0,062	0,276	0,040	0,052	0,015		0,087	0,057	0,057	0,095	0,022
$t_{vaz} = 16°C$	S	8		0,038	0,290	0,025	0,031	0,010		0,092	0,024	0,060	0,103	0,023
$t_{vod} = 12°C$	D	8		0,047	0,268	0,030	0,067	0,012		0,095	0,129	0,062	0,091	0,024
sunčano sa vetrom	Sr.	24	J. M.	0,050	0,278	0,032	0,050	0,013	S. D.	0,091	0,068	0,060	0,096	0,023
23. 10. '87	G	8		0,082	0,217	0,048	0,008	0,021		0,044	0,390	0,026	0,005	0,011
$t_{vaz} = 16°C$	S	8		0,067	0,144	0,039	0,042	0,017		0,080	0,156	0,047	0,080	0,021
$t_{vod} = 13°C$	D	8		0,096	0,175	0,056	0,037	0,025		0,081	0,277	0,047	0,052	0,021
sunčano sa vetrom	Sr.	24	S. D.	0,082	0,179	0,048	0,024	0,021	J. M.	0,070	0,274	0,041	0,046	0,018

$$t_E\,(22.) = \frac{0.278 - 0.068}{0.048} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 5.36$$

$$t_\Delta\,(f = 48,\ \alpha = 0{,}05) = 2.01$$

$$t_E\,(23.) = \frac{0.179 - 0.274}{0.045} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 2.59$$

$$t_\Delta\,(f = 48,\ \alpha = 0{,}05) = 2.01.$$

Zaključujemo da postoji suštinska razlika između ocena za koeficijente refrakcije po stranama odnosno po parovima opažač-instrument.

Da ispitamo postojanje suštinske razlike koeficijenta refrakcije po obalama obrazujemo odgovarajuće studentizovane veličine:

$$t_E = \frac{0{,}228 - 0{,}171}{0{,}046} \cdot \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{2}} = 2{,}15$$

$$t_\Delta\,(f = 96,\ \alpha = 0{,}05) = 1.98$$

$$t_\Delta\,(f = 96,\ \alpha = 0{,}01) = 2.63$$

Rezultat govori da nije postojala visokoznačajna razlika između koeficijenta refrakcije po obalama.

Napomenimo da dijagrami vrednosti koeficijenta refrakcije za 22. oktobar ukazuju na značajnu nesimetriju u početnom delu opažačkog perioda.

7. OCENA TAČNOSTI REZULTATA ODREĐIVANJA VISINSKE RAZLIKE IZMEĐU REPERA NA SUPROTNIM OBALAMA

Određivanje visinske razlike repera na suprotnim obalama trigonometrijskim nivelmanom praćeno je slučajnim i sistematskim greškama sa posledicama obrađenim u poglavlju 2. Sistematske greške sem nesimetrične refrakcije eliminišu se postupkom rada, koji je takođe opisan u poglavlju 2. Rezultat jednog takvog određivanja, po potpunom programu sadrži slučajne greške i nesimetričnu refrakciju. Da se dobije uvid u tačnost rezultata potrebno je imati kvazi istinitu vrednost za određivanu visinsku razliku. Ovaj uslov je praktično ostvaren za prelaz Ostružnički most, gde je visinska razlika određena preciznim geometrijskim nivelmanom preko mosta (napred-nazad-napred). Na dva druga prelaza za ocenu tačnosti stoje na raspolaganju po dva određivanja po potpunom programu. U ovim određivanjima je učinjena promena po jednog opažača a izvršena su različitih dana sa očekivanom promenom uticaja nesimetrične refrakcije.

Tačnost (do na nesimetričnu refrakciju) određivanja visinske razlike po potpunom programu je, po pretpostavci, tačnost odgovarajuća tačnosti NVT-a, jer je broj merenja određen prema zahtevu za takvu tačnost.

Za pojedine prelaze dobivene su razlike:

— Prelaz Ostružnički most, D = 0,66 km
d = 0,4 mm (Δ = 0,92 mm)
— Prelaz Ada Ciganlija, D = 0,46 km
d =0,3 mm (Δ = 0,76 mm)
— Prelaz Pančevački most, D = 0,78 km
d = 0,8 mm, (Δ = 1.00 mm)

Dobivene razlike nalaze se u dopuštenim iznosima za razlike nivelmana napred-nazad NVT-a.

8. ZAKLJUČAK

Za prelaz Ostružnički most može se pouzdano reći da je ostvarena predviđena tačnost. Za druga dva prelaza predviđena tačnost je verovatno takođe ostvarena, jer su rezultati dobijeni različitih dana a mesta su izabrana povoljno sa gledišta simetričnosti refrakcije.

Što se samog metoda tiče on se može već sada usavršiti primenom elektronskih teodolita i objektivnih načina viziranja. Ovim bi se postigla eliminacija lično-instrumentalne greške, a time i bolji uvid u uticaj refrakcije.

Za smanjenje uticaja nesimetrične refrakcije i dalje ostaje izbor pogodnog mesta i opažanje pri različitim uslovima.

Svakako bi bilo potrebno uvoditi hidrostatički nivelman a izučiti mogućnosti i primene GPS. U svakom slučaju potpuno određivanje podrazumeva poznavanje polja sile teže na prelazu (anomalije u pravcu i intenzitetu).

9. ZAHVALNOST

Autori su zahvalni prof. dr Nataliji Bratuljević i doc. dr Gligoriju Peroviću za stalan interes i podršku tokom izrade ovoga rada. Kolege doc. dr S Ašanin, asist. prir. Siniša Delčev, asist. prir. Dragan Blagojević, dipl. inž inž. V. Božinov i dipl. inž. J. Malešević izveli su dugotrajna i naporna opažanja požrtvovano i sa velikom pažnjom, na čemu su im autori zahvalni. Takođe želimo da se zahvalimo Odeljenju za mreže Gradskog geodetskog zavoda Beograda na čelu sa dipl. inž. Aleksandrom Skalamerom na svesrdnoj saradnji i pomoći tokom izvođenja opažanja na prelazima Ada Ciganlija i Pančevački most.

LITERATURA:

A. Canić, A. Skalamera: Mreže grada Beograd. Savetovanje o osnovnim geodetskim radovima i opremi za njihovo izvođenje. Struga, 1987.
D. Vučićević: Glavni nivelman reka i kanala. IV kongres GIGJ, Sarajevo, 1968.
V. Milovanović, A. Canić: Prelaz nivelmana preko reke Save za potrebe izgradnje novog železničkog mosta. Elaborat Instituta za geodeziju, Beograd 1975.
V. Milovanović, Ž. Lalović, Č. Cvijović: Nivelman preko Dunava 1983. Elaborat Instituta za geodeziju, Beograd, 1985.

V. Milovanović, Č. Cvijović: Koeficijent refrakcije pri trigonometrijskom određivanju visinskih razlika preko Dunava. Savetovanje o osnovnim geodetskim radovima i opremi za njihovo izvođenje, Struga 1987.

J. Popović: Nivelmanske mreže Beograda kao visinska osnova za Osnovni operativni poligon autoputa »Bratstvo-Jedinstvo« oko Beograda. Diplomski rad. Institut za geodeziju, Beograd, 1988.

SAŽETAK

Opisano je određivanje visinskih razlika preko Dunava i Save kod Beograda trigonometrijskim načinom. Ocjenjivana je preciznost merenja i homogenost preciznosti za više opservatora. Razmotren je način za smanjivanje sistematskih grešaka. Ocenjena je veličina i promenljivost koeficijenta refrakcije za razmatrane lokacije prelaza i periode opažanja. Zaključuje se da je u određivanju visinskih razlika preko Dunava i Save pouzdano ocenjeno da je postignuta tačnost ravna tačnosti NVT. Daju se inicijative za primene i drugih tehnologija: primena elektronskih teodolita sa objektivnim načinom viziranja i disperzometra, hidrostatičkog nivelmana i GPS. Ističe se neophodnost postojanja informacije o polju sile teže (intenzitet i pravac) za rejone prelaza.

ABSTRACT

The paper gives a review about river crossings over Sava and Danube in Belgrade by simultaneous reciprocal trignometric heighting. The precision of zenith distance measurements of the four observers as well as the homogenity of these measurements were estimated. The ways for minimizing the effect of the systematical errors were discussed. The value and the diurnal variability of the coefficient od refraction for the tree locations was determined. If was concluded that the achieved accuracy in heighting is comparable with the precision levelling. The application of different technologies for the water crossings such as: GPS, hydrostatic levelling, electronic theodolites with impresonal sighting as well as the use of the dispersometer is recomended. The necessity of the knowledge of the local gravity field (direction and intensity) for the location of the water crossing was emphasized.

Primljeno: 1988-08-10