

Tomislav Krzyk *

UDK 528.381

Pregledni rad

NIVELMANKE MREŽE VIŠIH REDOVA I VERTIKALNI DATUMI NA PODRUČJU BOSNE I HERCEGOVINE

Uvod

Osnovni zadatak nivelmanske mreže visoke tačnosti je da obezbijedi jedinstvo nivelmanske mreže svake države, a u novije vrijeme cijele Evrope i da bude sigurna osnova za uspostavu nivelmanskih mreža nižih redova. Tako koncipirana nivelmanska mreža obezbjeđuje kontinuitet visinske predstave terena kod premjera, za izradu planova i karata, kao i premjeravanja za naučne, tehničke i druge potrebe. Pored praktičnih i neposrednih zahtjeva mreža nivelmana visoke tačnosti (NVT) mora omogućiti naučna istraživanja za određivanje oblika Zemlje, kao i promjena na njoj.

Općenito postoje četiri nivelmana visoke tačnosti na području Bosne i Hercegovine i to po godinama izvođenja.

1899 do 1906 godine, Austro-Ugarski precizni nivelman izveden od Vojnogeografskog instituta u Beču.

1929 godine precizni nivelman izveden od Vojnogeografskog instituta u Beogradu.

1945 do 1953 godine nivelman visoke tačnosti NVT I, izveden od Savezne geodetske uprave FNRJ i Vojnogeografskog instituta u Beogradu.

1970 do 1973 godine, nivelman visoke tačnosti NVT II, izveden od Savezne geodetske uprave SFRJ i Vojnogeografskog instituta u Beogradu.

AUSTRO - UGARSKI NIVELMAN

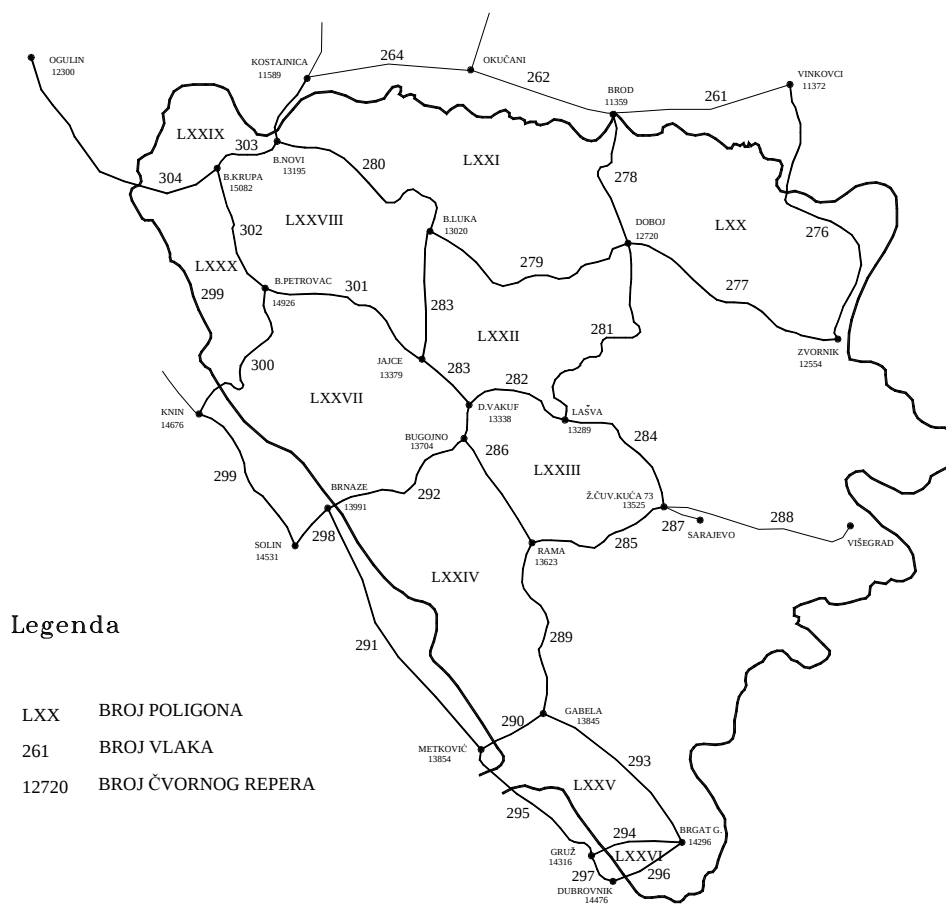
Cijelo područje Austro-Ugarske monarhije pokriveno je mrežom preciznog nivelmana koja je do 1918. godine iznosila 25055 km. Područje Bosne i Hercegovine pokriveno je mrežom preciznog nivelmana ukupne dužine 2330,1 km sa 482 repera prvog i 1891 repera drugog reda. Nivelmanski vlakovi nalaze se duž trasa željezničkih pruga i cesta. Zbog povezivanja i zatvaranja poligona neki nivelmanski vlakovi idu preko teritorije Hrvatske.

* Tomislav Krzyk, dipl.inž.geod, Geodetska uprava Bosne i Hercegovine, Sarajevo,
Reisa Dž. Čauševića br. 6

Pregled trasa nivelmanskih vlakova preciznog nivelmana dat je u priloženom spisku i skici.

Br.Vl.	U poligonu	Od naselja do naselja	Dužina u km
276	LXX	Vinkovci - Brčko-Bijeljina - Zvornik	148.0
277	LXX	Zvornik – Tuzla – Doboj	116.0
278	LXX	Doboj - Slavonski Brod	85.1
279	LXXI	Doboj - Kotor Varoš – Banja Luka	114.5
280	LXXI	Banja Luka – Bosanski Novi - Kostajnica	136.0
281	LXXII	Doboj – Lašva	122.3
282	LXXII	Lašva – Donji Vakuf	60.7
283	LXXII	Donji Vakuf – Jajce – Banja Luka	118.4
284	LXXIII	Lašva – Željeznička čuvarska kuća br. 73	61.4
285	LXXIII	Željeznička čuvarska kuća br. 73 - Rama	76.7
286	LXXIII	Rama – Bugojno – Donji Vakuf	80.0
287		Željeznička čuvarska kuća br. 73 - Sarajevo	
288		Željeznička čuvarska kuća br. 73 - Višegrad	99.0
289	LXXIV	Rama – Mostar – Gabela	94.2
290	LXXIV	Gabela – Metković	3.9
291	LXXIV	Metković – Brnaze	128.5
292	LXXIV	Brnaze – Bugojno	128.8
293	LXXV	Gabela – Hum – Brgat	95.4
294	LXXV	Brgat – Gruž	9.3
295	LXXV	Gruž – Metković	91.5
298	LXXVII	Brnaze – Solin	27.1
299	LXXVII	Solin – Split – Knin	98.0
300	LXXVII	Knin – Bosanski Petrovac	117.1
301	LXXVII	Bosanski Petrovac – Jajce	102.8
302	LXXVIII	Bosanski Petrovac – Bosanska Krupa	53.7
303	LXXVIII	Bosanska Krupa – Bosanski Novi	34.0
304	LXXIX	Bosanska Krupa – Ogulin	137.7
		Ukupno:	2330.1

SKICA VLAKOVA AUSTRO-UGARSKOG NIVELMANA U BiH



Reperi prvoga reda - Hoehenmarke

Reperi prvoga reda - Hoehenmarke stabilizirani su na svakih 3 do 4 km nivelmanskog vlaka. Reperi su stabilizirani u čvrste objekte kao što su : crkve, željezničke stanice, kasarne i td.. Stabilizacija je izvršena na visini od dva do dva metra i dvadeset centimetara od terena. Za stabilizaciju korištena su dva tipa repera. Prvi stariji tip se sastoji od metalnog čepa promjera 3-4 cm sa rupicom i pločice sa natpisom HOEHENMARK ili BILJEG VISINE sa horizontalnom crtom i rupicom. Sredina crtice i rupica predstavljaju nadmorsku visinu. Noviji tip je od prizmatičnog livenog željeza dimenzija 70x55x100 mm. U sredini je rupica koja predstavlja nadmorsku visinu. Oba tipa repera ugrađivana su u zid tako da je čelo repera u ravnini sa površinom zida.

Reperi drugog reda-Steinmarke

Između repera prvog reda, na udaljenost od oko 1 km postavljeni su reperi drugog reda. Za stabilizaciju korištena je kamena podloga kao što su kilometarski stubovi pored željezničkih pruga i cesta, međno kamenje, kamena ograda na propustima, kamene stepenice na objektima i trigonometrijske tačke.

Na mestu za postavljanje letve kamen je horizontalno zaglađen i uklesan je pravougaonik sa slovima HM.

Izravnanje mreže i vertikalni datumi

Mreža Austro-Ugarskog nivelmana u Bosni i Hercegovini oslonjena je na tri repera nivelmanske mreže u Hrvatskoj. Na reper br. 11359 u Slavonskom Brodu, br. 11372 u Vinkovcima i br. 11589 u Kostajnici. Austro-Ugarska nivelmanska mreža oslonjena je na nivo plohu koju predstavlja normalni reper na molu Sartorio u Trstu. Nadmorska visina normalnog repera određena je na osnovu jednogodišnjeg njihanja Jadranskog mora u 1875. godini, iako je neophodno opažanje bar 18,6 godina.

Visina normalnog repera iznosila je $3,352 \pm 0,01$ m. Usvojeno je jednogodišnje opažanje jer se tih godina željelo u Evropi povezati srednji nivo Sredozemnog mora sa Sjevernim morem i odrediti jedinstveni normalni reper za cijelu Evropu. Tada su ustanovili da je srednji nivo Sredozemnog mora niži za 13 cm od srednjeg nivoa Sjevernog mora i odustali od ideje o jedinstvenom normalnom reperu za cijelu Evropu. Godine 1904 je Sterneck na osnovu opažanja njihanja Jadranskog mora na mareografima u Trstu, Puli i Dubrovniku u periodu od 1875 do 1879 godine bez 1877 godine i od 1901 do 1904 godine odredio visinu normalnog repera u Trstu koja je iznosila $3,2621 \pm 0,0099$ m, što je niže za 8,99 cm od kote normalnog repera uzetog kod Austro-Ugarskog nivelmana.

Sa problematikom vertikalnog datuma Austro-Ugarske nivelmanske mreže bavili su se geodeti i geofizičari, tako je dr A. Bilajbegović objavio 1991 god. podatak da je srednji nivo mora u Trstu određen prenisko za 6,056 cm.

Uz uvažavanje popravaka kote repera preciznog nivelmana sračunate su na deseti dio milimetra i objavljene su u publikaciji *Mitteilungen, Militar-Geographischen Institutes Austro-Ugarske monarhije* u Beču.

Terenski podaci arhivirani su u Državnom arhivu Austro-Ugarske monarhije. Izravnjanje mreže je izvršeno po poligonima odvojeno na taj način, što je svaki vlak koji ulazi u novi poligon uziman kao dati i nije ponovo popravlján, dok je pogreška zatvaranja poligona raspoređena proporcionalno dužini novo formiranih vlakova. Jasno je, da ovaj način izravnjanja nije dobar, jer se pogreške nagomilavaju i nije slučajno da se pojavljuje najveća pogreška zatvaranja poligona u posljednjem pligonu LXXIX.

Ocjena tačnosti

Broj poligona	Dužina poligona u km	Pogreška zatvaranja poligona u m	Popravka na km. u mm	Srednja pogreška iz pog.zatv.pol. u mm	Radeno godine
LXX	349	+ 0.0351	0.10	± 1.88	1899
LXXI	234	+ 0.0277	0.10	1.81	1900
LXXXII	291	+ 0.0301	0.10	1.76	1901
LXXIII	219	- 0.0153	0.07	1.04	1902
LXXIV	355	- 0.0361	0.10	1.92	
LXXV	196	+ 0.0323	0.16	2.31	1903
LXXVI	11	- 0.0010	0.09	0.30	
LXXVII	345	- 0.1133	0.33	4.96	1904
LXXVIII	191	- 0.0573	0.30	3.03	1905
LXXVIII	172	+ 0.1689	0.98	8.33	

Terenski podaci preciznog nivelmana koji su arhivirani u Državnom arhivu Austro-Ugarske monarhije, po isteku perioda od sto godina posredstvom Arhiva u Zagrebu dostavljeni su Republičkoj geodetskoj upravi Bosne i Hercegovine 1989 godine .U cilju kompariranja kota Austrugarskog nivelmana i kota NVT II,koje se razlikuju oko 30 cm, pristupilo se pripremanju austrougarskih podataka za zajedničko izravnjanja svih vlakova sa područja Bosne i Hercegovine.

Konstatovalo se je da od ukupno 82 sveske u arhivi Geodetske uprave nedostaje 11 svezaka što je onemogućilo zajedničko izravnjanje i kompariranje podataka.

NIVELMAN IZ 1929 GODINE

Rad na preciznom nivelmanu u Bosni i Hercegovini nastavljen je 1929 godine od Vojno geografskog instituta u Beogradu. Stabiliziran je , nivelan i izravnat umetnuti vlak Hum -Trebinje - Gacko - Kifino Selo - Mostar.

Vlak uzanom prugom Sarajevo - Lim samo je nivelan i izravnat jer je stabilizaciju izvršio Vojno-geografski institut iz Beča. Na ovaj vlak je povezan nivelman u Srbiji gdje je u to vrijeme vršen novi premjer. Ukupa dužina ovih vlakova iznosi 276,5 km sa 71 reperom prvog i 246 repera drugog reda.

Za stabilizaciju korišten je novi tip repera kružnog oblika sa izbušenom rupicom u sredini čija sredina predstavlja kotu repera. Iznad rupice ispisan je rimskim brojem broj repera. Ovi reperi ugrađivani su u zid tako, da mu prednja površina bude u ravni sa zidom.

Za stabilizaciju repera drugog reda korišteni su reperi za horizontalno i vertikalno usađivanje koji se i danas koriste.

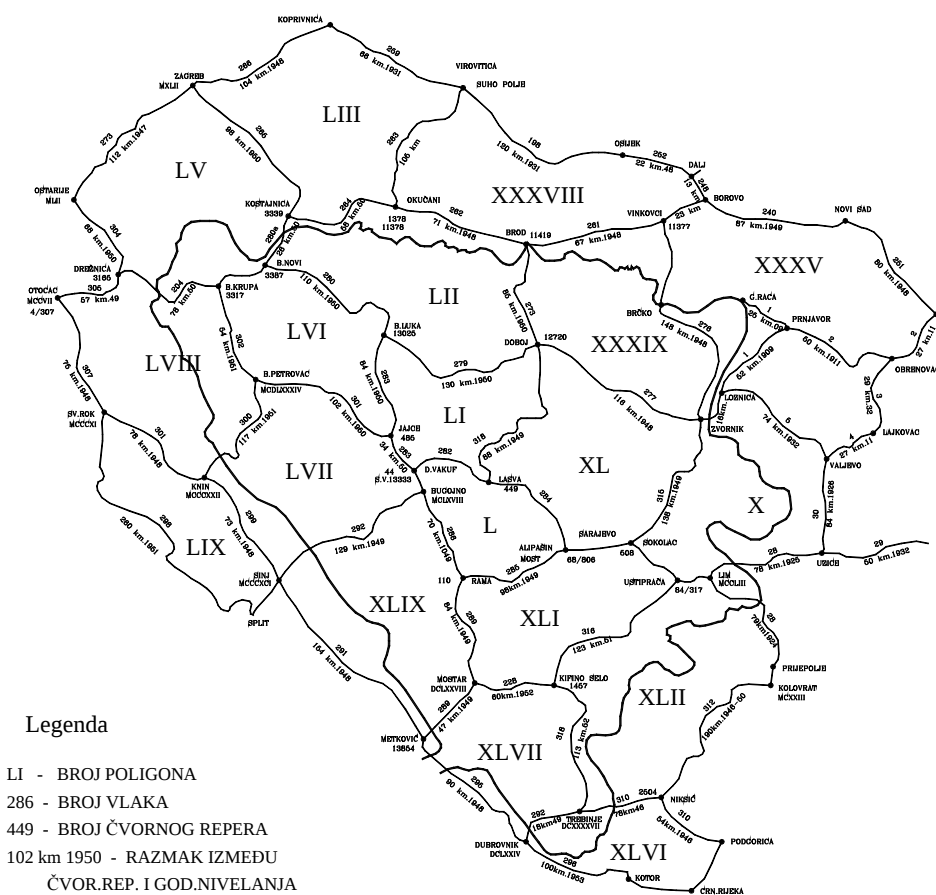
NIVELMAN VISOKE TAČNOSTI (NVT I)

U periodu od 1945 do 1953 godine u Bosni i Hercegovini izvršeni su radovi na stabilizaciji i nivelanju vlakova nivelmana visoke tačnosti. Ovaj nivelman raden je za područje bivše Jugoslavije i izvođači su bili Vojnogeografski institut Jugoslavenske narodne armije, Zavod za fotogrametriju iz Beograda i Geodetska uprava Hrvatske. Ne čekajući cjelokupno izravnjanje nivelmana za područje Jugoslavije, za područje Bosne i Hercegovine pristupilo se računanju radnih kota oslonjenih na stabilne repere austrougarskog nivelmana. Ovaj nivelman oslonjen je na vertikalni datum iz 1875. godine, što znači da su svi nedostaci izravnjanja Austro-Ugarskog nivelmana ugrađeni u nivelman NVT I. Sa tako sračunatim kotama izrađeni su kartoni repera, koji se i do danas koriste. Koristeći mrežu NVT I izrađen je novi premjer za 92% teritorije Bosne i Hercegovine.

Pregled trasa nivelmanskih vlakova NVT I

Broj vlaka	U poligonu	Od naselja do naselja	Dužina u km	Istovjetan sa tras.austroug. nivelmana
276	XXXIX	Vinkovci – Brčko – Bijeljina - Zvornik	148.0	da
277	XXXIX	Zvornik – Tuzla - Doboj	116.0	da
278	XXXIX	Doboj – Slavonski Brod	85.1	da
279	LII	Doboj – Kotor Varoš – Banja Luka	114.5	da
280	LII	Banja Luka – Bos.Novi - Kostajnica	136.0	da
281	LI	Doboj - Lašva	122.3	da
282	LI	Lašva – Donji Vakuf	60.7	da
283	LI	Donji Vakuf – Jajce – Banja Luka	118.4	da
284	L	Lašva – Alipašin Most	61.4	da
285	L	Sokolac – Alipašin Most - Rama	98.0	djelimično
286	L	Rama - Bugojno	70.0	da
289	XLIX	Rama – Mostar - Metković	135.0	da
291	XLIX	Metković Sinj	154.0	da
292	XLIX	Sinj – Bugojno – Donji Vakuf	129.0	da
293	XLVII	Trebinje - Dubrovnik	18.0	ne
295	XLVII	Dubrovnik - Metković	90.0	ne
299	LVII	Sinj - Knin	73.0	ne
300	LVII	Knin – Bosanski Petrovac	117.0	da
301	LVII	Bosanski Petrovac - Jajce	102.8	da
302	LVI	Bosanski.Petrovac – Bosanska Krupa	53.7	da
303	LVI	Bosanska Krupa – Bosanski Novi	34.0	da
304	LVIII	Bosanska Krupa - Drežnica	78.0	djelimično
310	XLII	Trebinje – Nikšić	78.0	ne
315	XL	Sokolac – Zvornik	118.0	ne
316	XLI	Kifino Selo – Ustiprača	123.0	ne
317	XLI	Sokolac – Ustiprača - Lim	31.0	ne
28	XI	Prijepolje – Lim - Užice	157.0	ne

SKICA VLAKOVA NIVELMANA VISOKE TAČNOSTI I (NVT I)



NIVELMAN VISOKE TAČNOSTI NVT II

Na Savjetovanju o mreži nivelmana visoke tačnosti održanom u Beogradu 1967 godine usvojen je zaključak da se pristupi reviziji NVT I i izradi projekta nove nivelmanske mreže nivelmana visoke tačnosti NVT II. Područje Bosne i Hercegovine uključeno je u projekat za bivšu Jugoslaviju.

Projektom je predviđen veći broj fundamentalnih repera, odnosno da sve čvorne repere treba stabilizirati kao fundamentalne repere. Ukupna dužina nivelmanskih vlakova iznosi 9824 km sa 27 čvornih repera. Dužina nivelmanskih vlakova u Bosni i Hercegovini iznosi 1966,9 km sa 2182 repera od toga 10 fundamentalnih repera i 1 normalni reper u Maglaju. Normalni reper lociran je u Maglaju kao središtu bivše Jugoslavije i seizmički i geološki stabilnom području.

Izravnjanje mreže i određivanje vertikalnog datuma

Izravnjanje mreže NVT II izvršeno je na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Duž vlakova koji povezuju mareografe i vlaka koji povezuje Metković sa Maglajem, izvršeno je mjerenje ubrzanja sile teže. I za ostale nivelmanske vlakove, izuzev vlakova Bosanska Krupa - Kostajnica, Bosanska Krupa - Bosanski Petrovac i Bosanski Petrovac – Šibenik, je izvršeno mjerenje ubrzanja sile teže. Računanje ubrzanja sile teže izvršeno je na osnovu karata Fayeovih anomalija koristeći kartu u poliedarskoj projekciji u mjerilu 1:200.000.

Zbog nepoznavanja tačnih vrijednosti ubrzanja sile teže, nepostojanja digitalnih modela gustoće i reljefa, predloženo je za praktičnu upotrebu da se koriste normalne visine (Molodenskog), a geopotencijalne kote za uklapanje naše mreže u Evropsku nivelmansku mrežu (UELN).

Normalni reper u Maglaju povezan je preciznim nivelmanom sa mareografima u Splitu i Dubrovniku.

Kasnije su nivelmanom povezani i ostali mareografi u Kopru, Rovinju, Bakru, Splitu u pristaništu, Splitu na Marjanu, Dubrovniku i Baru. Vertikalni datum NVT II, odnosno srednji nivo Jadranskog mora na pojedinim mareografima je 3.7.1971. godine, a iz podataka njihovanja mora mjerenih od 12.2.1962 god. do 21.9.1980 god.

Pregled trasa nivelmanskih vlakova NVT II.

Br.Vl.	U poligonu	Od naselja do naselja	Dužina u km.
34	VIII	Bosanska Krupa - Kostajnica	60.6
36	VIII	Okučani – Jajce	136.1
37	VIII	Jajce – Bosanski Petrovac	102.0
38	VIII	Bosanski Petrovac – Bosanska Krupa	54.0
39	IX	Strizivojna – Doboj	94.0
40	IX	Doboj – Kaonik	88.0
41	IX	Kaonik – Donji Vakuf	65.1
42	IX	Donji Vakuf – Jajce	34.0
43	X	Kuzmin – Loznica	52.0
44	X	Loznica – Zvornik	16.0
45	X	Zvornik – Doboj	116.0
46	XI	Zvornik – Podromanija	136.0
47	XI	Podromanija – Blažuj	56.0
48	XI	Blažuj – Kaonik	49.0
49	XII	Bosanski Petrovac – Šibenik	231.0
51	XIII	Donji Vakuf – Split	142.0
53	XIV	Blažuj – Opuzen	229.0
58	XV	Podromanija – Ustiprača	50.2
59	XV	Ustiprača – Dubrovnik	254.0
		Ukupno:	1966.9

U Bosni i Hercegovini od preciznog i tehničkog nivelman oslonjenog na mareograf u Trstu od 1946 do 1991. godine je urađeno; preciznog 2290 km i 1320 km tehničkog nivelmana. Od gradskih nivelmana u ovom periodu, 89 gradova oslonjeno je na mareograf u Trstu, a samo 1 na normalni reper u Maglaju.

[illegible]

NIVELMANSKA MREŽA EVROPE

Na Simpoziju EUREF-e u Varšavi 1994. godine uspostavljen je jedinstveni vertikalni datum za Evropu koji se odnosi na mareograf u Amsterdamu. Nakon četiri godine intenzivnog rada sa kooperatorima iz zemalja učesnica dobijeni su prvi rezultati. Ovim projektom naglašena je cjelovitost novih nacionalnih nivelmanskih mreža, koje se protežu od Crnog do Baltičkog mora, te kroz tunel Kanala Lamanš izvršit će se povezivanje sa Engleskom. Republika Hrvatska na osnovu podataka nivelmana NVT II uključila se u evropsku mrežu i izvršila jedinstveno izravnjanje na mareograf u Amsterdamu. Zahvaljujući geografskom položaju Hrvatske, i raspolaganju sa podacima mjerenja za NVT II Bosne i Hercegovine, 17 čvornih repera sa teritorije Bosne i Hercegovine preračunato je u jedinstvenu Evropsku mrežu nivelmana visoke tačnosti. Upoređujući kote ovog nivelmana sa kotama NVT II ustanovili smo, da su kote NVT II više za 0,3284 m. Radne kote NVT I, koje su u upotrebi, su više od kota NVT II za 0,3005 m, što znači da su radne kote NVT I više od evropskih (Amsterdama) za 0,6289 m.

Zaključak

Nadmorske visine repera i detaljnih tačaka na planovima i kartama u Bosni i Hercegovini, su date na osnovu vertikalnog datuma Austro-Ugarske nivelmanske mreže. Te nadmorske visine određene su NVT I i mrežama nivelmana nižih redova oslonjenih na NVT I.

Kote NVT II korištene su samo za jedan gradski premjer i preravnavanje evropskog nivelmana.

Pometnja u različitim visinama kota repera, razlika u visinama korištenim kod premjera zemljišta i izrade topografskih karata i kota evropskog nivelmana od 0,6289 m je bez velikog značaja izuzev, istraživanja o vertikalnom pomjeranju zemljine kore, hidrotehnici, međunarodnom avio saobraćaju, zajedničkim radovima na objektima koji se nalaze na granici sa susjednim državama (ako one primjenjuju vertikalni datum mareografa u Amsterdamu), itd.

Obzirom na činjenicu da je od zadnjeg mjerenja nivelmana visoke tačnosti prošlo više od 22 godine, mora se početi razmišljati o ponovnom mjerenju NVT. Ponovnom mjerenju NVT mora da predhodi izrada projekta kojim bi se predvidjeli radovi na;

-inventarizaciji postojećih repera visoke tačnosti (od zadnjeg nivelanja protekao je period od skoro trideset godina zbog čega je došlo do slijeganja objekata i uništenja repera što je ratom još više ubrzano), utvrđivanju stabilnosti repera, ispitivanju mogućnosti zadržavanja fundamentalnog repera u Maglaju kao fundamentalnog repera za Bosnu i Hercegovinu, povezivanja novog mjerenja visina sa Amsterdamom i preravnavanje mreže nivelmana u okviru evropske mreže nivelmana, određivanje prihvatljivih dozvoljenih odstupanja, koja bi bila ekonomski opravdana i opredjeljenje obzirom na vertikalni datum, koje kote će se praktično primjenjivati.

Literatura

Mitteilungen, Militat-Geographischen Institutes Austro-Ugarske monarhije, Beč.

Geodetski fakultet sveučilišta u Zagrebu, Zavod za višu geodeziju, 1989, II nivelman visoke tačnosti Jugoslavije-sveska 1, Zagreb.

Savezna geodetska uprava, 1955, Uputstvo o izravnanju nivelmana visoke tačnosti i preciznog nivelmana, Geodetski list 3-4, Zagreb, 168-176.

Savezna geodetska uprava, 1967, Savjetovanje o mreži nivelmana visoke tačnosti (grupa autora), Beograd.

Bilajbegović, A. 1989, II. nivelman visoke tačnosti Jugoslavije-svezak 1, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za višu geodeziju, Zagreb.

Bilajbegović, A., Marchesini, C., 1991, Jugoslavenski vertikalni datumi i preliminarno povezivanje nove jugoslavenske nivelmanske mreže s austrougarskom i talijanskom, Geodetski list (45), Zagreb broj 7-9.

Geodetska uprava Bosne i Hercegovine, podaci nivelmana visoke tačnosti, NVT I i NVT II. (interno)

Sažetak

U članku je dat pregled nivelmana viših redova izvedenih na području Bosne i Hercegovine kao što su precizni nivelman Austro-Ugarske, nivelmani visoke tačnosti NVT I i NVT II. Korišteni su različiti vertikalni datumi što je imalo za posljedicu različite kote repera. Naznačene su neke dileme koje bi trebalo razriješiti izradom projekta za novi nivelman visoke tačnosti NVT III.

Higher Order Leveling-networks and Vertical (Geodetic) Dates in Bosnia and Herzegovina

Abstract

Review of the higher order leveling-networks used in Bosnia and Herzegovina (as Austria-Hungarian's precise leveling-network and leveling-networks of high accuracy - first and second order) are presented in the article. Different vertical (geodetic) dates were used what has had as a consequence different bench-mark elevations. Some dilemmas that have to be solved in a new project of high accuracy leveling-network (third order) are also stressed.