

# PRILOG PROUČAVANJU POMAKA JADRANSKE OBALE POMOĆU GEOMETRIJSKOG NIVELMANA

Dr STJEPAN KLAK dipl. inž. — Zagreb

U Geodetskom listu 1—4/54 prikazan je odnos većeg dijela nivelmanske mreže austrijskog preciznog nivelmana i novog nivelmana visoke tačnosti na području SR Hrvatske. U tom je članku nedostajao prikaz odnosa obaju nivelmana na području Srednje Dalmacije (područje: Knin—Zadar—Split—Knin), jer postojeći biljezi visina austrijskog preciznog nivelmana nisu bili uklopljeni u novi nivelman visoke tačnosti, već su naknadno povezani preciznim nivelmanom. Kako je to povezivanje izvršila Geodetska služba SR Hrvatske, to sad postoji mogućnost uspoređivanja i tih nivelmana. U tablici 1 su prikazani podaci koji se odnose na to područje, a simboli u njoj označuju:  $\Delta$  — odstupanje,  $s$  — udaljenost,  $\Delta\Sigma$  — ukupno odstupanje i  $\Sigma s$  — ukupnu udaljenost od početnog repera.

Pojedine visinske razlike austrijskog preciznog nivelmana su računane na isti način kao i u ranijem prikazu [1]. Zbog ilustracije su navedene i godine izvođenja austrijskog i novog preciznog nivelmana i njihove srednje pogreške u mm.

Radi identične interpretacije obaju nivelmana, kao u [1], sastavljeni su dijagrami ukupnih nesuglasica s ucrtanim profilima nivelmanskih vlakova, sl. 1.

Analizirajući veličine sa slike 1 dolazimo gotovo do analognog zaključka kao prvog prikaza [1], to jest, vidimo da se donekle veća ukupna odstupanja javljaju kod većih nadmorskih visina.

U [1] je navedena jedna hipoteza za objašnjenje te pojave. Kod toga je pretpostavljeno da ni jedan nivelman nema takovih pogrešaka čije bi posljedice uzrokovale tu pojavu, na primjer pogreške uslijed netačnog određivanja mjerila nivelmanskih letava. U daljem izlaganju razmotrit ćemo srednju pogrešku  $m_{\Delta}$  pojedinačne razlike  $\Delta$  austrijskog i novog nivelmana:

$$\Delta = \Delta H_A - \Delta H_N$$

Označivši srednju pogrešku visinske razlike  $\Delta H_A$  sa  $m_1$  i srednju pogrešku visinske razlike  $\Delta H_N$  sa  $m_2$ , dobit ćemo:

$$m_{\Delta} = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

Srednje pogreške austrijskog preciznog nivelmana za pojedine vlakove, možemo dobiti iz publiciranih podataka [2]. Na primjer, osim upisanih srednjih pogrešaka u tablici 1 navodimo srednje pogreške još nekih vlakova, računane pomoću dvostrukih mjerenja. Kod toga su usvojene najveće vrijednosti.

Vlak	Srednja pogreška
304	1,26 mm na 1 km
305	1,69 „
306	1,51 „
307	1,09 mm na 1 km

U daljem razmatranju ćemo usvojiti približnu vrijednost od  $\pm 1,3$  mm na 1 km, a za približnu vrijednost srednje pogreške novog nivelmana usvojiti ćemo iznos od  $\pm 1,0$  mm na 1 km.

Tablica 1

OD DO	s km	$\Sigma s$ km	$\Delta$ mm	$\Sigma \Delta$ mm
Vlak: 299 (Kaštel Sućurac — Rogoznica)				
1906—1960				
$\pm 0.95 \pm 1.27 - \pm 0.78$				
14562				
14710	8.33	8.33	— 20.4	— 20.4
14712	1.25	9.58	— 18.0	— 38.4
14758	0.79	10.37	+ 1.2	— 37.2
14730	12.29	22.66	— 9.9	— 47.1
14759	13.98	36.64	+ 14.0	— 33.1
14752	0.32	36.96	+ 0.5	— 32.6
Vlak: 308—309				
1906—1948, 1957				
$\pm 1.15, + 1.04 - \pm 1.3, \pm 1.3$				
14695				
15929	5.07	5.07	+ 10.0	+ 10.0
15921	5.67	10.74	+ 11.1	+ 21.1
15906	12.46	23.20	+ 20.6	+ 41.7
15936	5.92	29.12	— 0.3	+ 41.4
15899	0.17	29.29	+ 1.2	+ 42.6
15881	15.34	44.63	+ 8.7	+ 51.3
15850	22.30	66.93	— 20.3	+ 31.0
15952	11.75	78.68	— 14.8	+ 16.2
15972	16.20	94.88	— 16.3	— 0.1
15980	5.52	100.40	— 21.3	— 21.4
15982	2.26	102.66	— 5.6	— 27.0
15983	0.34	103.00	+ 0.6	— 26.4
15984	0.31	103.31	+ 2.7	— 23.7

OD DO	s km	$\Sigma s$ km	$\Delta$ mm	$\Sigma \Delta$ mm
Vlak: 299				
1905—1961, 1962				
$\pm 0.95, \pm 1.27 - \pm 0.68, \pm 0.79$				
14695				
14673	3.29	3.29	— 4.9	— 4.9
14694	4.18	7.47	+ 8.5	+ 3.6
14667	5.88	13.35	— 6.6	— 3.0
14691	3.23	16.58	+ 17.1	+ 14.1
14664	0.49	17.07	— 28.2	— 14.1
14662	1.38	18.45	— 1.6	— 15.7
14690	1.44	19.89	+ 32.9	+ 17.2
14689	4.24	24.13	— 24.6	— 7.4
14656	0.77	24.90	— 1.2	— 8.6
14654	2.01	26.91	— 8.5	— 17.1
14651	1.69	28.60	— 10.7	— 27.8
14647	3.04	31.64	+ 9.8	— 18.0
14642	4.28	35.92	— 13.7	— 31.7
14641	1.23	37.15	— 1.2	— 32.9
14637	4.50	41.65	— 6.1	— 39.0
14633	4.03	45.68	+ 0.4	— 38.6
14629	3.35	49.03	+ 1.2	— 37.4
14684	1.93	50.96	+ 3.5	— 33.9
14683	1.94	52.90	— 2.8	— 36.7
14615	9.42	62.32	+ 22.3	— 14.4
14610	4.00	66.32	+ 6.2	— 8.2
14606	3.29	69.61	— 1.8	— 10.0
14682	2.22	71.83	+ 4.3	— 5.7
14602	1.57	73.40	+ 5.5	— 0.2
14598	3.52	76.92	— 5.4	— 5.6
14681	3.41	80.33	+ 11.9	+ 6.3
14594	1.29	81.62	— 10.6	— 4.3
14591	2.77	84.39	— 0.3	— 4.6
14680	0.36	84.75	— 0.4	— 5.0
14585	4.69	89.44	+ 7.0	+ 2.0
14578	3.95	93.39	+ 4.7	+ 6.7
14573	3.39	96.78	— 6.1	+ 0.6
14567	4.87	101.65	+ 2.3	+ 2.9
14562	2.55	104.20	+ 13.4	+ 16.3
14556	3.72	107.92	+ 18.0	+ 34.3
14531	1.86	109.78	— 33.3	+ 58.9
14530	0.50	110.28	+ 57.9	+ 58.9

Pomoću tih vrijednosti dobivamo: .

$$m_1 = \pm 1.3 \sqrt{s}$$

$$m_2 = \pm 1.0 \sqrt{s}$$

$$m_{\Delta} = \pm 1.64 \sqrt{s}$$

Prema tome,  $m_{\Delta}$  bi bila vrijednost srednje pogreške pojedine razlike starog i novog nivelmana kad ne bi bilo nikakvih utjecaja-promjena u vremenskom intervalu između izvođenja obaju nivelmana. Međutim;

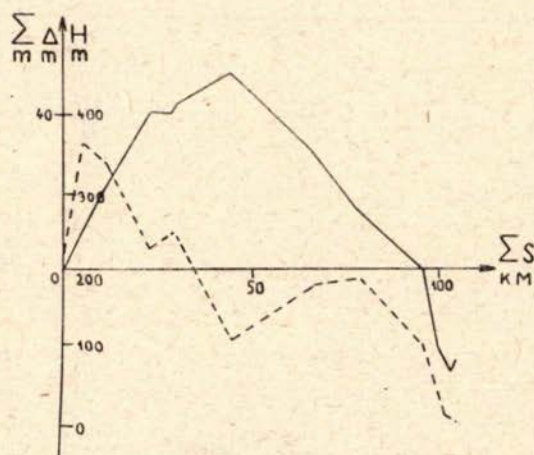
reperi se nalaze na fizičkoj površini Zemlje, a ona nije nepromjenljiva, jer na nju djeluju mnoge sile (na primjer: geotektonske i druge). Pod utjecajem takovih sila nastaju promjene uslijed kojih se mijenja i međusoban položaj repara. Usvajimo za približni kriterij nepromijenjenog međusobnog položaja dvaju susjednih postojećih-repera iz oba nivelmana dvostruki iznos srednje pogreške  $m_{\Delta}$ , to jest  $\pm 2 \times 1.64 \sqrt{s} = \pm 3.28 \sqrt{s}$ .

Uspijemo li pronaći takove repera, između kojih bi razlika  $\Delta$  obaju nivelmana zadovoljila taj uvjet, u nivelmanskim vlakovima koji spajaju unutrašnjost s Jadranskom obalom, to bismo mogli razmatrati međusobni pomak pojedinih grupa repera. Posve razumljivo, da se tu radi o relativnim visinskim odnosima bilo pojedinačnih repera, grupe repera u unutrašnjosti ili na obali. Da bi smo dobili veću sigurnost stabilnosti bilo pojedinih repera ili grupe repera moramo se poslužiti i rezultatima geologije, koji nam daju pregled o geološkoj stabilnosti pojedinih područja.

Tako su odabrana područja u okolišu Roča u Istri, Otočca, Knina, Dicma i Sušice. Na tim područjima su odabrani pojedini reperi odnosno nivelmanske strane koje zadovoljavaju spomenuti kriterij, pa je uspoređen njihov visinski položaj s nekim reperima na obali, koji također zadovoljavaju isti kriterij. Budući da su svi podvrgnuti stanovitom pomicanju i imaju vlastitu brzinu gibanja, to je i razlika takovih brzina gibanja pojedinačnih repera opet neka brzina, koju možemo računati po osnovnoj formuli kinematike:

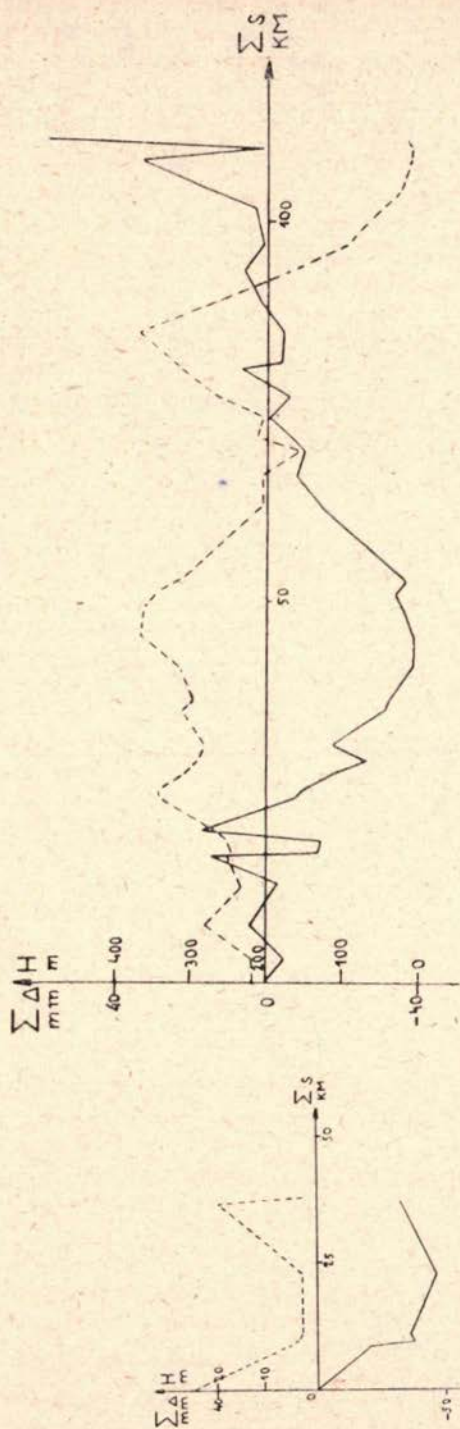
$$v = \frac{\Sigma \Delta}{t} \quad \left( \text{brzina} = \frac{\text{put}}{\text{vrijeme}} \right)$$

smatrajući  $\Sigma \Delta$  za ukupan visinski pomak.



Slika 1

Rezultati takvog ispitivanja su uneseni u tablicu 2.



Sl. 1

Tablica 2.

Od repera — do repera	$\Sigma s$ km	$\Sigma \Delta$ mm	Vremenski interval — godina	Broj strana niv.	Srednja pogreška mm	Brzina pomicanja mm/god.
5496 (Roč) — 5555 (Pušća)	82.60	16.2	70	13	14.7	0.23
15462 (Otočac) — 15650 (Rijeka)	124.90	—	40	29	18.3	1.54
14673 (Knin) — 15894 (Zadar)	106.60	—	51	14	17.0	0.37
14673 (Knin) — 14567 (Kaštel Gomilica)	98.36	+	57	32	16.2	0.14
14673 (Knin) — Solin — 14753 (Rogoznica)	137.87	—	57	39	19.3	0.20
14493 (Dicmo) — 14712 (Trogir)	71.90	—	47	21	13.9	0.60
14493 (Dicmo) — Metković — 14318 (Gruž)	233.90	—	48	38	25.9	1.34
14086 (Sušica) — Dicmo — 14712 (Trogir)	144.46	—	47	36	19.7	1.07

$\Sigma$  — 5.21

Iz te tablice je vidljiva duljina nivelmanske strane  $-\Sigma s$ , razlika obaju nivelmana  $-\Sigma \Delta$ , proteklo vrijeme između oba nivelmana u godinama  $-t$ , ukupan broj nivelmanskih strana, ukupna srednja pogreška računata po formuli:  $\pm 1,64 \sqrt{s}$  i brzina visinskog pomicanja repera. (Kod brzine visinskog pomicanja je upisan predznak  $\Sigma \Delta$ ). Kao što je vidljivo iz posljednje rubrike brzina pomicanja u visinskom smislu ima pretežno predznak  $-$  (nove visinske razlike su veće) i ako pretpostavimo geološki stabilan položaj repera u unutrašnjosti, to bi značilo spuštanje obale u odnosu na unutrašnjost. Prosječno spuštanje iznosi  $\frac{5,21}{8} = 0,65$  mm/god.

Na taj način je dan jedan kratak, približan prikaz odnosa unutrašnjosti i Jadranske obale dok bi cjelokupnije razmatranje ovog problema iziskivalo dugotrajan i opsežan rad. Ipak i ovaj kratki prikaz odnosa obaju nivelmana omogućava dobivanje jednog pregleda koji je veoma interesantan ne samo za geodeziju nego i za neke srodne discipline.

#### LITERATURA

1. S. Klak: Prilog proučavanju sekularnih pomaka Zemljine kore pomoću geometrijskog nivelmana
2. Die Fortsetzung des Präcisions-Nivellements ausgeführt im Jahre 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1904—1907, 1908 und 1909.