

TREBA LI UVIJEK NIVELIRATI IZ SREDINE?

Marko Šljivaric¹, Zlatko Lasic², Robert Rodbinic³

¹Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (e-mail: marko.sljivaric@geof.hr)

²Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (e-mail: zlatko.lasic@geof.hr)

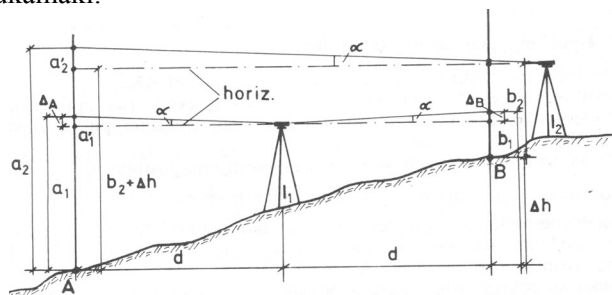
³Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (e-mail: robert.rodbinic@geof.hr)

Sažetak. U radu se prikazuje naknadni korekcijski računski postupak izjednačenja nivelmanskih opažanja, kako samog vlaka, tako i izjednačenja mreže po metodi najmanjih kvadrata za posredna mjerenja, u slučaju kad instrumentom na terenu nije bilo moguće izvesti niveliranje 'iz sredine' te kad instrument nije propisno rektificiran, odnosno posjeduje signifikantnu pogrešku (nehorizontalnost) kolimacione osi. Periodičkim ispitivanjem nivelira prije, tijekom i nakon trodnevnog opažanja pri približno ujednačenim atmosferskim prilikama, u približno isto doba dana, na gore postavljeno pitanje iz naslova može se dati i negativan odgovor, no samo ukoliko imate dosta sreće tj. sistematska pogreška o kojoj je riječ tijekom cijelog mjerenja ima jednaki iznos. Ova tematika je potkrijepljena konkretnim radovima izvršenim sa dva različita nivelira (Wild NA2000 i Zeiss KONI007) koje je zagrebački Geodetski fakultet izvodio na vijaduktu 'Zalesina' i na uređenju lateralnih brana na potoku 'Stompoščak'. S kojom točnošću treba nivelir uopće postavljati u sredinu ukoliko se pogreška kolimacione osi smatra apriori poznatom vrijednošću?

Ključne riječi: nivelmanski vlak, nivelmanska mreža, pogreška vizurne osi nivelira

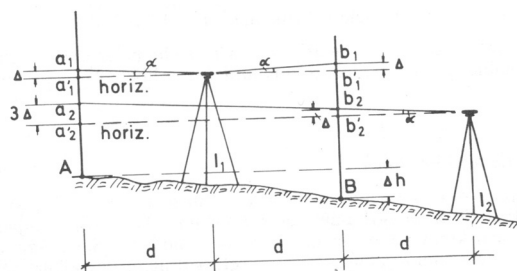
1 ISPITIVANJE GLAVNOG UVJETA NIVELIRA

Glavni uvjet nivelira $VV \perp KK$ - kolimaciona os nivelira okomita na vertikalnu kad libela vrhuni ili kratko rečeno da je vizura horizontalna može se ispitivati na 3 načina (Benčić 1990), no ukoliko ne raspolažemo laboratorijem s kolimatorom tada ćemo sigurno odabrati dobro poznatu metodu ispitivanja nivelira niveliranjem 'iz sredine i s kraja' ili rjeđe ćemo isto provesti tzv. metodom Kukamäki.



Slika 1. Ispitivanje nivelira 'iz sredine i s kraja'

Posljednja spomenuta metoda je zapravo invarijanta niveliranja 'iz sredine i s kraja', koja umjesto približno dvostruke pogreške na udaljenijoj letvi daje trostruku pogrešku na istoj točnije. Naime pri uobičajenom ispitivanju nivelira 'iz sredine i s kraja', dio pogreške nastao zbog toga što nivelir ne možemo beskonačno blizu postaviti bližoj letvi pri niveliranju 's kraja', se ne uzima u obzir. Kako je poanta cijele operacije ispitivanja glavnog uvjeta nivelira upravo korigirati jednu sistematsku pogrešku, odnosno svesti njen utjecaj na minimum prilikom rada, zapravo bi bilo korektno ne činiti isto pri samom ispitivanju.



Slika 2. Ispitivanje nivelira metodom 'Kukamäki'

To jest teorijski opravdano. Istina je da su oba nivelira, u oba prikazana praktična primjera ispitana klasično, odnosno 'iz sredine i s kraja'. Također je istina da u sljedećim proračunima nije u obzir uzet utjecaj atmosfere refrakcije i zakrivljenosti Zemlje, koji su također sistematske prirode i koje prema Kukamäki iznose

$$p = -0,0168 \times 10^{-8} s^2$$

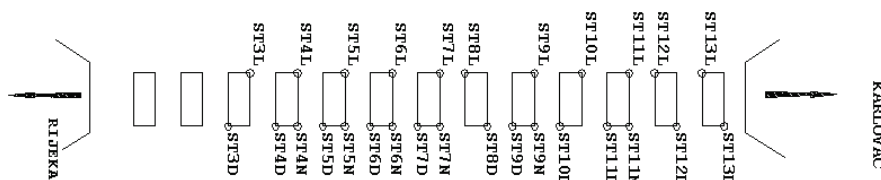
gdje je 's' duljina vizure što na optimalnu udaljenost letve od instrumenta, od 20 do 30 metara, iznosi između 7 i 15 stotinki milimetara. U vlaku koji može biti duljine i do nekoliko kilometara, tj. sastojati se i od nekoliko desetaka stajališta, cijeli prinos može signifikantno utjecati na mjerenje visinske razlike. Rektifikacija, tj. ispravak uočene kolimacione pogreške u pravilu se izvodi spuštanjem ili podizanjem horizontalne niti nitnog križa. To se izvodi ili bolje rečeno se tradicionalno izvodilo, otpuštanjem i zatim zatezanjem korekcijskih vijaka nitnog križa. Za istu operaciju, osim znanja i iskustva, obično treba pri ruci imati i poseban ključić/iglicu. S druge pak strane se općenito uopće ne preporuča dirati korekcijske vijke nitnog križa, jer se nitni križ destabilizira i nikad više nije onakav kakav je bio kad je isporučen iz tvornice ili barem od visokostručnog servisnog ureda. Posljednjih desetak ili malo više godina, proizvođači instrumentarija redovite, korekcijske vijke premazuju crvenim lakom – jasno odašiljući poruku – ne diraj! Danas u doba elektroničkih nivelira, gotovo svi proizvođači istih, daju mogućnost automatske korekcije nehorizontalnosti vizurne osi kroz softverska rješenja već ugrađena u instrument. Dobro je znati da korekcijski postupak, koji će biti opisan, već

postoji u samom instrumentu, npr. u Wild-ovom NA2000, a još je bolje pri ruci na terenu barem imati kratke upute za isti proizvod. No recimo što je s Zeiss-ovim nivelirom KONI007 ili bilo kojim drugim optičkim nivelirom?

Slijedi opis ove jednostavne korekcije, njen utjecaj na zatvaranje nivelnanskog vlaka ili njen utjecaj na točnost izjednačenja nivelnanske mreže, odgovor na pitanje koliko zapravo trebamo točno pozicionirati nivelir u sredinu između dvije letve i konačno odgovor na pitanje iz naslova.

2 UTJECAJ NEHORIZONTALNOSTI VIZURE NA ZATVARANJE VLAKA

Rekognosciranje terena na praćenju repera postavljenih uzduž podnožja stupova na vijaduktu Zalesina (Investitor H.A.C. d.o.o.), priprema zadatka i instrumentarija, te sama opažanja izvedena su u intervalu od četvrtka 13. srpnja do nedjelje 16. srpnja 2006 godine. Za opažanje je korišten elektronski nivelir s automatskom registracijom podataka Leica NA-2002 s kompenzatorom i kodiranom podjelom na letvi (URL-1). Tijekom nivelmana vrijeme je bilo sunčano, a temperatura 16-17°C – uvjeti vrlo dobri, osim što je zbog konfiguracije terena odmah bilo uočljivo da se niveliranje iz sredine neće moći potpuno poštovati.



Slika 3. Položaj stupova i repera na podnožju vijadukta 'Zalesina'

Na cca. 900 metara nivelnanskog vlaka dobiveno je stvarno odstupanje zatvaranja figure 'tamo & natrag' od 2.3 mm, što je izvan kriterija dozvoljenog odstupanja za precizni nivelman 2.reda koji iznosi 2mm/km (Macarol 1977). Naknadnom korekcijom svih originalnih očitavanja letve (stupac 'Čitanje') za iznos dobiven ispitivanjem nivelira 'iz sredine i s kraja', koji i prije i poslije mjerenja daje istu kutnu vrijednost tj. +1.8 mm na udaljenosti od 53.49 metara 's kraja', dobije se stupac 'ČitKK', odnosno korigirane vrijednosti očitavanja letve. Nakon korekcije, odstupanje zatvaranja nivelnanske figure se znatno umanjuje i iznosi 1.7 mm. U račun korekcije nije uzet u obzir ostatak pogreške zbog rastojanja između bliže letve od objektiva nivelira pri niveliranju 's kraja'.

Tablica 1. Nivelmanski zapisnik na vijaduktu 'Zalesina'

Stajalište	Letva	Repar	Duljina	Čitanje	dH	dSTR	VKK	ČitVK	dHKK	vH	dHizj
1	Z	R42	19.78	2.0033			0.00067	2.0040			
	P	V1	28.66	1.4841	0.5192	48.44	0.00096	1.4851	0.5189	0.00009	0.5190
2	Z	V1	23.10	1.6166			0.00078	1.6174			
	P	V2	20.96	1.4123	0.2043	44.06	0.00071	1.4130	0.2044	0.00008	0.2045
3	Z	V2	8.91	0.1317			0.00030	0.1320			
	P	V3	10.79	2.4135	-2.2818	19.70	0.00036	2.4139	-2.2819	0.00004	-2.2818
4	Z	V3	26.39	0.4125			0.00089	0.4134			
	P	V4	29.16	0.8726	-0.4601	54.65	0.00098	0.8736	-0.4602	0.00010	-0.4601
5	Z	V4	16.44	1.2814			0.00055	1.2820			
	P	V5	12.38	0.5653	0.7161	28.82	0.00042	0.5657	0.7162	0.00005	0.7163
6	Z	V5	16.65	2.3120			0.00056	2.3126			
	P	S5D	15.62	0.0303	2.2817	32.27	0.00053	0.0308	2.2817	0.00006	2.2818
7	Z	S5D	16.64	0.4264			0.00056	0.4270			
	P	S6D	15.73	0.3667	0.0597	32.37	0.00053	0.3672	0.0597	0.00006	0.0598
8	Z	S6D	20.56	0.2047			0.00069	0.2054			
	P	S7D	14.77	0.3542	-0.1495	35.33	0.00050	0.3547	-0.1493	0.00007	-0.1492
9	Z	S7D	23.54	0.1487			0.00079	0.1495			
	P	S8D	13.65	0.2462	-0.0975	37.19	0.00046	0.2467	-0.0972	0.00007	-0.0971
10	Z	S8D	13.89	0.2319			0.00047	0.2324			
	P	V6	10.31	2.4240	-2.1921	24.20	0.00035	2.4243	-2.1920	0.00005	-2.1919
11	Z	V6	6.76	0.1936			0.00023	0.1938			
	P	S9D	12.18	2.3433	-2.1497	18.94	0.00041	2.3437	-2.1499	0.00004	-2.1498
12	Z	S9D	22.51	1.0649			0.00076	1.0657			
	P	V7	9.30	0.3533	0.7116	31.81	0.00031	0.3536	0.7120	0.00006	0.7121
13	Z	V7	8.64	2.6330			0.00029	2.6333			
	P	V8	9.68	0.6608	1.9722	18.32	0.00033	0.6611	1.9722	0.00003	1.9722
14	Z	V8	22.38	1.8024			0.00075	1.8032			
	P	S12D	22.34	0.9887	0.8137	44.72	0.00075	0.9895	0.8137	0.00008	0.8138
15	Z	S12D	17.10	0.3924			0.00058	0.3930			
	P	S13L	18.03	0.2779	0.1145	35.13	0.00061	0.2785	0.1145	0.00007	0.1145
16	Z	S13L	26.19	1.2090			0.00088	1.2099			

	P	V9	23.15	0.2135	0.9955	49.34	0.00078	0.2143	0.9956	0.00009	0.9957
17	Z	V9	14.71	2.7828			0.00050	2.7833			
	P	V10	16.91	0.3862	2.3966	31.62	0.00057	0.3868	2.3965	0.00006	2.3966
18	Z	V10	20.70	2.4220			0.00070	2.4227			
	P	V11	21.25	1.0012	1.4208	41.95	0.00072	1.0019	1.4208	0.00008	1.4209
19	Z	V11	25.51	1.5901			0.00086	1.5910			
	P	V12	27.10	2.0056	-0.4155	52.61	0.00091	2.0065	-0.4156	0.00010	-0.4155
20	Z	V12	31.57	0.5610			0.00106	0.5621			
	P	V13	33.86	2.3712	-1.8102	65.43	0.00114	2.3723	-1.8103	0.00012	-1.8102
21	Z	V13	24.79	0.8523			0.00083	0.8531			
	P	V14	22.93	2.1440	-1.2917	47.72	0.00077	2.1448	-1.2916	0.00009	-1.2915
22	Z	V14	31.03	0.7113			0.00104	0.7123			
	P	V15	29.30	1.5886	-0.8773	60.33	0.00099	1.5896	-0.8772	0.00011	-0.8771
23	Z	V15	19.35	1.5323			0.00065	1.5330			
	P	R42	20.73	2.0151	-0.4828	40.08	0.00070	2.0158	-0.4828	0.00008	-0.4828
				SUM:	-0.0023	895.03		SUM:	-0.0017	0.00168	0.00000

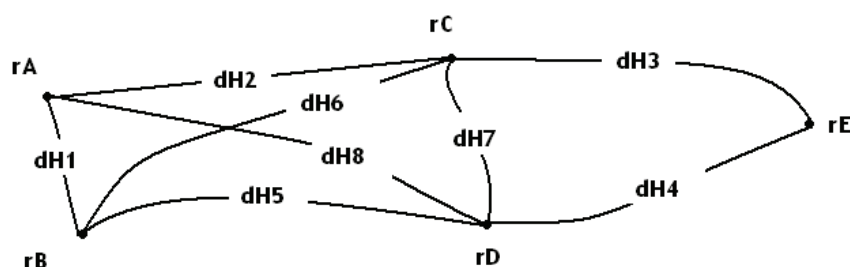
Razlika se možda još bolje očituje usporedbom stupaca samih visinskih razlika, onih iz originalnih očitavanja letve 'dH', korigiranih dHkk' i izjednačenih 'dHizj', odnosno korektnije rečeno popravljenih za ostatak odstupanja zatvaranja figure.

Korekcija koja je izvedena da se izraziti vrlo jednostavno preko omjera:

$$\frac{+1.8(mm)}{53.49(m)} = \frac{vkk(mm)}{s(m)} \Rightarrow vkk(mm) = 0.000034 \times s(m)$$

Odnosno svako čitanje letve $q(mm)$ je trebalo popraviti, pribrojiti mu u ovom slučaju zbog predznaka samog iznosa pogreške jer je ista ispitivanjem 's kraja' ispala pozitivna, tj. vizura je bila previsoka (elevaciona), a naravno da može nastupiti i slučaj da je preniska (depresiona), za iznos $vkk(mm)$ s obzirom na udaljenost instrument-letva označenu sa $s(m)$. Izraženo u lučnoj mjeri, svejedno preko funkcija $arctg$ ili $arcsin$ – razlika je jedino smatramo li veoma blago nakošenu duljinu očitavanu nivelirom horizontalnom udaljenosti do letve ili kosom – dobiva se vrijednost odstupanja vizure od horizonta od 7" na oba načina.

3 UTJECAJ NEHORIZONTALNOSTI VIZURE NA IZJEDNAČENJE MREŽE



Slika 4. Skica nivelmanske mreže 'Stompošćak'

Opažanje visinskih razlika između 5 bolcna stabiliziranih repera izvršeno je u subotu 5. studenog 2005. sa instrumentom Zeiss KONI007 s dvije letve. Naručitelj posla je poduzeće Montmontaža d.o.o. koja je zahtijevala točnost 'bolje od centimetara' – ma što god to značilo – za izvođenje kaskadne regulacije potočića Stompošćak u Gornjim Mikulićima nadomak Zagreba. Vrijeme je bilo oblačno, a temperatura oko -7°C do maksimalno -3°C u podne. Ispitivanjem nivelira 'iz sredine i s kraja' određena je lučna pogreška vizurne osi nivelira od $-13.2''$ prije niveliranja, odnosno $-12.1''$ nakon povratka na fakultet, te je u korekcijski račun uzeta srednja vrijednost od $-12.5''$ za korekciju očitavanja letvi. Kao i u slučaju vijadukta Zalesina – atmosferski uvjeti prolazni, terenski uvjeti vrlo loši: nivelmanske stranice prolaze strmim područjem, preko stepenica, kroz dvorišta i djelomično preko gradilišta. Podjednak problem pozicioniranju letvi jest i odabir položaja stajališta.

Tablica 2. Mjerene, korigirane i izjednačene vis. razlike na Stompošćaku

OD	DO	S(m)	dHmj(m)	wkk (m)	dHkk (m)	dHizj (m)	vmj (m)	vkk (m)
B	A	112	2.33270	0.00054	2.33324	2.33257	-0.00013	-0.00067
A	C	1444	35.50335	-0.00227	35.50108	35.50277	-0.00058	0.00169
C	E	481	25.11080	-0.00039	25.11041	25.11101	0.00021	0.00060
E	D	487	-28.83695	0.00026	-28.83669	-28.83674	0.00021	-0.00005
D	B	1285	-34.10675	-0.00298	-34.10973	-34.10961	-0.00286	0.00012
B	C	1469	37.83695	-0.00196	37.83499	37.83534	-0.00161	0.00035
C	D	226	-3.72530	0.00082	-3.72448	-3.72573	-0.00043	-0.00125
D	A	1388	-31.77805	0.00227	-31.77578	-31.77704	0.00101	-0.00126
			B-A-C-E-D-B 0.00315		B-A-C-E-D-B -0.00169	SUMA:	-0.00418	-0.00047

U tablici 2. prikazane su originalne mjerene veličine visinskih razlika 'dHmj', razlike 'wkk' u visinskim razlikama između istih i korigiranih vrijednosti za svaki pojedini vlak izvedene na način opisan u prethodnom poglavlju 'dHkk', te izjednačene vrijednosti mjerenja 'dHizj', koje su u oba slučaja začudo dala gotovo potpuno iste vrijednosti – razlika je zanemariva na sedmoj decimali iza metra, iako su popravci u obje serije izjednačenja 'vmj' i 'vkk' različiti. Valja naglasiti da je ocjena točnosti za obje serije izjednačenja također jednaka sa srednjom referentnom pogreškom od 0.00051 m, tj. približno pola milimetra. Vrijednosti nepoznanica izjednačenja – visine repera – podudaraju se također u obje serije

rA= 252.33372 m
 rB= 250.00115 m
 rC= 287.83649 m
 rD= 284.11076 m

dok je najviši reper E u obje serije tretiran kao poznata veličina s unaprijed fiksiranom visinom 312.9475 m. Međutim zanimljivo je pogledati rasap/distribuciju popravaka u obje serije izjednačenja i primijetiti koliko je izjednačenje s korigiranim očitanjima letvi bliže idealnoj vrijednosti, odnosno suma popravaka bliže nuli jer je $0.00047 \ll 0.00418!$ Prilikom računanja približnih visina repera, zatvorena je figura od 5 nivelmanskih vlakova dH1, dH2, dH3, dH4, dH5, odnosno ista figura izražena preko indeksa repera B-A-C-E-D-B. To je prvih 5 od ukupno 8 jednadžbi u izjednačenju. Odstupanje zatvaranja figure bez korekcije iznosilo je +3.15 mm, a nakon korigiranja očitavanja letvi zbog asimetričnog postavljanja nivelira na različite udaljenosti između letvi čemu je uzrok vrlo gusto izgrađen intravilan (niveliranje kroz dvorišta i po stepenicama), poprilična strmina zbog koje vizure često nisu mogle biti dulje od 12 m i razne zapreke na aktivnom gradilištu – ista veličina odstupanja zatvaranja figure poprimila je vrijednost od -1.69 mm za figuru B-A-C-E-D-B (prvih 5 vlakova u tablici 2). U svakom slučaju ostvarena je točnost bolja od centimetarske.

4 TOČNOST POSTAVLJANJA NIVELIRA U SREDINU IZMEĐU DVIJE LETVE

Tablica 3. Zahtijevana teorijska točnost razlike udaljenosti prednje i zadnje letve bez kvarenja podatka očitavanja letve

Pogreška KK u lučnim sekundama	Prec.N. (1/20 mm)	Prec.N. (1/10 mm)	Pogreška KK u lučnim sekundama	Tehn.N. (1 mm)	Grad.N. (1 cm)
1	5.16 m	10.31 m	10	10.31 m	103.13 m
2	2.58 m	5.16 m	20	5.16 m	51.57 m
3	1.72 m	3.44 m	30	3.44 m	34.38 m
4	1.29 m	2.58 m	40	2.58 m	25.78 m

5	1.03 m	2.06 m	50	2.06 m	20.63 m
6	0.86 m	1.72 m	60	1.72 m	17.19 m
7	0.74 m	1.47 m	70	1.47 m	14.73 m
8	0.64 m	1.29 m	80	1.29 m	12.89 m
9	0.57 m	1.15 m	90	1.15 m	11.46 m
10	0.52 m	1.03 m	100	1.03 m	10.31 m
11	0.47 m	0.94 m	110	0.94 m	9.38 m
12	0.43 m	0.86 m	120	0.86 m	8.59 m
13	0.40 m	0.79 m	130	0.79 m	7.93 m
14	0.37 m	0.74 m	140	0.74 m	7.37 m
15	0.34 m	0.69 m	150	0.69 m	6.88 m
16	0.32 m	0.64 m	160	0.64 m	6.45 m
17	0.30 m	0.61 m	170	0.61 m	6.07 m
18	0.29 m	0.57 m	180	0.57 m	5.73 m
19	0.27 m	0.54 m	190	0.54 m	5.43 m
20	0.26 m	0.52 m	200	0.52 m	5.16 m
21	0.25 m	0.49 m	210	0.49 m	4.91 m
22	0.23 m	0.47 m	220	0.47 m	4.69 m
23	0.22 m	0.45 m	230	0.45 m	4.48 m
24	0.21 m	0.43 m	240	0.43 m	4.30 m
25	0.21 m	0.41 m	250	0.41 m	4.13 m
26	0.20 m	0.40 m	260	0.40 m	3.97 m
27	0.19 m	0.38 m	270	0.38 m	3.82 m
28	0.18 m	0.37 m	280	0.37 m	3.68 m
29	0.18 m	0.36 m	290	0.36 m	3.56 m
30	0.17 m	0.34 m	300	0.34 m	3.44 m

Pitanje je koliko se točno moramo pozicionirati u sredinu između dvije letve ukoliko poznamo lučnu vrijednost iznosa nehorizontalnosti vizurne osi (1. i 4. stupac u tablici) za određene kategorije nivelmana.

Kao granične dozvoljene vrijednosti razlike očitavanja u sva 4 slučaja uzete su polovice najmanjeg podatka očitavanja koji npr. za KONI007 (2.stupac) iznosi pola desetinke milimetra, pa je za vrijednost koja signifikantno mijenja ili može promijeniti očitavanje letve uzeta četvrtina milimetra odnosno $f = 0.00025$ m.

Vidljivo je da se u slučaju opažanja na Stompoščaku trebalo poštovati niveliranje iz sredine bolje od pola metra, odnosno maksimalna razlika udaljenosti prednje i zadnje letve od instrumenta iznosi cca. 41.5 cm, a da takvo očitavanje nije opterećeno sistematskim utjecajem instrumenta s dosta nehorizontalnom vizurom od 12.5“.

Ukoliko se na letvi čita desetinka milimetra (3.stupac) i ukoliko je pogreška vizurne osi npr. 7“ kao u slučaju opažanja vijadukta Zalesina, instrument je trebalo postavljati u sredinu s točnošću boljom od 1.5 m kako bi se poništio utjecaj spomenute pogreške. Opet je kao kriterij korištena vrijednost $f = 0.0005$ m, odnosno polovica minimalnog podatka jer se svaka veća vrijednost pri zaokruživanju na 4. decimalu reflektira na očitavanje. Istim principom izračunate su vrijednosti za tehnički i nivelmane manje točnosti, osim što se podrazumijeva

da takvim nivelirima vizurna os znatnije odstupa od horizonta. Vrijednosti izražene u metrima dobivene su jednostavnim proračunom:

$$\Delta d = f/\tan(\varphi)$$

gdje je 'f' zadani kriterij polovice minimalnog očitavanja letve, a ' φ ' kut između vizurne osi i horizonta izračunat i izmjeren ispitivanjem glavnog uvjeta nivelira.

5 ZAKLJUČAK

Uvođenjem jednostavne korekcije očitavanja letve uslijed nehorizontalnosti vizurne osi poboljšano je zatvaranje figure u oba praktična terenska primjera spomenuta u ovom radu. Sigurno da se postavlja pitanje ovakvom pristupu, što učiniti ako je ispitivanjem glavnog uvjeta nivelira prije mjerenja dobiveno primjerice +7", a nakon opažanja -12" – odnosno kad sistematika pogreške nije konstantna ili barem približno podjednaka veličina prije i poslije mjerenja jer ne možemo jasno odrediti, trenutak, stajalište i očitavanje kad je instrument 'trknut', kao što za tako rapidnu promjenu pogreške u apsolutnoj vrijednosti i po predznaku ne bismo mogli pretpostaviti linearnu promjenu njenog iznosa tijekom opažanja i uvesti neku vremensko zavisnu korekciju.

U slučaju izjednačenja nivelmanske mreže metodom posrednih mjerenja (Feil 1989), obje serije izjednačenja, s nekorigiranim i s korigiranim vrijednostima očitavanja letvi daju potpuno jednake vrijednosti nepoznanica, potpuno jednake vrijednosti izjednačenih mjerenja te potpuno jednaku ocjenu točnosti – referentnu srednju pogrešku. U poglavlju neposredno prije ovog dan je teorijski osvrst na pitanje koliko zapravo točno nivelir treba pozicionirati u sredinu. Odgovor je jednostavan ukoliko se poznaje iznos kolimacione pogreške nivelira tijekom opažanja.

Treba li uvijek nivelirati iz sredine? Da kad god je to moguće, ali sigurno je još važnije uvijek poznavati s kakvim se nivelirrom radi, a i kad se radi sa instrumentom koji je nebrojeno puta već dao zadovoljavajuće podatke, nikad se ne zna kad će istome vizura 'početi bježati'. Stoga nije bez vruga preporučeno ispitivanje nivelira prije i poslije svakog izlaska na teren (Crawford 1995), iako je sigurno još važnije paziti na instrumentarij naročito prilikom transporta. Svejedno, kad terenske prilike to ne dopuštaju – gradilište, konfiguracija terena ili neki iní razlog, na primjer nesmotrenost, zaboravljivost ili neiskustvo geodeta, stvar se još uvijek može spasiti ukoliko je nivelir ispitan prije i poslije samog mjerenja te ukoliko imate sreće da se rezultati ispitivanja glavnog uvjeta nivelira podudaraju u oba ispitivanja odnosno spomenuti sistematski utjecaj je ustaljen, konstantan i nepromijenjen tijekom opažanja.

LITERATURA

- Benčić, Dušan (1990): *Geodetski instrumenti*, Školska knjiga, Zagreb.
- Crawford, Wesley (1995): *Construction, surveying and layout*, Creative Construction Publishing, West Lafayette, Indiana, USA.
- Feil, Ladislav (1989): *Teorija pogrešaka i račun izjedanačenja I*, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Macarol, Slavko (1977): *Praktična geodezija*, 3. popravljeno izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb.
- URL-1: <http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/products/levels> stranice Leica Geosystems AG, St. Gallen, Švicarska, 24.12.2006.

SHOULD BE LEVELING ALWAYS BALANCED?

Abstract. *This paper illustrates afterward correctional calculation step of leveling observation adjustment of the loop, as well as of network adjustment according the theory of the least squares for indirect measures under the condition when field instrument couldn't have been balanced in the middle between two rods and when instrument hasn't been properly serviced – it possesses significant error (un-horizontality) of sight axis. Due the periodic test of leveling instrument before, during and after 3-days long observations, under the equalized atmosphere conditions, in closely same daytime, on mentioned question negative answer can be given, but only if you are lucky enough because the particular subjected systematic error due the observation period has gotten an equal amount. This theme is approved by real projects on two different leveling devices (Wild NA2000 and Zeiss KONI 007) done by Faculty of Geodesy from Zagreb on the 'Zalesina' viaduct and on the reconstruction of water gages on the 'Stompoščak' stream. Which precision is actually necessary for balanced positioning of the leveling instrument if sight axis error is considered as an apriority known variable?*

Keywords: *leveling loop, leveling network, sight axis error off leveling instrument*