

STABILIZACIJA REPERA CIJEVIMA

Stjepan KLAČ — Zagreb

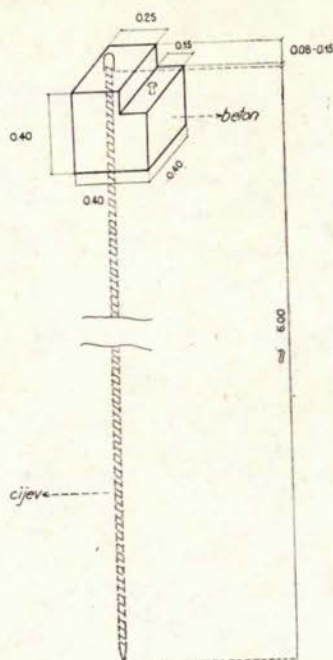
Tokom proteklih godina trebalo je na području SR Hrvatske, prilikom izmjere većih područja za kartiranje u mjerilu 1 : 5000, postaviti opsežnu i solidnu visinsku osnovu — nivelmansku mrežu. Takva bila su područja pretežno pjeskovito-šljunčanog sustava tla, u načelu neizgrađena, nizinska i djelomično pošumljena s relativno visokim nivoom podzemne vode. Tu se nalazilo malo solidnih objekata za ugrađivanje repera, tako da je stabilizacija repera predstavljala stalno ozbiljan problem. Izmjeru je trebalo izvršiti veoma brzo. Praktički su terenski radovi dovršavani u roku od par mjeseci, pa se klasični način stabilizacije repera, pretežno kamenjem, nije mogao primjeniti. On ne bi osigurao tokom perioda korištenja podataka izmjere onu tačnost, koja je postignuta u trenutku mjerenja. Navedena područja snimana su za potrebe urbanizacije i vodoprivrede, pa su podaci nivelmana veoma važni za korištenje u duljem periodu vremena.

Opis i način stabilizacije — sastoji se u slijedećem: Pocičana cijev profila 50 mm, približne dužine 6m, stanji se na jednom kraju i zabija u zemlju pomoću jednostavnog nabijača (kakav se upotrebljava za zabijanje cijevi za vodne crpke — pumpe) ili jednostavne makare tako dugo dok se može zabijati, tj. dok se ne počne na gornjem kraju malo savijati eventualno raspucavati. Ukoliko se cijev može zabijati bez većih poteškoća i preko dubine od 6 metara nareže se na licu mjesta navoj i pomoću odgovarajuće spojnice se spoji ta cijev s drugom i zabijanje se nastavlja. Izrada navoja ne pretstavlja nikakvu poteškoću i lakoćom je izvode i priučeni radnici. Do sad je postavljeno više od 100 repera — cijevi, ali je samo u jednom slučaju trebalo nastavljati — produživati — cijev, jer se već odabiranjem mjesta za reper — cijev nastojalo, baz vizualno, odabrati malo povišeno mjesto na kojem tlo nije suviše mekano-podvodno.

Kad se cijev počne na gornjem kraju malo savijati (raspucavati) odreže se i priborom za izradu navoja nareže navoj na koji se navine mjedeni poklopac s reperom na vrhu. Prije toga se cijev napuni žitkim betonom tako da u nju ne prodire voda i da djeluje kao monolitno — puno — tijelo. Zatim se na površini tla oko cijevi iskopa rupa, približne veličine $0,4 \times 0,4 \times 0,4$ m, koja se zapuni betonom a ujedno se u betonu izgradi mala stepenica u koju se

ispod površine terena ugradi jedan vertikalni — pomoćni reper. Takav reper dobro služi u svim onim slučajevima kad se ošteti mjedeni poklopac s reperom. Betonski blok $0,4 \times 0,4 \times 0,4$ m se izgradi zato da se učvrsti gornji dio cijevi u razini terena. Shemu takove stabilizacije prikazuje slika 1.

SCHEMA STABILIZACIJE



Slika 1

Takav tip stabilizacije je primjenio već 1964. godine, na prijedlog autora, Zavod za fotogrametriju — Zagreb — Borongaj na širem području južnog dijela Zagreba. Tada je postavljeno šest cijevi i odmah nakon stabilizacije je izvršeno mjerenje. Iduće godine, tj. 1965., ponovljeno je mjerenje visinskih razlika u okviru radova Geodetske Uprave SR Hrvatske, ali uglavnom samo između repera — cijevi i susjednih repera. Razlike ta dva mjerenja su vidljive u tablicama 10, 11. Mjerenja su izvedena u duhu novih propisa za gradski nivelman. Poslije 1965. godine postavljeno je više od sto takovih repera — cijevi na području Podravine, Pokuplja, Prigorja i D. Miholjca.

Međutim, kako takav način stabilizacije nije bio ranije primjenjivan u nas, a niti posebno ispitivan, provjeren, to je Savezna Geodetska Uprava, kao jedan od naručilaca izmjere navedenih područja, omogućila, u finansijskom smislu, u 1969. godini prvo opsežnije ispitivanje i provjeravanje stabilnosti takovih repera — cijevi. Radove na stabilizaciji i mjerenju izvršio je opet Zavod za fotogrametriju — Zagreb — Borongaj, kojem ovim putem zahvaljujem za mogućnost korištenja podataka ispitivanja.

Za ispitivanje su odabrana dva područja: Zagreb i D. Miholjac. Zagrebačko područje je odabrano zato jer je već 1964. godine na njemu stabilizirano šest repera — cijevi, koje su po drugi puta mjerene 1965. godine, kao što je već naglašeno. Na području D. Miholjca su upravo u toku 1969. godine izvođeni

radovi tehničkog nivelmana većeg opsega pa je za ispitivanje odabran jedan njegov dio gdje je stabilizacija izvedena pretežno pomoću repera — cijevi. Na tom je dijelu postavljeno ukupno 14 repera — cijevi. Na slikama 2 i 3 su predočene te nivelmanske mreže (Reperi — cijevi su podvučeni).



Slika 2

Pregled dužina cijevi u metrima za oba područja daje nam tablica 1:

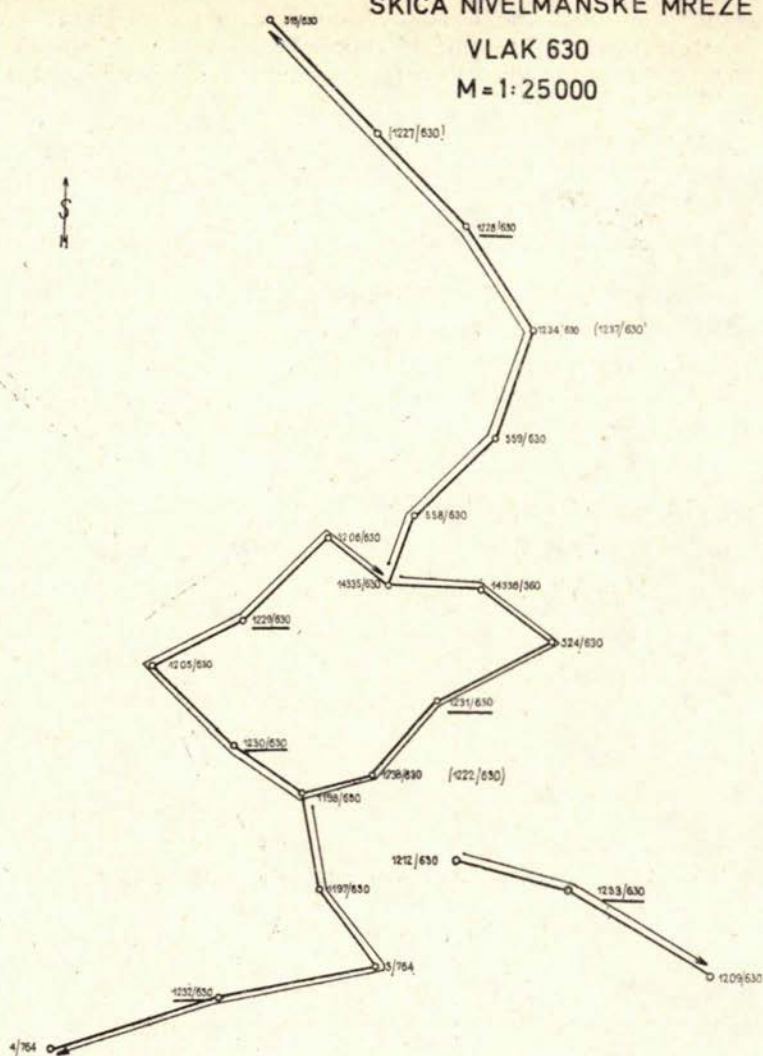
Tablica 1

Broj repera	1228/630	1229/630	1230/630	1231/630	1232/630	1233/630	
Dužina	6.2	6.2	4.3	—	5.3	5.1	
Broj repera	40/821	42/821	43/821	44/821	46/821	82/821	
Dužina	4.7	6.1	6.1	6.0	5.9	6.0	
Broj repera	83/821	84/821	88/821	89/821	90/821	91/821	92/821
Dužina	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

SKICA NIVELMANSKE MREŽE

VLAK 630

M = 1: 25 000



Slika 3

Za ispitivanje su bila predviđena po tri mjerenja. Prvo odmah nakon stabilizacije, drugo poslije (3—4) mjeseca, a treće na proljeće 1970. godine. Na području Zagreba, gdje su već postojala dva mjerenja, premda drugo nepotpuno izvršeno je treće mjerenje u jesen 1969. god., četvrto u zimi 1969. god. a peto u proljeće 1970. godine. Mjerenja su izvršena istim instrumentima, istim priborom, istim metodama, po načelima rada za precizni nivelman, ali na žalost ne i istim opažačima. Naime, mjerenja su obavila tri opažača koji su se mijenjali prema potrebama ostalih zadataka Zavoda. Pri mjerenju je pri-

mjenjena klasična metoda Zeiss — Wild s redosljedom čitanja Z_1 , P_1 , P_2 , Z_2 (Z -čitanje zadnje letve, P — čitanje prednje letve). Nivelmanske letve su bile komparirane prije početka rada 1969. godine i prije trećeg mjerenja 1970. godine. Podaci komparacije su pokazali da nije potrebno uvoditi nikakove korekcije u rezultate mjerenja. U Zagrebu su za podmetače letava upotrebljavane papuče a u D. Miholju i klinovi radi mekog i vlažnog terena.

Tablice 2 i 3 nam daju — po područjima — vrijeme izvršenja zadatka (stabilizacije i mjerenja), imena stručnjaka koji su izvršili te zadatke, srednje pogreške aritmetičke sredine dvostrukih mjerenja, instrumentarij i pribor kojim su izvršena mjerenja.

Tablica 2

Zagreb	Stabilizacija	I Mjerenje	II Mjerenje
Vrijeme	— 7. 1964	— 7. 1964	23. 4. 65 — 30. 4. 65
Stručnjaci	Antun Pacadi, dipl. ing. Ivan Marković, geom.	Antun Pacadi, dipl. ing. Ivan Marković, geom.	Antun Pacadi, dipl. ing. Ivan Marković, geom.
Srednje pogreške	—	± 0.62 mm/km	± 1.25 mm/km
Instrumenti	—	Wild Ni3 br. 18961 i 31696	
Niv. Letve	—	Wild br. 26189, 26190, 24996 i 24997 (centimetarske)	

Zagreb	III Mjerenje	IV Mjerenje	V Mjerenje
Vrijeme	18. 9. 69 — 7. 10. 69	16. 12. 69 — 30. 12. 69	5. 5. 70 — 16. 5. 70
Stručnjaci	Ivan Božičević, dipl. ing. Piotr Otosczyński, dipl. ing.	Ivan Božičević, dipl. ing. Zvonko Ostrički, geom.	Piotr Otosczyński, dipl. ing. Zvonko Ostrički, geom.
Srednje pogreške	± 0.68 mm/km	± 0.76 mm/km	± 0.51 mm/km
Instrumenti	Zeiss 004 br. 145998 i 150368		
Niv. letve	Zeiss br. 26491, 26492, 26485 26486 (polucentimetarske)		

Tablica 3

D. Miholjac	Stabilizacija	I Mjerenje	II Mjerenje	III Mjerenje
Vrijeme	— 5. 69—15. 6. 69	16. 6. 69—26. 7. 69	13. 10. 69—3. 12. 69	20. 5. 69—26. 6. 70
Stručnjaci	Ivan Božičević, dipl. ing.	Ivan Božičević, dipl. ing.	Ivan Božičević, dipl. ing.	Piotr Otosczyński, dipl. ing.
	Z. Ostrički, geom.	Zvonko Ostrički, geom.	Zvonko Ostrički, geom.	Zvonko Ostrički, geom.
Srednje pogreške	—	± 0.90 mm/km	± 0.80 mm/km	± 0.76 mm/km
Instrumenti	—	Zeiss 004 br. 145998 i 150368		
Niv. Letve	—	Zeiss br. 26491, 264992, 26485 i 26486 (polucentimetarske)		

Razmatrajući srednje pogreške vidimo da je na području Zagreba u drugom mjeranju nešto veća srednja pogreška a samo mjeranje nije kompletno, dok su u prosjeku srednje pogreške manje od onih u D. Miholjcu što je i razumljivo obzirom na osobine terena. Naime, na području Zagreba postoje relativno dobri seoski putevi dok na području D. Miholjca nema uopće iole solidnih puteva već postoje jedino uobičajeni seoski zemljani putevi. Ako pak kao kriterij tačnosti mjerenja uzmemo vjerojatne pogreške to vidimo da su u svim slučajevima, osim u Zagrebu — II, mjerenja ispod 50% maksimalnih vrijednosti koje preporuča Međunarodna Asocijacija za geodeziju — sekcija za nivelman. Prema tome, a priori postavljen zadatak u pogledu tačnosti je daleko nadmašen, tj. postignuta je primjerna tačnost, a pogotovo kad se uzmu u obzir osobine terena na kojem su obavljena mjerenja. Na osnovi rezultata mjerenja su izračunate nadmorske visine svih repera, u Zagrebu u odnosu na reper 14335/630, a u D. Miholjcu u odnosu na reper br. 7/672. Ti su reperi odabrani kao ishodišni — osnovni — na temelju uspoređivanja mjerenih visinskih razlika između ranije postavljenih repera.

Naime, uspoređivane su visinske razlike iz svih novih mjerenja s onima iz prvotnog mjerenja po pojedinim nivelmanskim vlakovima. Za ishodišne — osnovne — reperi izabrali smo one prema kojima su se visinske razlike tokom svih mjerenja najbolje slagale, tablice 4 i 5. Međutim, na području Zagreba imamo slučaj jednog osamljenog repera — cijevi 1233/630, koji se nalazi dalje od ostalih, pa su njegovi pomaci računati u odnosu na reper 1212/630. Kako drugo mjeranje na istom području nije kompletno, kao ostala, što se vidi i iz tablice 10, to su još reperi 1206/630 i 3/764 bili usvojeni kao osnovni za računanje pomaka, ali samo u tom — drugom — mjeranju.

Na temelju podataka tablica 4 i 5 usvojen je kao osnovni reper u Zagrebu 14335/630 i u D. Miholjcu 7/672. Nadmorske visine svih repera, za sva mjerenja, su izračunate u odnosu na te reperi, uvijek po istom planu računanja, koji je označen na slikama 1 i 2. U oba slučaja izjednačenje je izvršeno samo u

Tablica 4

Od — do	I Mjerenje	III Mjerenje	IV Mjerenje	V Mjerenje	I-III	III-IV	IV-V	I-V
558/630—14335/630	x 8.8578	x 8.8576	x 8.8579	x 8.8586	+ 0.2	— 0.3	— 0.7	— 0.8
14335/630—14336/630	x 9.7073	x 9.7061	x 9.7064	x 9.7066	+ 1.2	— 0.3	— 0.2	+ 0.7
14336/630—524/630	0.4260	0.4269	0.4265	0.4272	— 0.9	+ 0.4	— 0.7	— 1.2
14335/630—524/630	0.1333	0.1330	0.1329	0.1338	+ 0.3	+ 0.1	— 0.9	— 0.5

Tablica 5

Od — Do	Vlak 198	Vlak 218			198 — 821		
		I Mjer.	II Mjer.	III Mjer.	Δ_1	Δ_2	Δ_3
A 489—AP 625	x 8.4389	x 8.4368	x 8.4347	x 8.4342	+ 2.1	+ 4.2	+ 4.7
—MP 218	0.1198	0.1198	0.1248	0.1236	— 4.7	— 5.0	— 3.8
A 489—MP 218	x 8.5587	x 8.5613	x 8.5595	x 8.5578	— 2.6	— 0.8	+ 0.9

Od — Do	Vlak 672	Vlak 821			672 — 821		
	1966 god.	I Mjer.	II Mjer.	III Mjer.	Δ_1	Δ_2	Δ_3
35638/672—7/672	x 9.3425	—	x 9.3463	x 9.3435	—	— 3.8	— 1.0
—21/672	1.4064	1.4070	1.4112	1.4083	— 0.6	— 4.8	— 1.9
—19549/672	2.9807	2.9804	2.9755	2.9775	+ 0.3	+ 5.2	+ 3.2
—20/672	0.4970	—	0.463	0.5008	—	+ 0.7	— 3.8
7/672—19549/672	4.3871	4.3874	4.3867	4.3858	— 0.3	+ 0.4	+ 1.3

zatvorenim figurama. Prema tome, nadmorske visine odnosno pomaci repera su djelomično opterećeni popravcima izjednačenja. Nesuglasice figura, izražene u mm, navedene su u tablicama 6 i 7, a opseg je izražen u km.

Tablica 6

Zagreb	I Mjer.	II Mjer.	III Mjer.	IV Mjer.	V Mjer.
Opseg	7.23	—	7.01	7.10	6.92
Nesuglasica	+ 0.5	—	— 3.2	— 4.5	+ 2.2

Tablica 7

D. Miholjac	I Mjerenje	II Mjerenje	III Mjerenje
Opseg	17.83	17.61	18.00
Nesuglasica	+ 3.0	+ 0.2	+ 5.0

Kako su nesuglasice uglavnom male veličine to su popravci pojedinih visinskih razlika mnogo manji od srednje pogreške aritmetičke sredine.

Razlikom nadmorskih visina, između pojedinih mjerenja, su dobiveni visinski pomaci. Predznak + (plus) označuje slijeganje a — (minus) uzdizanje. Ti su pomaci sadržani u tablicama 8 i 9. a izraženi su u mm

Tablica 8

Z A G R E B

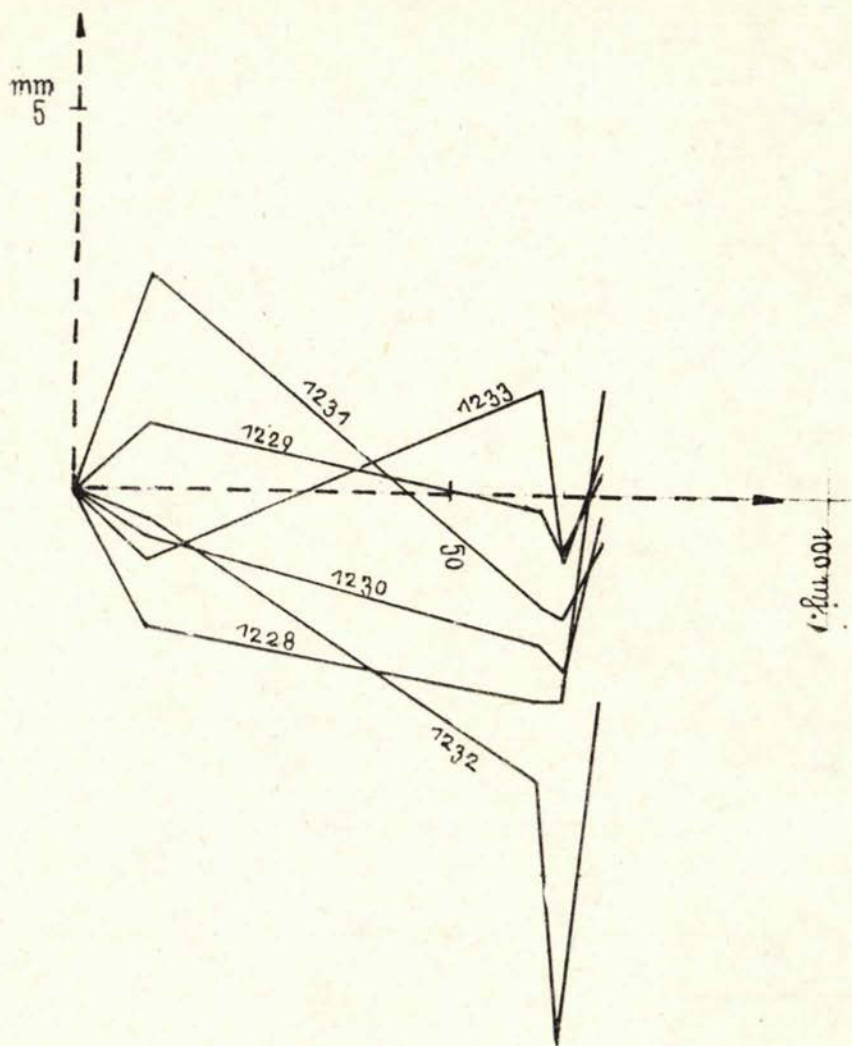
Reper	Vremenski interval u mjesecu					Primjedba
	10	52	3	5	70	
	Pomaci u mm					
	I—II	II—III	IV—V	III—IV	I—V	
518/630	±0.0	+0.4	+0.6	+5.6	+6.6	
524/630	+3.5	—3.8	—0.1	+0.3	—0.1	
558/630	(—0,2)		+0.3	+0.7	+0.8	
559/630	—2.4	+2.3	—0.7	+2.4	+1.6	kamen
1197/630	(—2,0)		—0.2	+0.5	—1.7	
1198/630	+0.5	—1.7	—0.2	—0.3	—1.7	
1205/630	+0.6	+3.8	—1.2	+1.9	+5.1	
1206/630	±0.0	—0.1	—0.8	—0.7	±0.0	
1209/630	+1.0	+2.2	—3.5	+6.5	+6.2	
1212/630	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	
1222/630	+1.3				+1.3	uništen
1227/630	+3.2				+3.2	uništen
1228/630	—1.8	—0.9	±0.0	+4.1	+1.4	cijev
1229/630	+0.9	—1.1	—0.6	+1.1	+0.3	cijev
1230/630	—0.6	—1.4	—0.3	+2.0	—0.3	cijev
1231/630	+2.9	—4.4	—0.1	+1.0	—0.6	cijev
1232/630	—0.4	—3.4	—3.5	+4.6	—2.7	cijev
1233/630	—0.9	+2.3	+2.3	+1.4	+0.5	cijev
1234/630	+10.4				+10.4	uništen
1237/630			—0.6	+3.2	+2.6	
1238/630			—0.1	—0.2	—0.3	
14335/630	(±0,0)		±0.0	±0.0	±0.0	
14336/630	(±0,9)		—0.4	+0.4	+0.9	
3/764	±0.0	—1.2	—3.2	+3.1	—1.3	
4/764	+1.0	—3.4	—4.7	+6.6	—0.5	

Tablica 9

D. MIHOLJAC

Reper	Vremenski interval u mjesecima			Primjedba
	4	7	11	
	Podaci u mm			
	I—II	II—III	I—III	
MP/218	+9.0	-1.1	+7.9	
A/489	+7.2	-2.8	+4.4	
AP/625	+9.3	-2.3	+7.0	
7/672	±0.0	±0.0	±0.0	
20/672		-3.6	-3.6	
21/672	-4.2	+2.9	-1.3	
19549/672	+0.7	+0.9	+1.6	
35638/672		-2.8	-2.8	
18/821	+3.4	+0.4	+3.8	
19/821	+3.1	-1.9	+1.3	
40/821	+0.9	+0.4	+1.3	cijev
42/821	+3.3	-2.3	+1.0	cijev
43/821	+3.1	+1.1	+4.2	cijev
44/821	+1.3	+0.4	+1.7	cijev
46/821	+4.1	+0.6	+4.7	cijev
55/821	+3.4	+2.0	+5.4	
63/821	+5.1	+0.9	+6.0	
64/821	+6.1	+1.0	+7.1	
65/821	+5.0	-0.1	+4.9	
66/821	+3.8	-4.7	-0.9	
82/821	+4.4	+1.2	+5.6	cijev
83/821	+2.5	-0.3	+2.2	cijev
84/821	+2.0	+0.3	+2.3	cijev
88/821	+2.4	+1.2	+3.6	cijev
89/821	+1.0	+2.6	+3.6	cijev
90/821	+1.7	-4.1	-2.4	cijev
91/821	-3.7	+1.2	-2.5	cijev
92/821	+1.2	+0.8	+2.0	cijev
93/821	+2.2	+0.8	+3.0	cijev

Razmatrajući predznake pomaka u tablicama 8 i 9, pojavu predznaka — (minus) možemo objasniti ili pomicanjem, nestabilnošću, osnovnog — ishodišnog repera ili lokalnim uzdizanjem terena, na kojem su stabilizirani reperi odnosno reperi — cijevi.



Slika 4

Usprkos odabiranju osnovnog repera, kao što smo već objasnili, ipak se na području D. Miholjca pokazuju nešto veći pomaci, nego što bi trebalo očekivati, što može rezultirati i iz nestabilnog položaja osnovnog repera, koji se nalazi na periferiji područja ispitivanja, tako da pomake možemo shvatiti kao rezultate regionalnih i lokalnih pomaka (pomaka samih repera).

Ukoliko pak za osnovni reper uzmemo neki drugi, koji se nalazi na solidnijem objektu, bar po vizuelnoj ocjeni, npr. 18/821, treba sve podatke u tablici 9 u I mjeranju smanjiti za +3.4, u II mjeranju sa +0,4 mm ili sumarne za +3,8 mm. Na taj bi se način dobili pomaci po apsolutnoj vrijednosti manji a po predznacima različiti, ali ipak pretežno predznaka — (minus) koji označava uzdizanje.

Osim toga, razmatrajući pomake, a ne znajući koji su reperi stabilizirani cijevima, ne možemo uočiti nikakvih bitnih razlika bilo u pomacima između pojedinih mjerenja bilo u ukupnim pomacima. Prema tome, možemo zaključiti da su svi reperi podjednako stabilni odnosno nestabilni što i jest slučaj na površini Zemlje. Ukoliko pak razmatramo samo pomake repera — cijevi onda vidimo da su na oba područja po prosječnoj (apsolutnoj) vrijednosti manji od prosječne vrijednosti pomaka ostalih repera. Za područje Zagreba izrađeni su i dijagrami ukupnih pomaka za pojedine repere — cijevi, sl. 4, a računati su na osnovi podataka tablice 8.

Tendencija pomaka repera — cijevi koji se nalaze na približno istom području je slična (reperi: 1228/630, 1229/630, 1230/630, 1231/630, 1232/630), dok se pomaci repera 1233/630 malo razlikuju, sl. 4. Međutim, sastavili smo još dvije analize na osnovi mjerenih visinskih razlika. U tim razmatranjima eventualne popravke izjednačenja ne dolaze do izražaja, ali se u svakoj razlici mjerenja odražava i pomak nivelmanske strane. U tablicama 10 i 11 vidimo razlike pojedinih mjerenja za oba područja.

Na osnovi tih razlika izračunate su: prosječne razlike (bez obzira na predznak) između pojedinih mjerenja, prosječna razlika između početnog i završnog mjerenja, prosječne brzine pomaka — izražene u mm/mjesec — između pojedinih mjerenja i početnog i završnog mjerenja. Analizirajući učestalost pojave pojedinih predznaka (tablice 10, 11), ne možemo utvrditi, u većini slučajeva, pojave sistematskih utjecaja. Ako pak izdvojimo, to jest promatramo, samo nivelmanske strane u koje su uključeni reperi — cijevi vidimo da su prosječne razlike kao i prosječne brzine gibanja jednake prosjeku za sve repere. Na taj način dolazimo opet do istog zaključka, to jest, da su reperi — cijevi u prosjeku bar jednako stabilni kao i reperi po objektima.

Radi ilustracije obavljena je još jedna analiza. Svaki niz mjerenja izvršen je s određenom tačnošću, tj. srednjom pogreškom m_n , tablica 2, koja karakterizira postignutu tačnost tog niza mjerenja. Srednju pogrešku M razlike između pojedinih nizova mjerenja $\Delta_{n, n+1}$ možemo računati po izrazu:

$$M_{n, n+1}^2 = m_n^2 + m_{n+1}^2.$$

Tablica 10

ZAGREB

Od repera do repera	Vremenski interval u mjesecima				
	10	52	3	5	70
	Razlike mjerenja u mm				
	I — II	II — III	III — IV	IV — V	I — V
1205/630— 1229/630	+0.4	-4.5	+0.7	-1.6	-5.0
— 1206/630	-0.8	+1.4	+1.5	-2.6	-0.5
— 14335/630			-0.8	+0.5	-0.3
— 14336/630			-0.3	-0.2	-0.5
— 524/630			+0.4	-0.7	-0.3
— 1231/630	-0.5	-0.2	+0.1	-0.1	-0.7
— 1238/630			+0.2	+2.0	-1.8
— 1198/630	-2.3	+3.2	±0.0	-0.5	+0.4
— 1230/630	-1.0	+0.8	+0.1	+1.4	+1.3
— 1205/630	+1.2	+5.5	-0.7	-0.8	+5.2
4/764— 1232/630	-1.4	±0.0	+1.2	-2.0	-2.2
— 3/764	+0.4	+2.2	+0.3	-1.5	+1.4
— 1197/630			+3.0	-2.6	+0.4
— 1198/630			±0.0	-0.8	-0.8
14335/630— 558/630			+0.3	+0.7	+1.0
— 559/630			-1.0	+1.7	+0.7
— 1237/630			+0.1	+0.8	+0.9
— 1228/630	+0.6	-3.2	+0.6	+0.9	-1.1
— 518/630	+1.8	+1.3	+0.6	+1.5	+5.2
1209/630— 1233/630	-1.9	+0.1	+1.2	-5.1	-5.7
— 1212/630	+0.9	-2.3	+2.3	-1.4	-0.5
Prosječne razlike	1.10	2.07	0.74	1.41	1.71
Prosječne brzine mm/mj	0.10	0.04	0.24	0.28	0.02
$k_{mm/mj}$		0.04	0.15	0.30	0.04
Niv. strane s reperima — cijevima					
Prosječne razlike	1.10	1.96	0.65	1.68	3.31
Prosječne brzine mm/mj	0.11	0.04	0.22	0.34	0.05
$k_{mm/mj}$		0.05		0.39	0.05

Tablica 11

D. MIHOLJAC

Od repera do repera	Vremenski intervali u mjesecima		
	4	7	11
	Razlike mjerenja u mm		
	I — II	II — III	I — III
20/672—19549/672		+4.5	+4.5
— 21/672	—4.9	+2.0	—2.9
— 7/672	+4.2	—2.9	+1.3
—35638/672		—2.8	—2.8
21/672—91/821	+0.5	—1.7	—1.2
—90/821	+5.4	—5.3	+0.1
—93/821	+0.5	+4.9	+5.4
—92/821	—1.0	±0.0	—1.0
—84/821	+0.8	—0.5	+0.3
—55/821	+1.7	+1.1	+2.8
—88/821	—0.7	—1.3	—2.0
—89/821	—1.2	+1.1	—0.1
—19/821	+2.4	—4.9	—2.5
—18/821	+0.4	+2.1	+2.5
—42/821	+0.2	—3.1	—2.9
—44/821	—1.7	+2.2	+0.5
—46/821	+3.1	—0.3	+2.8
—82/821	+0.5	+0.1	+0.6
—66/821	—0.4	+3.1	+2.7
—83/821	—1.1	—5.3	—6.4
—84/821	—0.4	+0.4	±0.0
82/821—65/821	+0.6	—1.3	—0.7
—63/821	+0.1	+1.0	+1.1
—64/821	+1.0	+0.1	+1.1
—AP 625/198	+3.2	—3.3	—0.1
—MP 218/198	—0.3	+1.2	+0.9
AP 625/198—A 489/198	—2.1	—0.5	—2.6
48/821—43/821	—0.2	+3.4	+3.2
19/821—40/821	—2.2	+2.3	+0.1
Prosječne razlike	1.51	2.15	1.90
Prosječne brzine mm/mj	0.38	0.31	0.17
$k_{mm/mj}$	0.35	0.35	0.19
Niv. strane s reperima — cijevima			
Prosječne razlike	1.30	2.13	1.92
Prosječne brzine mm/mj	0.32	0.30	0.17
$k_{mm/mj}$	0.29	0.35	0.20

Razlike istih veličina između pojedinih nizova mjerenja $\Delta_{n, n+1}$ možemo smatrati kao rezultante pogrešaka mjerenja i pomaka određene nivelmanske strane. Pogreške mjerenja možemo približno definirati kao

$$M_{n, n+1} \sqrt{S},$$

gdje — S označuje dužinu nivelmanske strane u km.

Pomak nivelmanske strane definiramo, pomoću poznatog zakona mehanike, kao

$$k \Delta t,$$

gdje je: k — srednja brzina pomaka između dva mjerenja i Δt — vremenski interval u kojem se dešava taj pomak. Prema tome, za pojedinu visinsku razliku vrijedi:

$$(\Delta_{n, n+1})^2 = M_{n, n+1}^2 S + (k \Delta t)^2.$$

Prema tome, u konstrukciji ove formule pretpostavljamo slučajnu komponentu ($M\sqrt{S}$) i sistematsku komponentu ($k\Delta t$). Za veći broj visinskih razlika, na primjer, koje su mjerene u prva dva niza dobili bi:

$$(\Delta_{1,2}^1)^2 = M_{1,2}^2 S_1 + (k_{1,2} \Delta t_{1,2})^2$$

$$(\Delta_{1,2}^2)^2 = M_{1,2}^2 S_2 + (k_{1,2} \Delta t_{1,2})^2$$

$$(\Delta_{1,2}^3)^2 = M_{1,2}^2 S_3 + (k_{1,2} \Delta t_{1,2})^2$$

Zbrajanjem tih jednadžbi i računanjem srednje brzine pomaka $k_{1,2}$ dobivamo:

$$k_{1,2} = \frac{1}{\Delta t_{1,2}} \sqrt{\frac{[\Delta_{1,2}^1 \Delta_{1,2}^2] - M_{1,2}^2 [S]}{r}},$$

gdje r označava broj visinskih razlika.

Rezultati takvog ispitivanja su navedeni opet u tablicama 10 i 11 pri kraju. Za područje Zagreba srednja brzina gibanja, računata za sve nivelmanske strane, izlazi za razliku prvog i drugog niza mjerenja irealna što znači da je utjecaj pogreške mjerenja veći od pomaka položaja repera. Ako za isto područje promatramo samo nivelmanske strane s reperima — cijevima dobivamo za razlike $\Delta_{1,2}$ i $\Delta_{3,4}$ irealne srednje brzine, dok su brzine pomicanja za ostale nizove mjerenja gotovo jednake prosječnim brzinama pomicanja za sve nivelmanske strane. Za područje D. Miholjca dolazimo do istog zaključka u odnosu na repere — cijevi.

Brzine pomaka računate na oba načina veoma malo se razlikuju što omogućuje sigurnije formuliranje prethodnih zaključaka, to jest da su reperi — cijevi stabilizirani na opisani način bar jednako stabilni kao i reperi po objektima u promatranim područjima. Ipak pri kraju moramo istaknuti da u mjeranjima na području Zagreba nije upotrebljen istovrstan instrumentarij i opažači (tablica 2) a i drugi niz mjerenja nije potpun kao ostali. Sistematske pogreške koje proističu odatle ipak nisu takovog karaktera i utjecaja da bi mogle mijenjati prethodne zaključke. Sigurno bi bilo veoma zanimljivo i poučno usporediti i podatke o razini podzemne vode u vrijeme ispitivanja, ali takovih podataka na žalost nemamo.

Na kraju nekoliko riječi o utrošku vremena za takav način stabilizacije. Ukoliko nisu reperi — cijevi suviše međusobno udaljeni, odnosno ukoliko je moguć dovoz materijala motornim vozilima, moguće je postaviti u toku uobičajenog radnog dana cca 3 repera — cijevi.

ZUSAMMENFASSUNG

In dem Flachgebiet der SR Kroatien, in den Gebieten ohne Siedlungen und Bauten, ist statt der Festlegung der Höhenpunkte (Repère) mittels Steinen die Festlegung mittels Röhren verwendet.

Solcher Typ der Festlegung wurde wegen der dringenden Wirtschaftsbedürfnisse verwendet. Nämlich, Steinhöhenpunkte soll man sich mindestens ein Jahr nach der Festlegung setzen lassen, aber die Röhrenhöhenpunkte kann man sofort nach der Festlegung nivellieren, weil sie ständiger ihre ursprüngliche Lage beibehalten.

Eiserne Röhre, ungefähr von 6 m Länge und 50 mm Durchmesser, muss man an einem Ende spitzen und in den Boden einschlagen, mit Beton füllen und auf das obere Ende einen Deckel schrauben, der einen Höhenbolzen trägt. Das obere Ende wird in einen Block $0.4 \times 0.4 \times 0.4$ m einbetoniert um eine eventuelle Biegung der Röhre zu hindern. In denselben Betonblock baut man noch einen unterirdischen Bolzen ein.

Wegen der Stabilitätsbestimmungen solcher Röhren ist eine Untersuchung in der Umgebung von Zagreb und D. Miholjac in den Jahren 1969 und 1970 ausgeführt. Nach dem Untersuchungsplan wurden drei Messungen vorgesehen, die erste sofort nach der Stabilisierung, die zweite ein paar Monate nachher und die dritte im nächsten Jahr nach dem Winter.

Auf dem Gebiet von Zagreb wurden solche Röhren schon im Jahre 1964 verwendet, die Beständigkeit ihrer Lage wurde damals leider nur teilweise — im Jahre 1965 — kontrolliert, aber alle diese Röhrenhöhenpunkte wurden auch in die jetzige Untersuchung einbezogen.

Die Messungsergebnisse sind in den Tabellen 8, 9, 10, und 11 enthalten. Der endgültige Abschluss hat bewiesen, dass die Röhrenhöhenpunkte so stabil, unveränder Lage, sind als auch die Höhenpunkte in den Bauten. Die Röhrenhöhenpunkte haben den Vorteil, dass sie eine Messung (Nivellieren) sofort nach der Festlegung ermöglichen, was mit den Steihöhenpunkten nicht der Fall ist.