

UDK 528.371(497.1)
Originalni znanstveni članak

JUGOSLAVENSKI VERTIKALNI DATUMI I PRELIMINARNO POVEZIVANJE NOVE JUGOSLAVENSKE NIVELMANSKE MREŽE S AUSTRIJSKOM I TALIJANSKOM

Asim BILAJBEGOVIĆ — Zagreb, Claudio MARCHESINI — Udine*

SAŽETAK. Rad obuhvaća: 1. sintezu istraživanja stvarne visine nulte točke austrougarskog nivelmana, 2. definira novi visinski datum Jugoslavije, te 3. daje originalnu metodu u pogledu izbora najprihvatljivijeg modela visine normalnog repera u Maglaju. U radu se dokazuje da je nula austrijskog nivelmana preniska za oko 6,06 cm. Osim toga, daju se prvi preliminarni rezultati povezivanja jugoslavenske, austrijske i talijanske nivelmanske mreže. Zapravo, rad je dobrim dijelom sinteza istraživanja vertikalnih datuma Jugoslavije A. Bilajbegovića.

1. UVOD

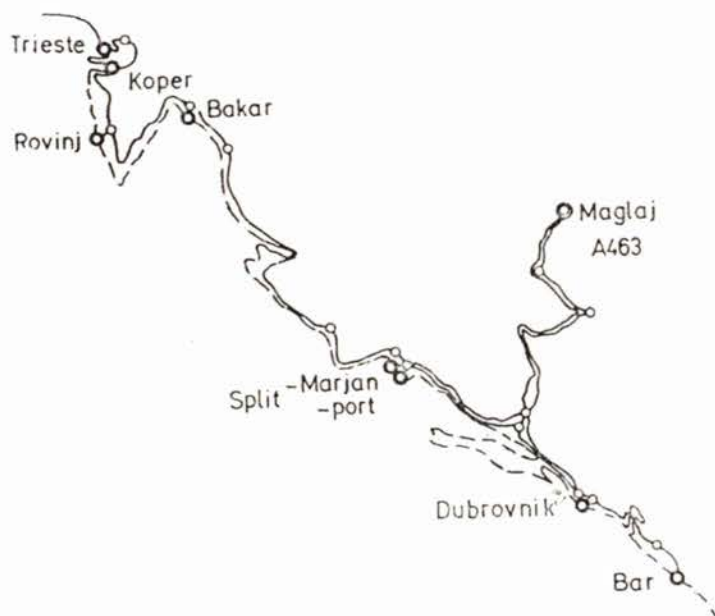
Brojni geodeti i geofizičari iz Austrougarske Monarhije, a kasnije Jugoslavije, bavili su se određivanjem srednje razine mora radi utvrđivanja nulte točke državnog visinskog sustava. Navedimo samo najznačajnije radove: Sterneck 1904, Polli 1938, Kasumović 1950. i 1959, Svečnikov 1955, Čukić 1968, Klak 1957, (prema Kasumoviću 1959.), Stravisi i Ferraro 1986, Bilajbegović i ostali 1984, 1989a, 1989b, 1991a i 1991b i Jovanović 1989. Taj se sustav osiguravao mrežom NVT i PN.

Radovi preciznog nivelmana na području Jugoslavije mogu se razvrstati na tri epohe. Prva epoha obuhvaća radove Vojnogeografskog instituta iz Beča, izvedene od 1878. pa do 1905. godine, za zapadni dio zemlje, a za istočni dio radovi su obavljani između dva rata. Vertikalni datum ovog nivelmana određen je na osnovi opažanja srednje razine mora samo tijekom 1875. godine na Molo Sartorio u Trstu. U drugu epohu spada tzv. prvi nivelman visoke točnosti Jugoslavije, izveden u periodu od 1946. do 1957. godine. Ovaj nivelman nije posebno izjednačen, već je uklopljen u stari austrougarski nivelman, odnosno oslonjen na vertikalni datum stare austrougarske mreže. Radovi treće epohe, odnosno drugog nivelmana visoke točnosti zemlje, otpočeli su stabilizacijom repera 1968. do 1969. godine, a mjerenja su počela 1970. i trajala su oko

* Prof. dr. Asim Bilajbegović, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26.

Prof. dr. Claudio Marchesini, Istituto di Scienze Della Terra, 33100 Udine, Italia.

3 godine. Duž istočnog dijela jadranske obale postavljeno je 7 stalnih mareografa (slika 1 i tablica 1), a za fundamentalnu (osnovnu) točku mreže izabrana



Slika 1: Jugoslavenski mareografi i normalni reper u Maglaju.

Tablica 1: Jugoslavenski mareografi i godine povezivanja mareografskih stanica s mrežom NVT

Mareografska stanica	Registracija počela u godini	Godine povezivanja mareografskih stanica s mrežom nivelmana visoke točnosti
Koper 5486	1962.	1964., 1972.
Rovinj BP 82	1955.	1957., 1964., 1972.
Bakar BV 15663	1930.—1938. 1954.	1938., 1957., 1964.—1965., 1970.—1972.
Split — luka PN 167	1954.	1957., 1964.—1965., 1970.—1972.
Split — Marjan FR 2002	1954.	1957., 1962.—1963.
Dubrovnik A 496	1954.	1957., 1962.—1963., 1970.—1971.
Bar A 226	1965.	1969., 1970., 1978., 1983., 1988.

je točka u Maglaju (tzv. normalni reper), koji se prema geološkim ispitivanjima nalazi na stabilnom tlu i u sredini države.

Stvarna srednja razina mora određena je na osnovi opažanja mareografi-ma duž obale Jadranskog mora (uključujući interval opažanja od 18,6 godina), a visine oslonjene na dosadašnju službenu nulu određenu samo iz opažanja u 1875. godini mareografa u Trstu pokazuju neujednačene razlike duž jadranske obale (tablica 2). Navedene razlike mogu biti posljedica i pogrešaka austro-

Tablica 2: Razlike visina osnovnih mareografskih repera s obzirom na srednju razinu Jadrana 1962,2.—1980,8. i visina iz državne izmjere s obzirom na austrijsku nulu

Mareografska stanica i osnovni mareografski reper	Konstanta mareografa	Visina srednje razine mora	Visina osn. m. repera		Razlika $V_M - V_N$	Period računanja srednje razine mora
			Iz opažanja mareografa	Priključ. na reper državne izmjere. Nivo Trst		
	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	
KOPER PN 5486	403,56	215,24	188,32	203,56	-15,24	1962,2.— —1980,8.
ROVINJ Nulti indeks na mareografu	582,00	98,04	483,955	499,50	-15,04	„
BAKAR BV 15663	339,80	73,75	266,05	279,88	-13,83	„
SPLIT — LUKA PN 165	392,32	59,09	333,23	364,55	-31,32	„
DUBROVNIK Nulti indeks na mareografu	533,30	110,76	422,54	450,26	-27,72	„
BAR Nulti indeks na mareografu	427,65	90,53	337,12	364,10	-26,98	„ ekstrap. za 3 god.

ugarskog nivelmana, pogrešno određene srednje razine mora u 1875. godini, promjene srednje razine mora ili promicanja kopna u blizini mareografa. Još 1950. godine Kasumović (1950.) na osnovi opažanja srednje razine mora u Bakru iz 1930., 1931., 1932., 1933., 1935., 1937. i 1938. pokazuje da je nulta točka austrougarskog nivelmana previsoka za 8,93 cm. R. Sterneck (1904.), šef geodetske ekipe bivšeg Vojnogeografskog instituta iz Beča, smatra da je srednja razina Jadranskog mora određena iz podataka opažanja tijekom 1875. godine nerealna i nepouzdana, a naročito neupotrebljiva za kontrolu nivelmana. Zbog toga on je ponovo odredio visinu biljege visine br. 1 u Trstu u odnosu na srednju razinu mora, koju je izveo na temelju registracije tršćanskog mareografa u godinama 1875.—1878. (bez 1877.) i 1901.—1904. (zapravo iz niza od 8 godina koji nije kontinuiran). Njegovi rezultati potvrđuju da je visina biljege br. 1, određena u odnosu na srednju razinu mora iz ovog osmogodišnjeg perioda opažanja, za 8,99 cm manja od visine iste biljege određene iz niza

registracija od samo jedne, tj. 1875. godine. To zapravo znači da je srednja razina mora u Trstu određena 1875. godine preniska za 8,99 cm.

Primjećuje se odlično poklapanje Sterneckova rezultata (8,99 cm), koji se odnosi približno na 1901. godinu i mareograf u Trstu, i Kasumovićevog rezultata (8,93 cm), koji se odnosi na 1933 godinu i mareograf u Bakru. Zbog toga Svečnikov (1955) uvodi i u naše udžbenike da je tršćanska nula previsoka za oko 8,9 cm. Međutim, iz kasnijih Kasumovićevih (1959., str. 168.) radova odnosno njegovih publiciranih visina na istom mareografu, može se izračunati razlika od 10,57 cm. Na osnovi Bilajbegovićeva određivanja za epohu 1971,5 (srednja razina mora određena iz opažanja od 1962,2.—1980,8. godine) dobivena je razlika na mareografu u Bakru od +13,83 cm. Prema ispitivanjima u Istituto Talassografico Trieste austrijska nula niža je od srednje razine mora određene iz opažanja mareografa u Trstu od 1960. do 1978. godine (srednja epoha 1969.) za 18,5 cm. Postavlja se niz pitanja: kako objasniti ove razlike? Zašto se slaže Sterneckov rezultat iz 1901. i Kasumovićev iz 1933. godine? Koliko je zapravo niža nula austrijskog nivelmana u odnosu na srednju razinu mora iz epohe 1871,5 (odnosno od 1962,2.—1980,8. godine)? Kako odrediti nultu točku drugog NVT Jugoslavije? Zadatak nimalo lak.

2. KOLIKO JE NIŽA NULTA TOČKA AUSTROUGARSKOG NIVELMANA?

Da bismo odgovorili na ovo kompleksno pitanje, trebalo je analizirati sva dostupna mareografska mjerenja na svim mareografima istočne obale Jadranskoga mora, te usporediti nivelmane koji povezuju nulti indeks različitih mareografa, odnosno visine repera postavljenih neposredno uz mareografe.

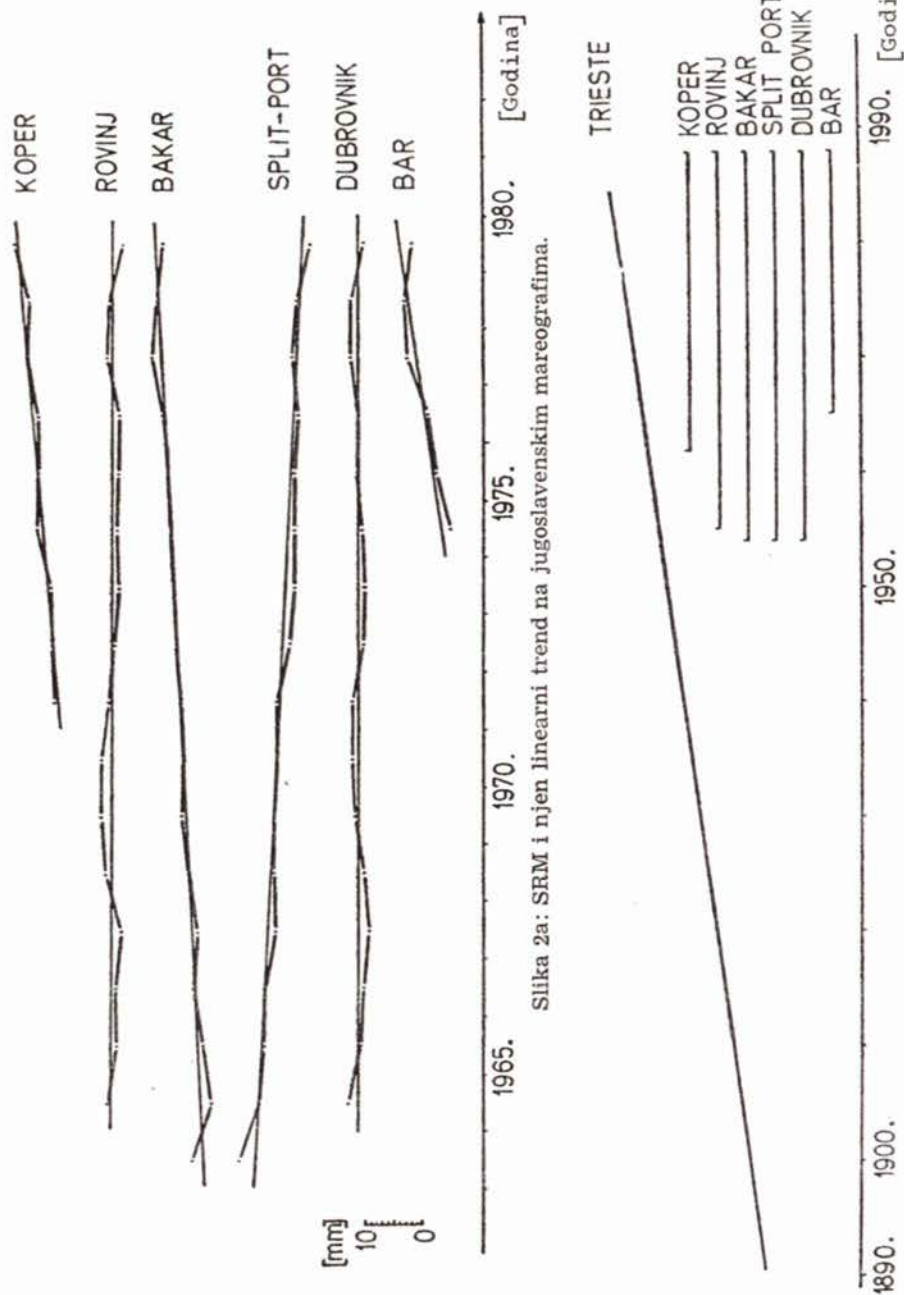
2.1. Promjene srednje razine mora na osnovi opažanja mareografima

Najstariji mareograf na jadranskoj obali je u Trstu. Na osnovi opažanja od 1890. do 1984. godine Stravisi i Ferraro (1986.) izračunali su brzinu »uzdizanja« srednje razine mora u Trstu i dobili rezultat od 0,1324 cm/god. (slika 2, tablica 4). U biti, može se raditi ne samo o uzdizanju mora nego i o spuštanju obale, ili čak uzajamnom pomicanju. Međutim, geolozi i geofizičari iz Istituto Talassografico Trieste smatraju da je vjerojatno obala oko Trsta stabilna. Za naša ispitivanja bitan je trend promjene srednje razine mora u odnosu na nulti indeks mareografa i ona ne isključuju bilo koju od ovih mogućnosti.

Na jugoslavenskom dijelu jadranske obale mareografi nemaju tako dugi period kontinuirane registracije (većinom od 1954. do 1991.), pa je pouzdanost utvrđivanja »promjene« visine srednje razine mora manja u odnosu na Trst (slika 2, tablica 4).

Iz srednjih dnevnih vrijednosti, uzimajući period opažanja od 18,6 godina, izračunata je srednja vrijednost razine mora za svaki mareograf počevši od početne godine opažanja. Svaki put za pojedini mareograf pomican je početak punog perioda (18,6 godina) za jednu godinu i računata srednja vrijednost (tablica 3).

U tablici 3 razlika srednjih razina je pozitivna ako se srednja razina mora uzdiže u odnosu na obalu, ili se obala spušta u odnosu na SRM (srednju razinu mora), a ne isključuje se mogućnost uzajamnog pomicanja.



Slika 2a: SRM i njen linearni trend na jugoslavenskim mareografima.

Slika 2b: Linearni trend mareografske stanice u Trstu (prema Stravisi i Ferraro, 1986.) i vrijeme opažanja srednje razine mora na svim mareografima

Tablica 3: Srednja razina mora (SRM) na mareografskoj stanici Bakar

Mareografska stanica: Bakar						
Vremenski interval		Datum mj. d. god.	SRM cm	SRM razlika cm	Srednja dnevna vrijednost razine mora	
od mj. d. god.	do mj. d. god.				max. cm	min. cm
3. 16. 1954.	10. 20. 1972.	7. 3. 1963.	73,62	-0,34	153,8	33,9
3. 17. 1955.	10. 21. 1973.	7. 3. 1964.	73,28	0,09	153,8	33,9
3. 17. 1956.	10. 21. 1974.	7. 3. 1965.	73,37	0,17	153,8	33,9
3. 16. 1957.	10. 21. 1975.	7. 3. 1966.	73,54	-0,05	153,8	33,9
3. 16. 1958.	10. 20. 1976.	7. 3. 1967.	73,48	0,16	153,8	33,9
3. 17. 1959.	10. 21. 1977.	7. 3. 1968.	73,64	0,10	153,8	33,9
3. 16. 1960.	10. 21. 1978.	7. 3. 1969.	73,74	-0,06	153,8	33,9
3. 16. 1961.	10. 21. 1979.	7. 3. 1970.	73,69	0,07	153,8	33,9
3. 16. 1962.	10. 20. 1980.	7. 3. 1971.	73,76	0,08	153,8	33,9
3. 17. 1963.	10. 21. 1981.	7. 3. 1972.	73,83	0,00	153,8	33,9
3. 16. 1964.	10. 21. 1982.	7. 3. 1973.	73,84	0,10	153,8	37,0
3. 16. 1965.	10. 21. 1983.	7. 3. 1974.	73,94	0,08	153,8	37,0
3. 16. 1966.	10. 20. 1984.	7. 3. 1975.	74,01	0,07	153,8	37,0
3. 17. 1967.	10. 21. 1985.	7. 3. 1976.	74,07	0,15	132,7	37,0
3. 16. 1968.	10. 21. 1986.	7. 3. 1977.	74,22	-0,03	132,7	37,0
3. 16. 1969.	10. 21. 1987.	7. 3. 1978.	74,19	-0,13	132,7	38,7
3. 16. 1970.	10. 20. 1988.	7. 3. 1979.	74,06		132,9	38,7
Σ				0,43		

Tablica 4: Uzdizanje »+« ili spuštanje »-« SRM na mareografskim stanicama istočnog Jadrana

Mareografska stanica	Period od do	Linearni trend α [cm/god.]		Opaska
		+	-	
Trieste	1980.—1984.	+0,1324		Stravisi i Ferraro 1986.
Kopar	1962.—1988.	+0,0778		
Rovinj	1955.—1988.		-0,0117	
Bakar	1954.—1988.	+0,0515		
Split — luka	1954.—1988.		-0,0596	
Dubrovnik	1955.—1988.		-0,0011	
Bar	1965.—1988.	+0,1469		

Izračnate SRM na osnovi punih perioda (18,6 godina), aproksimirane su pravcima da bi se odredio trend promjene srednje razine mora (tablica 4, slika 2). Slična ispitivanja obavio je Jovanović (1989), aproksimirajući srednje godišnje vrijednosti pravcima u periodu opažanja od 1954. do 1977. godine. Trend promjene srednje razine mora na istim mareografima prema našim ispitivanjima i Jovanovićevim (1989) ispitivanjima nije jednak iz više razloga. Prvo, mi smo obuhvatili period od 1954. do 1988. godine, a Jovanović od 1954. do 1977. godine. Drugo, mi aproksimiramo pravcem srednje vrijednosti dobivene iz opažanja od 18,6 godina, a Jovanović aproksimira srednje godišnje vrijednosti. Treće i najvažnije, Jovanović aproksimira periodičnu funkciju pravcem, ali ne u punom periodu od 18,6 godina ili u periodu od $k \cdot 18,6$ godina ($k \in \{1, n\}$), već u periodu od 24 godine. Međutim, njegovi rezultati nisu bitni, bitno je Jovanovićevo upozoravanje na ovu pojavu i pokušaj njenog objašnjenja.

2.2. Usporedba visinskih razlika dobivenih mareografskim mjerenjima i nivelmanom

Da bismo odgovorili na glavno postavljeno pitanje poglavlja 2, potrebno nam je saznanje da li se srednja razina Jadranskog mora ponaša kao nivo-ploha. Interesantno je Kasumovićevo (1950) mišljenje o tom problemu: »Taj rezultat je potpuno prirodan i fizikalno sasvim logičan, jer u takvom malom okrajnjem moru kao što je Jadran, drukčije ne može ni biti. Mišljenja smo, da bi se analognim radom to isto dokazalo i za srednju razinu mora duž zapadne obale Jadrana.« Tešić (1958.) dolazi do zaključka »da srednja razina Jadrana nije horizontalna (doslovno homogena površina), te da između srednjih razina u pojedinim dijelovima tog mora postoje razlike u nivou, koje nisu male«.

Iznesimo Kasumovićevo (1959) mišljenje o Tečićevoj tvrdnji: »Međutim, podaci na temelju kojih osniva svoje tvrdnje, nisu dovoljno sistematski izloženi niti kritički analizirani u pogledu njihove upotrebljivosti, tako da je spomenuti rad — u koliko se odnosi na srednju razinu Jadrana — ispao površan, nejasan i neupotrebljiv.«

Ove nesuglasice najbolje se mogu otkloniti usporedbom visinskih razlika između repeta u blizini mareografa određenih na osnovi opažanja srednje razine mora i povezivanjem nivelmanima visoke točnosti (tablica 5). Srednja pogreška nivelmana iz 1970.—1973. iznosi prema podacima izjednačenja mreže (Bilajbegović i ostali 1990b) oko $\pm 0,77$ mm/km, a iz dvostrukih mjerenja oko $\pm 0,45$ mm/km.

Tablica 5 daje pregled razlika između visinskih razlika dobivenih nivelmanom i na osnovi mareografskih opažanja u različitim visinskim sustavima za 1971,5. godinu i za 1963.—1966. godinu sa sirovim visinskim razlikama. Naime, neke mareografske stanice uzduž obale Jadrana bile su povezane preciznim nivelmanom oko 1957. godine (Klak 1957), od 1963. do 1966. godine (Čučić 1968.) i od 1970. do 1972. godine (Bilajbegović 1989b).

Osjetna razlika između rezultata 1963.—1966. i 1970.—1972. na potezu od oko 1069 km između mareografskih stanica Koper i Bar iznosi + 122,81 mm, odnosno + 32,78 mm (tablica 5). Nju uzrokuje slabija točnost preciznog nivelmana koji povezuje mareografe, izvedenog od 1963. do 1966. godine i ekstrapolacije za isti period, srednje razine mora na nekim mareografima zbog nepostojanja

opažanih rezultata za 9,3 godine prije 1963. odnosno 1966. godine. Međutim, navedene razlike između srednjih razina u Kopru i Baru potvrđuju Kasumovićeva konstataciju da se srednje razine Jadrana određene iz perioda od 18,6 godina ponašaju kao nivo-plohe.

Ukoliko prihvatimo trend relativne promjene srednje razine mora i nultog indeksa mareografa (kopna) (tablica 4), u vremenskom intervalu od 1957. do 1971,5. godine, mogu se izračunati relativne promjene visina između nultog indeksa mareografa, odnosno biljega visina na potezu Rovinj—Bakar, Bakar—Split-luka i Split-luka—Dubrovnik (tablica 5, stupac broj 15). Na osnovi visinskih razlika iz 1957. godine i spomenutih promjena visina mogu se izračunati visinske razlike za 1971,5. godinu (tablica 5, stupac broj 16).

Razlike između odgovarajućih visinskih razlika dobivenih mjerenjem za 1971,5. godinu i računanjem na osnovi mjerenja iz 1957. godine i trenda promjena (tablica 5, stupac 18) manje su po apsolutnoj vrijednosti nego razlike dobivene od izravnih mjerenja iz ove dvije epohe (tablica 5, stupac 17). Isto tako, razlike dobivene na osnovi trendova odgovaraju po predznaku, što upućuje na zaključak da se relativni pomaci srednje razine Jadrana i oznaka na mreografima trebaju i dalje ispitivati i pri preciznijim analizama uzeti u obzir.

2.3. Nulta točka austrijskog nivelmana

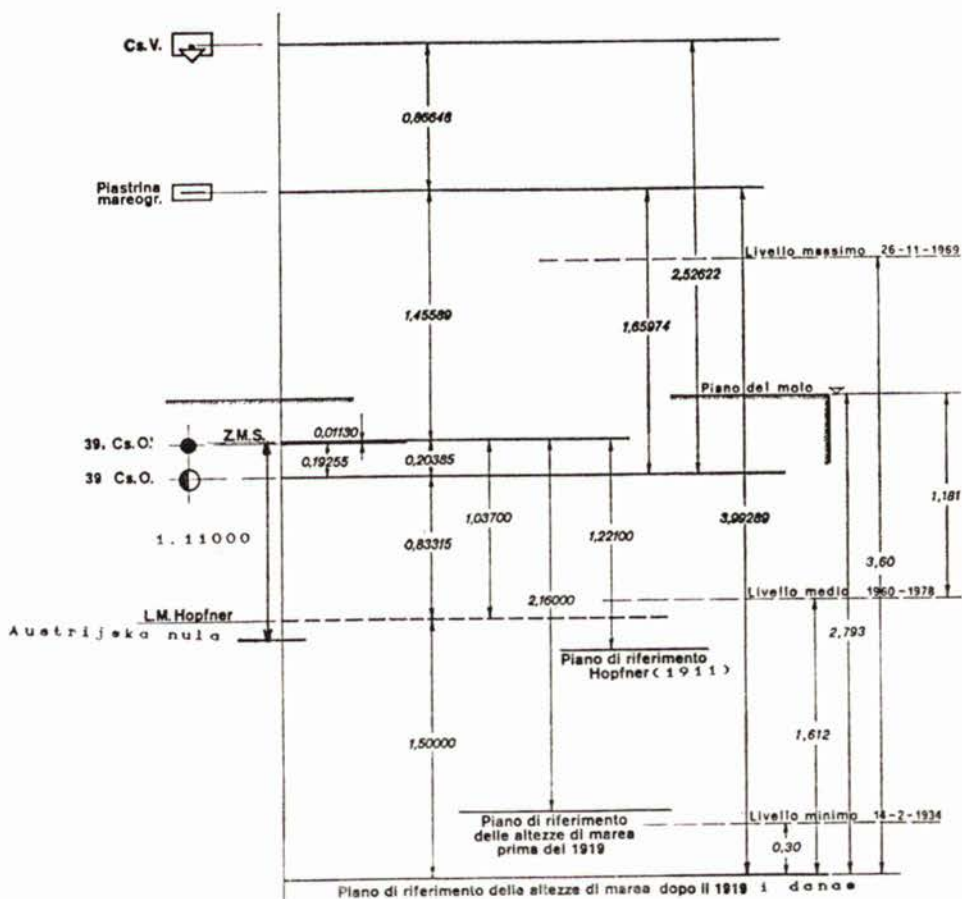
Već smo u uvodu naveli različite vrijednosti za koliko je nulta točka austrijskog nivelmana niža u odnosu na srednju razinu iz 1901, 1938, 1969. i 1971,5. godine. Na osnovi trenda gibanja srednje razine mora u Trstu + 0,1324 cm/god. i visine srednje razine za 1969. godinu (sredina od 1960. do 1973. godine) (slike 2 i 3) dobije se da nulta točka austrijskog nivelmana ima preveliku visinu od 6,054 cm. Bilajbegović je radi povezivanja srednje razine Jadrana u Trstu i Kopru izračunao srednju razinu mora u Trstu za 1971,5. godinu u iznosu od 1,61468 m (period od 1962,2.—1980,8. godina) te na osnovi trenda + 0,1324 cm/god. dobio iznos od 18,768 cm, odnosno 6,058 cm.

Ukoliko se uzme sredina od 6,054 i 6,058 dobit će se 6,056 cm, za koliko je niža austrijska nula, a ne za 8,93 cm. Kako onda objasniti Kasumovićev rezultat koji se odnosi na 1933. godinu, Sterneckov koji se odnosi na 1901. godinu, Bilajbegovićev koji se odnosi na 1971,5. godinu? Sterneckov rezultat najbolje je objasniti pomoću slike 4.

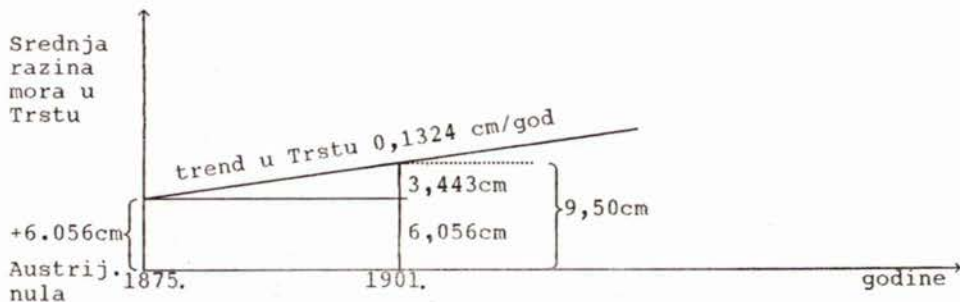
Na osnovi trenda promjene srednje razine Jadrana u Trstu i vrijednosti od 6,056 cm dobije se vrijednost da je austrijska nula niža u odnosu na srednju razinu za 1901. za 9,50 cm. Za istu veličinu iz osmogodišnje srednje razine mora (srednja epoha 1901.) Sterneck je dobio vrijednost 8,99 cm. S obzirom na točnost registracije iz tog perioda to je vrlo dobra suglasnost. Kako objasniti Kasumovićev rezultat?

Budući da je trend »uzdizanja« srednje razine Jadrana u Trstu + 0,1324 cm/god. a u Bakru + 0,0515 cm/god. (tablica 6), u razmatranje treba uzeti razliku u trendovima u Trstu i Bakru (slika 5).

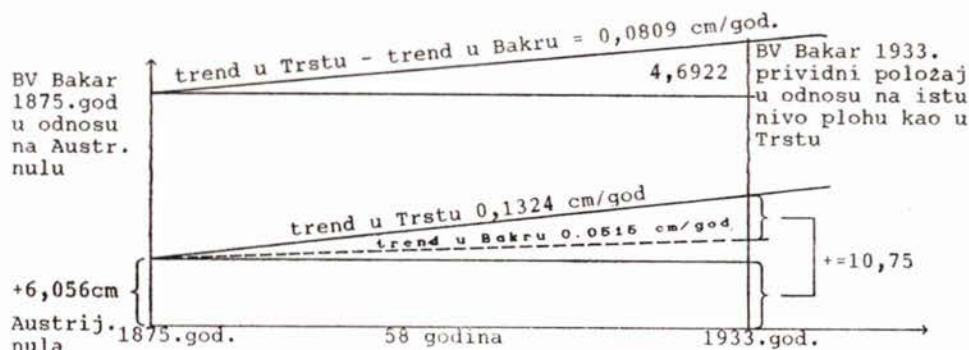
Zbrajajući razliku nastalu zbog razlike u trendovima srednjih razina u Trstu i Bakru u periodu od 1875. do 1933. godine (slika 5) (+ 4,692 cm) i iznos za koliko je austrijska nula niža (6,054 cm), dobije se 10,75 cm. Znači, austrijska nula niža je u odnosu na srednju razinu u Bakru iz 1933. godine za 10,75 cm. Međutim, Kasumović (1950.) za istu veličinu dobiva iznos od 8,93



Slika 3: Pregled točaka registracije srednje razine mora na mareografu u Trstu (djelomično prema Ferraro i ostali /1989./)



Slika 4: Objašnjenje Sterneckovih rezultata



Slika 5: Razlika u trendovima srednjih razina u Trstu i Bakru i objašnjenje Kasumovićeva rezultata

cm. Kako objasniti slaganje Kasumovićeva i Sterneckova rezultata i razliku našeg rezultata i Kasumovićeva rezultata $10,75 \text{ cm} - 8,93 \text{ cm} = 1,82 \text{ cm}$? Ona bi se mogla pripisati pogrešci nivelmana između Trsta i Bakra (oko 327 km). Međutim, onda bi se ova razlika od 1,82 cm pojavila i između Sterneckova i Kasumovićeva rezultata.

Pažljiv čitalac Kasumovićevog rada iz 1950. godine (str. 248.) primijetit će da je on uzeo konstantu mareografa određenu u 1948. godini, a sredina srednjih razina odnosi se na 1933. godinu.

Relativna promjena srednje razine mora u Trstu i Bakru u periodu od 1933. do 1948. godine iznosi 1,22 cm, pa za navedeni iznos treba promijeniti konstantu mareografa. U tom slučaju dobit će se da je austrijska nula niža u odnosu na srednju razinu u Bakru iz 1933. godine za 9,53 cm, što se dobro slaže s vrijednosti što ju je odredio Kasumović (8,93 cm).

Međutim, razlika Sterneckove vrijednosti (8,99 cm) i Kasumovićeve vrijednosti (8,93 cm) iznosi 0,06 cm. Isto tako razlika naših vrijednosti iz 1901. godine (9,50 cm) u Trstu i 1933. godine u Bakru (9,53 cm) iznosi $-0,03 \text{ cm}$.

Na osnovi određivanja srednje razine mora u periodu od 1962,2.—1980,8. godine (epoha 1971,5. godina) dobivena je visina repera BV u Bakru od 2,66060 m (Bilajbegović 1986). Za isti reper austrijska visina iznosi 2,7988 m (s visinskom razlikom između gornjeg znaka visine uz mareograf i BV 15663 od 0,2801 m).

$BV 15663_{\text{AUSTRIJA}} - BV 15663_{1971,5} = 13,82 \text{ cm}$. Teorijska razlika na osnovi razlika u trendovima srednje razine Jadrana u Trstu i Bakru (u periodu od 1875. do 1971,5. godine) i s pogreškom austrijske nule od 6,056 cm iznosi 13,86 cm.

Razlika od samo $-0,04 \text{ cm}$, između računate i teorijske vrijednosti potvrđuje korektnost naših razmatranja.

Na osnovi dosadašnjih razmatranja možemo konstatirati da austrijska nula ima previsoku visinu za 6,06 cm, a ne za 8,93 cm. (Ona je zapravo niža za 6,06 cm.)

Ukoliko ne bi bilo recentnih vertikalnih gibanja, onda bi austrijske visine trebalo smanjiti za iznos od 6,06 cm.

Usporedba austrijskog i II NVT na području Republike Slovenije pokazuje srednje razlike razvrstane po vlakovima (tablica 6).

Tablica 6: Razlika austrijskih i visina II NVT na području Republike Slovenije

Vlak	Duljina niv. vlaka [km]	Broj repera u vlaku	Prosječna razlika austrijske vis. — II NVT [mm]
2 Brajkovič—Koper	19,80	14	140,16
3 Koper—Lešče—Bled	190,51	141	79,37
4 Lešče—Bled—Radeče	44,17	23	1,56
5 Bled—Arja Vas	116,54	67	32,51
6 Arja Vas—Zagreb	86,17	37	31,10
11 Lendava—Arja Vas	221,74	164	71,10
12 Varaždin—Lendava	7,01	2	116,99
	teorijska vrijednost razlike	60,6 mm	srednja vrijednost +63,42

Da li su navedene razlike od 1,56—140,16 mm (tablica 6) posljedica pogrešaka nivelmana (prvenstveno austrougarskog) ili rezultat recentnih vertikalnih gibanja, stvar je daljnjih ispitivanja.

3. ODREĐIVANJE VERTIKALNOG DATUMA II NVT JUGOSLAVIJE

Ispitivanja trenda srednje razine Jadrana na različitim mareografima pokazuju da se mijenja relativni odnos između srednje razine mora i kopna. Zbog toga poželjno je ishodišnu točku visinske mreže imati na stabilnom tlu. Zbog toga je za ishodišnu točku visinskog sustava izabran tzv. normalni reper u Maglaju (A 463). Prema geološkim ispitivanjima nalazi se na stabilnom tlu, tj. tlu koje nije podložno tektonskim pomacima. Radi određivanja visine nor-

Tablica 7: Razlike između kvazigeoida i geoida u Maglaju.

Model	Normalne visine poslije izjednač. H_{A463}^X [m]	Prave ort. visine poslije izjednač. H_{A463}^g [m]	Ortometrijske visine iz geopotenc. [kota] [m] H_{A463}	Razlike (2 — 1) [mm]	Teorijske razlike jednadžba (3.1—1) [mm]	Razlike (2 — 3) [mm]
	1	2	3	4	5	6
Model 1	178,59089	178,59422	178,59322	+3,33	+2,25	+1,00
Model 2	178,59048	178,59387	178,59282	+3,39	+2,25	+1,05
Model 3	178,58878	178,59273	178,59111	+3,95	+2,25	+1,62
Model 4	178,58577	178,58761	178,58759	+1,84	+2,25	+0,02

malnog repera u Maglaju izveden je od 1962. do 1963. godine četverostruki nivelman između njega i mareografa u Splitu i Dubrovniku. Međutim, mreža II NVT iz 1970.—1973. godine povezuje zapravo sve jugoslavenske mareografe s normalnim reperom. Na taj način pruža se više mogućnosti ili modela određivanja visine normalnog repera, pa se nameće pitanje utvrđivanja kriterija za izbor definitivne visine normalnog repera.

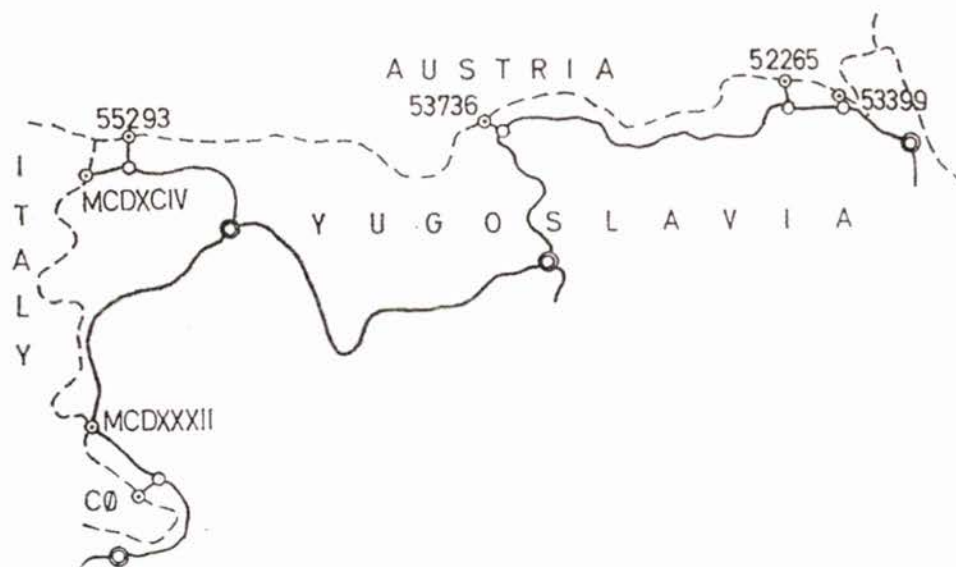
3.1. Kratki opis modela

Model 1 obuhvaća mrežu nivelmana iz 1970.—1973. godine s djelomičnim minimiziranjem traga matrice Q_{xx} (Q_{xx} — matrica težinskih koeficijenata) samo na reperima mareografa (tablica 7).

Model 2 obuhvaća isto što i model 1, s uvođenjem u izjednačenje i visinskih razlika određenih iz mareografskih mjerenja, zapravo, mrežu iz 1970.—1973. godine, visinske razlike iz mareografskih mjerenja uz djelomično minimiziranje traga matrice Q_{xx} na mareografskim stanicama.

Model 3 je zajedničko izjednačenje mreže nivelmana iz 1970.—1973. godine, visinskih razlika određenih iz mareografskih opažanja i četverostrukog nivelmana iz 1962.—1963. godine, uz djelomično minimiziranje traga matrice Q_{xx} na reperima koji se nalaze neposredno uz mareografske stranice.

Modelom 4 određena je visina normalnog repera u Maglaju iz četverostrukog nivelmana iz 1962.—1963. godine, koji povezuje mareografe u Splitu i Dubrovniku i normalni reper u Maglaju uz djelomično minimiziranje traga matrice Q_{xx} samo na reperima mareografa u Splitu i Dubrovniku.

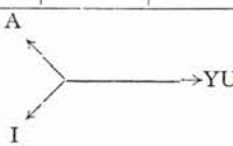


Slika 6: Povezivanje jugoslavenske, austrijske i talijanske mreže nivelmana visoke točnosti

4. PRELIMINARNI REZULTATI POVEZIVANJA JUGOSLAVENSKE, AUSTRIJSKE I TALIJANSKE NIVELMANSKE MREŽE U SUSTAVU NORMALNIH ORTOMETRIJSKIH VISINA

Zahvaljujući susretljivosti kolega iz Austrije i Republičke geodetske uprave Republike Slovenije, bili smo u mogućnosti izračunati razlike u razinama austrijske, talijanske i jugoslavenske nivelmanske mreže (sl. 6), a rezultati su dani u tablici 8.

Tablica 8: Razlike jugoslavenskog i službenih vertikalnih datuma Austrije i Italije.

Granični prijelaz	između	Reper	Datum (1971.) YU (visina) — A (visina) [mm]		Srednja razlika [mm]	
Gornja Radgona <i>Radkersburg</i>	YU-A	A-53399	-0,48		-0,015	
Šentilj <i>Spiefeld</i>	YU-A	A-52265	-4,68			
Dravograd <i>Rabenskin</i>	YU-A	A-53736	+3,81			
Korensko sedlo <i>Koren</i>	Korensko sedlo — sredina rupice*		+0,75			
				Bez razlika nule mereog. Genua— Trieste [mm]	S razlikom nule mereog. Genua— Trieste (57 mm) [mm]	
Rateče <i>Fusine</i>	YU-I	MCDXCIV	+60,35	+3,35	+45,27 odnosno -11,73	
Nova Gorica <i>Gorizia</i>	YU-I	MCDXXXII	+27,95	-29,05		
Fernetiči <i>Fernetiči</i>	YU-I	CØ	+47,52	-9,48		

* Ovaj granični prijelaz još će se kontrolirati na terenu, zbog razlike opisa repera A-55293 i repera u naravi.

Teorijska razlika između visine kvazigeoida i geoida u Maglaju može poslužiti kao kriterij za izbor modela, a ona se računa po slijedećem izrazu (Bilajbegović 1991a):

$$H_{A463}^g - H_{A463}^n = \frac{\bar{\gamma}_m^{A463} - \bar{g}_m^{A463}}{\bar{g}_m^{A463}} \cdot H_{A463}^n = 2,25 \text{ mm.} \quad (3.1-1)$$

gdje je:

H_{A463}^g, H_{A463}^n — ortometrijska i normalna visina datumske točke u Maglaju A463.

- $\bar{\gamma}_m^{A463}$ — srednja vrijednost normalnog ubrzanja sile teže uzduž težišnice točke Maglaj A463.
- \bar{g}_m^{A463} — računata srednja vrijednost ubrzanja sile teže uzduž težišnice datumske točke u Maglaju A463, na osnovi mjerene vrijednosti ubrzanja sile teže na površini tla.

Kako model 3 obuhvaća sva nivelmanska i mareografska mjerenja i pokazuje razliku između izračunate i teorijski određene visine kvazigeoida i geoida od svega 1,70 mm, predlažemo ga za definitivnu visinu normalnog repa.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanja u ovom radu pokazuju da je austrijska nula iz 1875. godine niža, odnosno da biljega visine (neposredno uz mareograf) u Trstu ima preveliku visinu za oko 60,56 milimetara, a ne kako je do sada utvrđeno 89,3 mm (Kasumović 1950) ili 8,99 mm (Sterneck 1904.). To je vrlo važno pri određivanju recentnih gibanja Zemljine kore na području bivše Austrougarske Monarhije i svih geofizičkih i drugih znanstvenih ispitivanja.

Uspoređujući rezultate nivelmana i razlike visina određenih na osnovi mareografskih opažanja srednje razine mora, može se zaključiti da se oni vrlo dobro slažu na potezu jadranske obale od Trsta do Bara.

Zbog »promjena« visine srednje razine mora u toku vremena, nulta visinska točka, definirana na osnovi mareografskih mjerenja, morala bi se vezati za epohu određivanja. Tablica 4 pokazuje ne samo različite iznose nego i promjenu predznaka u trendu promjene srednje razine mora na različitim mareografskim stanicama. Uvidom u trendove promjene srednje razine pokazuje se potreba registracije srednje razine mora na potezu između Bakra i Splita, npr. u Zadru. Dakako, poželjno je imati osnovne točke mreže na geološki stabilnom tlu povezano nivelmanskom mrežom s mareografskim stanicama. Osnovne točke pojedinih država treba povezati nivelmanskim, odnosno GPS mjerenjima, što bi pridonijelo utvrđivanju razlike lokalnih visinskih datuma pojedinih zemalja, odnosno ispitivanju recentnih vertikalnih gibanja Zemljine kore. To bi se najlakše postiglo aktivnim uključivanjem naše mreže NVT u REUN i radove komisije za NVT u MGA.

LITERATURA

- Bilajbegović, A. (1984): Praktično računanje normalnih i normalnih ortometrijskih visina, Geodetski list, 1984., 7—9, 165—178.
- Bilajbegović, A.; Hećimović, Ž.; Bačić, Ž. (1989a): Istraživanja o izboru sustava visina za NVT SFRJ s obzirom na točnost ubrzanja sile teže, Geodetski list, 1989., 4—6, 97—106.
- Bilajbegović, A. (1989b): II nivelman visoke točnosti SFRJ, Tehnički izvještaj, Zagreb 1989.
- Bilajbegović, A.; Bačić, Ž.; Hećimović, Ž. (1990): Gravity Base of New Heights Systems in Yugoslavia, Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Universität Graz, Proc. Int. Symp. on Gravity Field Determination and GPS-Positioning in the Alps-Adria Area, 67, 171—188, Graz 1990.

- Bilajbegović, A; Bačić, Ž; Hećimović, Ž. (1991a): The New Yugoslav Vertikal Datum, »Work-shop on Vertikal Positioning«, October 8—12, Hannover 1990.
- Bilajbegović, A; Bratuljević, N; Bačić, Ž; Hećimović, Ž. (1991b): The 2nd Yugoslav High Precision Leveling Network, »Work-shop on Vertikal Positioning«, October 8—12, Hannover 1990.
- Čukić, D. (1968): Povezivanje naših mareografa nivelmanom visoke točnosti, Geodetski list 1968., 4—6, 59—68.
- Ferraro, S; Crisciani, F; Maselli, M. (1989): Golfo di Trieste, previsioni di marea per il 1989. Nova Thalassia, Trieste 1989.
- HIJRM (Hidrografski institut Jugoslavenske ratne mornarice) (1954—1988): Izvještaj o registraciji mareografskih stanica, Split 1954—1988.
- Jovanović, B. (1989): Istraživanja geodetske i hidrografske nule, njihova primena i važnost, Hidrografski godišnjak 1987, 1989, 115—134.
- Kasumović, M. (1950): Srednja razina Jadranskog mora i geodetska normalna nula Trst, Rad Geofizičkog zavoda, broj 3, Geodetski list 1950., 10—12, 243—256.
- Kasumović, M. (1959): O srednjoj razini Jadranskog mora i njenom utvrđivanju, Geodetski list 1959., 7—9, 159—169.
- Niemeir, W. (1987): Observation Techniques For Height Determination and their relation to usual Height Systems, In: Pelzer H; Niemeir W. (Eds.): Determination of Height and Height Changes, Dümmler, Bonn 1987., 85—108.
- Polli, S. (1938): Livelli medi, capisaldi di livellazione e ampiezze della marea nel Porto di Trieste. R. Comitato Talassografico Italiano, Memoria CCLIII, Venezia 1938.
- Sterneck, R. (1904): Kontrolle des Nivellements durch die Flutmeserangaben, Mitt. d.k.u.k. Militargeogr. Inst. in Wien, Bd 24, Wien 1904.
- Stravisi, F; Ferraro, S. (1986): Monthly and Annual Mean Sea Levels Trieste 1890—1984, Boletino di Oceanologia Teorica ed Applicata, 1986, 4, 97—104.
- Svečnikov, N. (1955): Viša geodezija, druga knjiga, Savezna geodetska uprava, Beograd 1955.
- Tešić, M. (1958): O postdiluvijalnom pomeranju istočne obale Jadrana, Hidrografski godišnjak 1956, 1—57.
- Vodopivec, F; Koler, B; Pajer, M. (1990): Analiza natančnosti nivelmana v razvoju geodetskih mrež v Sloveniji. Fakultet AGG, V TOZD gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana 1990, 1.—122.

YUGOSLAV VERTICAL DATUM AND PRELIMINARY CONNECTIONS OF YUGOSLAV, AUSTRIAN AND ITALIAN LEVELLING NETWORKS

This paper offers a synthesis of the Austro-Hungarian vertical zero point determination, a new Yugoslav vertical datum and an original method for the determination of the normal bench mark Maglaj height. It is shown that the zero point of the Austrian vertical datum is about 6.06 cm too low. New preliminary results in connecting Yugoslav, Austrian and Italian levelling networks are given. This paper is in fact a synthesis of Yugoslav vertical datum investigations by A. Bilajbegović.

Priljeno: 1991-04-15