

PRAĆENJE SLIJEGANJA KUĆE U VISOKOJ ULICI 14 NAKON RAKETIRANJA GORNJEGA GRADA U ZAGREBU

Radovan MARJANOVIĆ KAVANAGH – Zagreb*

SAŽETAK. U ovome radu opisani su pokušaji mjerenja deformacija na jednom stambenom objektu, motivirani uočenim pukotinama, nakon bombardiranja iz zraka. Navode se i objašnjavaju primijenjene mjerne metode. Osobitost kod određivanja tih pomaka je u primjeni statističkih algoritama te u obradi geodetskih mjernih podataka kao vremenskih nizova. Koristeći razne statističke metode zaključuje se o valjanosti mjernih podataka, njihovoj međusobnoj vezi kao i zavisnosti o meteorološkim uvjetima. Na osnovi izračunatog modela pokušana je predikcija deformacija koje će uslijediti.

1. UVOD

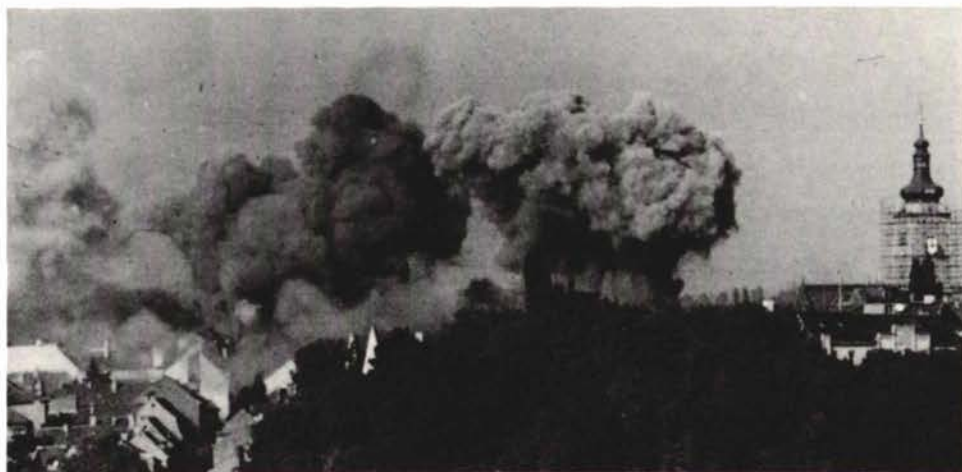
Dana 7. listopada 1991. godine iz zraka je raketiran Gornji grad u Zagrebu. Tom su prilikom bombardirani Banski dvori, a, što je manje poznato, i čitav niz stambenih objekata u okolini, sl. 1.

Zapadna strana kuća u Visokoj ulici tom je prilikom zadobila teška oštećenja. Autorova kuća u Visokoj 14 pogođena je u temelj, a od sekundarnog djelovanja rasprskavajućih projektila (četiri su pala u vrt) jako su oštećeni krov i prozori (ukupno 68 stakala), sl. 2.

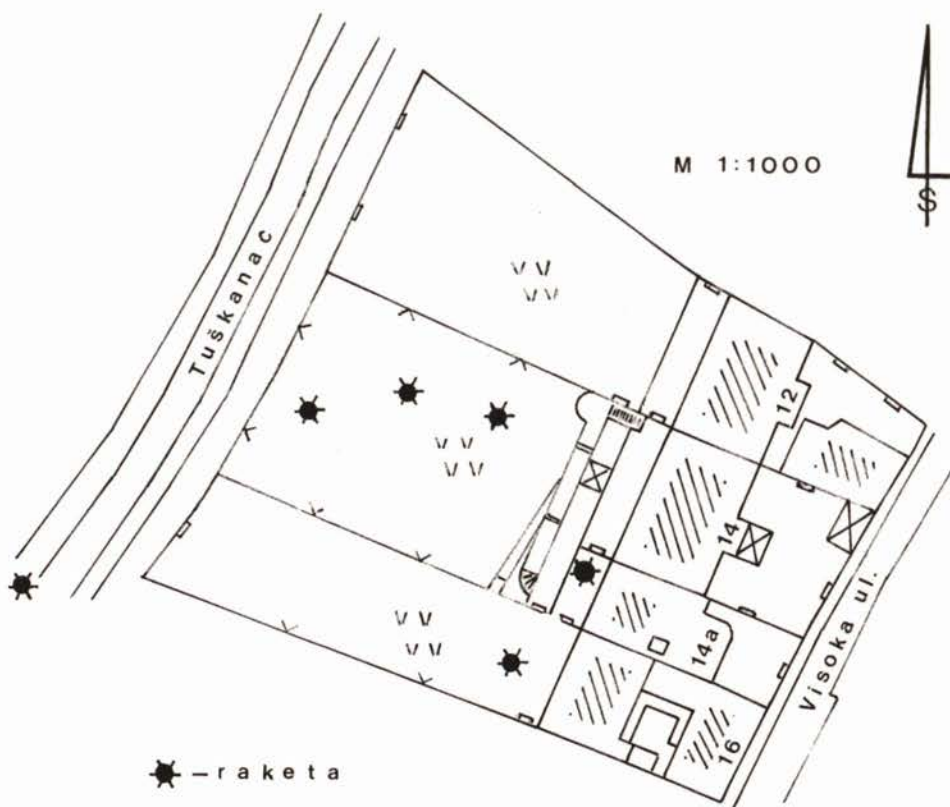
Stambene zgrade pod parnim brojevima u Visokoj ulici, koja se proteže na zapadnoj strani Gornjega grada i granica je između izgrađenoga dijela grada i park-šume Tuškancu, građene su na temeljima nekadašnjega gradskoga bedema. Ispod toga bedema, koji služi kao potporni zid, strmo se ruše vrtovi prema Tuškancu, pa je taj dio uvijek potencijalno klizište, sl. 3. Iako ti potporni zidovi i danas u većem dijelu dobro služe svojoj osnovnoj namjeni, tijekom nekoliko desetljeća po mnogim detaljima (bez mjerenja) uočeno je da kuće sagrađene na gradskim bedemima polako, ali sigurno i vjerojatno nezaustavljivo tonu prema Tuškancu.

Nakon raketiranja Visoke ulice 14 iz zraka, uočeno je da su stropovi i zidovi unutar ali i s vanjske strane zgrade prekriveni mnogobrojnim pukotinama. Smjer tih pukotina pokazuje da se radi o pomacima dijela zgrade u smjeru zapada i juga. Prije raketiranja pukotine na zgradi nisu zamijećene pa pomaci nisu bili niti

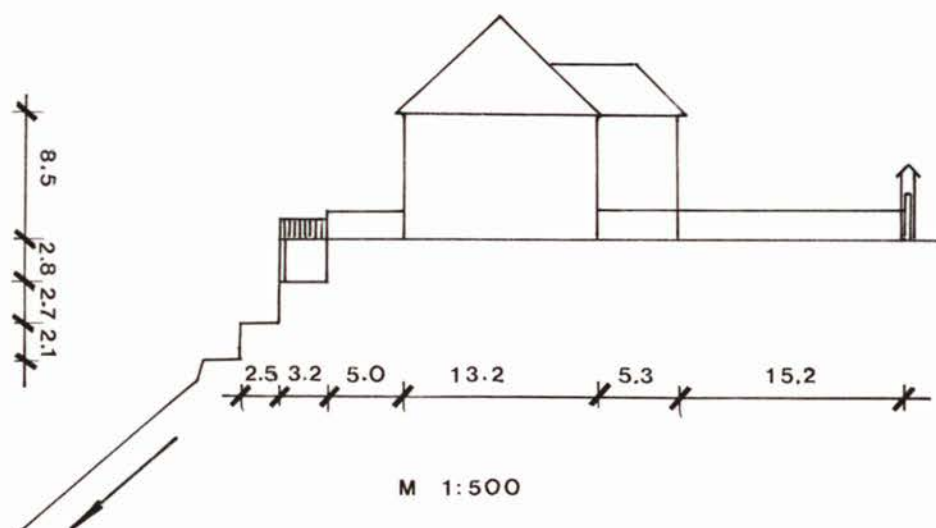
* Prof. dr. Radovan Marjanović-Kavanagh, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb, Pierottijeva ul. 6, 41 000 Zagreb.



Sl. 1. Bombardiranje Gornjega grada u Zagrebu.



Sl. 2. Mjesta u blizini br. 14 na koja su pale rakete



S. 3. Presjek kuće i vrta zapad-istok.

mjereni. Raketiranje je, očito ubrzalo, pojačalo, a možda i pokrenulo pretpostavljeni porces te je već nakon nekoliko dana započeto s praćenjem i registracijom pomaka.

Nedvojbena, su indikator spomenutih pomaka, osim pukotina zidova, bila vrata između dviju soba, koja možemo zamisliti kao horizontalno njihalo. Os rotacije vratiju nagnuta je za iznos koji je toliki da onemogućuje da vrata ostaju otvorena, već se sama od sebe zatvaraju. Kako su prije raketiranja spomenuta vrata mogla u bilo kojem položaju stajati otvorena, taj veći i skokoviti pomak pripisujem upravo raketiranju. Iznos toga pomaka, odn. nagiba, nije moguće odrediti jer prije spomenutih događaja vetikalnost osi »vrata-njihala« nije mjerena.

2. METODE MJERENJA

Pristup uspješnom rješenju ovog zadatka nedvojbena je vrlo kompleksan. S jedne strane radi se o objektu u kojemu se živi, tj. ne postoje uvjeti za postavljanje visokoosjetljivih mjernih uređaja, kao što bi to bilo potrebno (Marjanović, 1984. a) i uz to vrlo je nelagodan (pa makar i subjektivan) osjećaj da se u objektu u kojemu se živi neprestano mjeri.

Pomaci koje treba mjeriti izuzetno su mali pa je stoga potreban veliki vremenski interval u kojemu će i rezultati mjerenja biti signifikantni. Upravo uz to vezan je i problem visokoosjetljivih i preciznih instrumenata u najopćenitijem smislu.

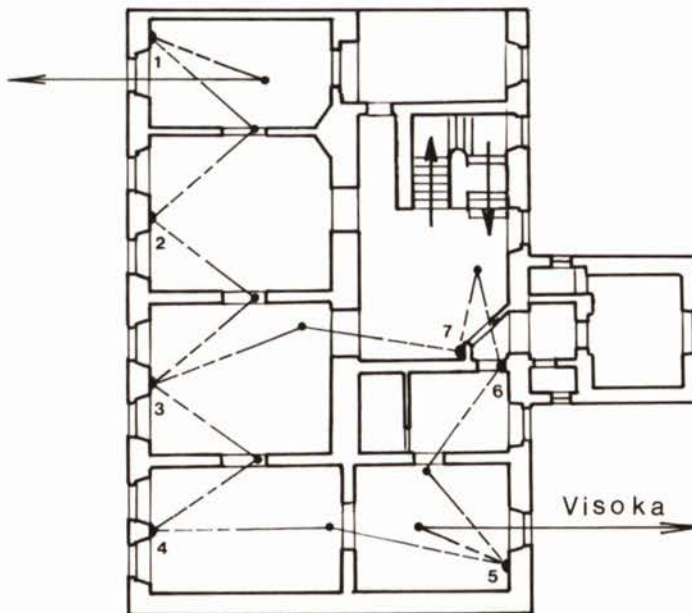
Zbog navedenoga je za rješavanje toga složenog zadatka iskušano nekoliko različitih mjernih metoda:

a) Na više su mjesta poprečno na smjer pukotina u zidu olovkom naznačene i numerirane crte, koje služe za vizualno praćenje eventualnih pomaka.

- b) Na nekoliko su mjesta gipsom učvršćene staklene pločice (stakla za pripremu preparata kod mikroskopiranja).
- c) Na vanjskim i na središnjem zidu zgrade ugrađeni su reperi (mjedeni klinovi) koji mogu poslužiti za niveliranje klasičnim načinom, a također i za niveliranje hidrostatskim nivelmanom (Schlauchwaage).
- d) Na južnom su zidu ugrađeni sidreni klinovi za postavljanje ekstenzometra, a također i konzola za ugradnju klinometra, s DCDT senzorom (Marjanović, 1984. b).

Mjerenjem i registracijom je započeto već dva tjedna nakon raketiranja, a neka će mjerenja i dalje biti nastavljena

Raspored nivelmanskih točaka odabran je tako da je bilo moguće formirati zatvoreni poligon, a time kontrolirati mjerenja, sl. 4. U tom radu su, međutim, visine točaka poslužile samo kao referentni sustav za ustanovljavanje pomaka, a obrada je uslijedila na neuobičajeni način, statističkim algoritmima.



Sl. 4. Raspored nivelmanskih točaka

Praćenje pomaka uglavnom je svedeno na vizualno praćenje nacrtanih linija, praćenje ugrađenih stakala i klasično niveliranje, a podaci tih mjerenja su obrađeni kao vremenski nizovi (što je omogućio već broj opetovanih mjerenja).

Mjerenja ekstenzometrom bila su suviše remećena (zbog normalnog prebivanja u zgradi) pa je registracija prekinuta, a klinometar nije niti postavljen zbog kvara i prepravke pisača.

3. MJERENJA

Vizualno praćenje pukotina i ugrađenih stakala dovodi do zanimljivih rezultata. Stakalca, koja su ugrađena poprečno na pukotine pukla su u drugom tjednu serije opažanja. Slomljena su stakla zamijenjena, a ta, naknadno ugrađena, više nisu pukla.

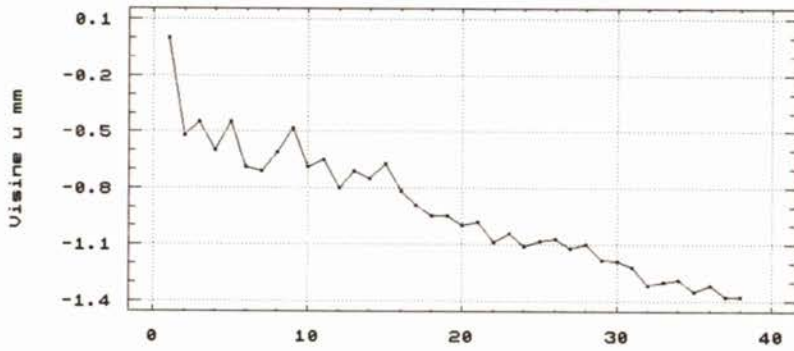
Uočeno je da su se tijekom mjernog razdoblja od gotovo 40 mjeseci nakon raketiranja pukotine postupno smanjivale i zatvarale.

Do 1. studenog 1994. učinjeno je 38 serija mjerenja. Osim prvoga mjerenja 20. 10. 1991. (dva tjedna nakon raketiranja), radi jednostavnosti je mjereno svakog 1. u mjesecu, tj. u intervalu od oko 30 dana.

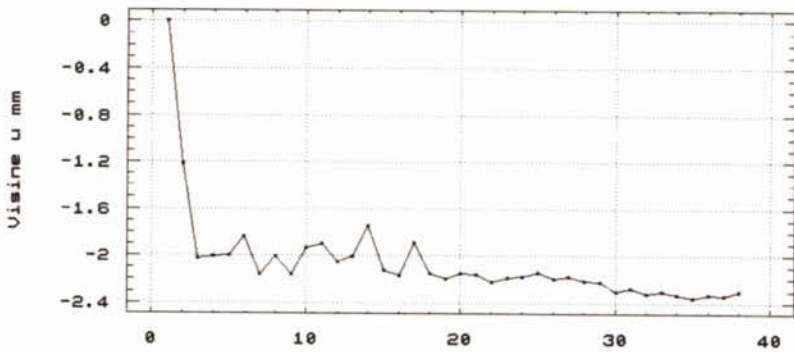
Tabl. 1. Registracije temperature, tlaka i vlage, te promjene visina 3-4, 3-7 i 4-5.

Datumi	Broj dana	Temp °C	Tlak hPa	Vlaga %	Vis. razlike		(u mm): 4-5
					3-4	3-7	
20.10.91.	13	6.3	995.7	89	0.00	0.00	0.00
1.11.91.	25	5.4	1011.5	56	-0.52	-1.22	-2.06
1.12.91.	55	3.6	1009.7	78	-0.45	-2.03	-2.47
1.01.92.	86	2.9	1014.8	56	-0.60	-2.01	-2.66
1.02.92.	117	2.7	1011.3	73	-0.45	-2.00	-2.40
1.03.92.	146	15.6	1007.7	41	-0.69	-1.84	-2.69
1.04.92.	177	14.6	976.3	52	-0.71	-2.16	-2.61
1.05.92.	207	15.4	997.3	69	-0.61	-2.01	-2.50
1.06.92.	238	20.8	993.4	76	-0.48	-2.16	-2.77
1.07.92.	268	27.8	991.8	28	-0.69	-1.94	-2.71
1.08.92.	299	31.8	994.4	41	-0.65	-1.90	-2.60
1.09.92.	330	18.3	997.1	42	-0.80	-2.05	-2.55
1.10.92.	360	17.0	999.5	54	-0.71	-2.01	-2.64
1.11.92.	391	7.6	1004.2	78	-0.75	-1.75	-2.55
1.12.92.	421	4.9	1008.1	73	-0.67	-2.12	-2.78
1.01.93.	452	-4.2	1011.9	65	-0.82	-2.17	-2.58
1.02.93.	383	1.6	1019.8	47	-0.89	-1.89	-2.80
1.03.93.	511	4.3	993.1	53	-0.95	-2.15	-2.95
1.04.93.	542	14.8	995.1	35	-0.95	-2.20	-3.00
1.05.93.	572	21.6	990.2	35	-1.00	-2.15	-3.05
1.06.93.	603	25.8	996.5	36	-0.98	-2.16	-3.05
1.07.93.	633	23.6	997.0	45	-1.09	-2.22	-3.00
1.08.93.	664	25.6	1002.1	40	-1.04	-2.19	-3.08
1.09.93.	695	18.7	1000.8	49	-1.11	-2.18	-3.02
1.10.93.	725	18.7	991.7	62	-1.08	-2.14	-3.10
1.11.93.	756	6.6	1002.9	83	-1.07	-2.20	-3.11
1.12.93.	786	2.3	997.6	84	-1.12	-2.18	-3.05
1.01.94.	817	4.0	987.5	86	-1.10	-2.21	-3.01
1.02.94.	848	8.5	1002.1	55	-1.18	-2.22	-3.12
1.03.94.	876	16.1	995.2	49	-1.19	-2.30	-3.02
1.04.94.	907	17.7	983.9	36	-1.22	-2.28	-3.10
1.05.94.	937	14.6	996.7	92	-1.32	-2.32	-3.00
1.06.94.	968	24.9	998.6	41	-1.30	-2.30	-3.16
1.07.94.	998	28.2	997.2	47	-1.29	-2.33	-3.25
1.08.94.	1029	31.6	992.2	35	-1.35	-2.36	-3.20
1.09.94.	1060	28.1	994.9	53	-1.32	-2.33	-3.30
1.10.94.	1090	24.3	998.5	61	-1.38	-2.34	-3.35
1.11.94.	1121	17.3	998.6	61	-1.38	-2.30	-3.40

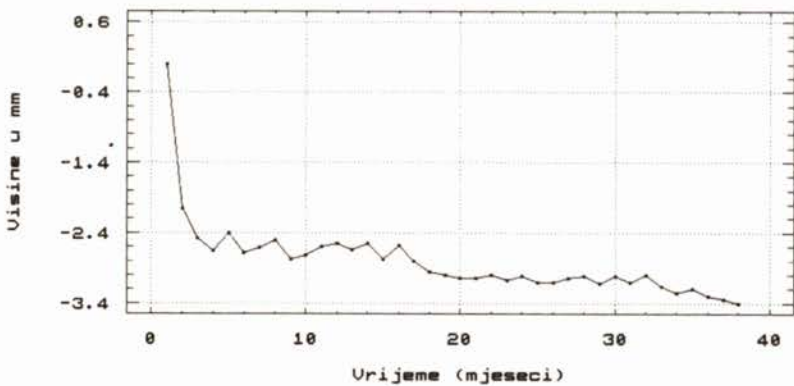
PROMJENA VISINE OD 3 DO 4



PROMJENA VISINE OD 3 DO 7



PROMJENA VISINE OD 4 DO 5



Sl. 5. Prikaz registracije promjena visinskih razlika 3-4, 3-7, i 4-5 (kroz 38 mjeseci).

Nivelirano je na milimetarsku čeličnu traku, koja je bila postavljena na ugrađene repere, a nivelirano je nivelrom Zeiss 020 A, tabl. 1. Zbog blizine Hidrometeorološkog zavoda (oko 200 m zračne udaljenosti i ista visina) korištene su registracije temperature, barometarskog tlaka i vlage zraka, registrirane na Griču u 17 h. Pri tome valja pretpostaviti da postoje manja, ali ne bitna odstupanja od podataka koji bi bili mjereni »in situ«.

Temperatura je mjerena u Celzijevim stupnjevima ($^{\circ}\text{C}$), barometarski tlak u hektopaskalima (hPa), vlažnost zraka je prikazana kao relativna u postocima (%), dok su promjene visina prikazane u mm.

Mjerenja visina nisu prethodno korigirana za utjecaje temperature (tlaka i vlage).

S obzirom na veći broj opetovanih serija mjerenja pokušana je primjena raznih statističkih metoda sa svrhom da se ustanovi periodičnost, zavisnost pomaka od nekih drugih fizikalnih veličina, a sve to da bi se ustanovio trend pomaka koji će uslijediti i stoga potrebne radnje za ublažavanje eventualnih posljedica.

Iako je mjernih podataka premalo da bi se postigla statistička pouzdanost, pokušana je obrada i analiza rezultata na ponešto neuobičajeni način. Kod toga su, naime, klasična geodetska mjerenja obrađivana kao vremenski nizovi.

Podaci mjerenja kod kojih su uočene promjene dani su u tabeli I i u grafičkom prikazu, sl. 5, a označavaju promjene visinskih razlika između repera, mjerenih u intervalu od 38 mjeseci. Kao referentni (nulti) nivo uzeta je prva serija mjerenja, pa su tada izmjerene visine repera reducirane na istu visinu, kao da sve leže u jednoj horizontalnoj ravnini. Te su visine poslužile za redukciju svih kasnijih mjerenja, pa su visine istoga repera, prikazane u vremenu, izlomljene krivulje s početnom vrijednosti 0.

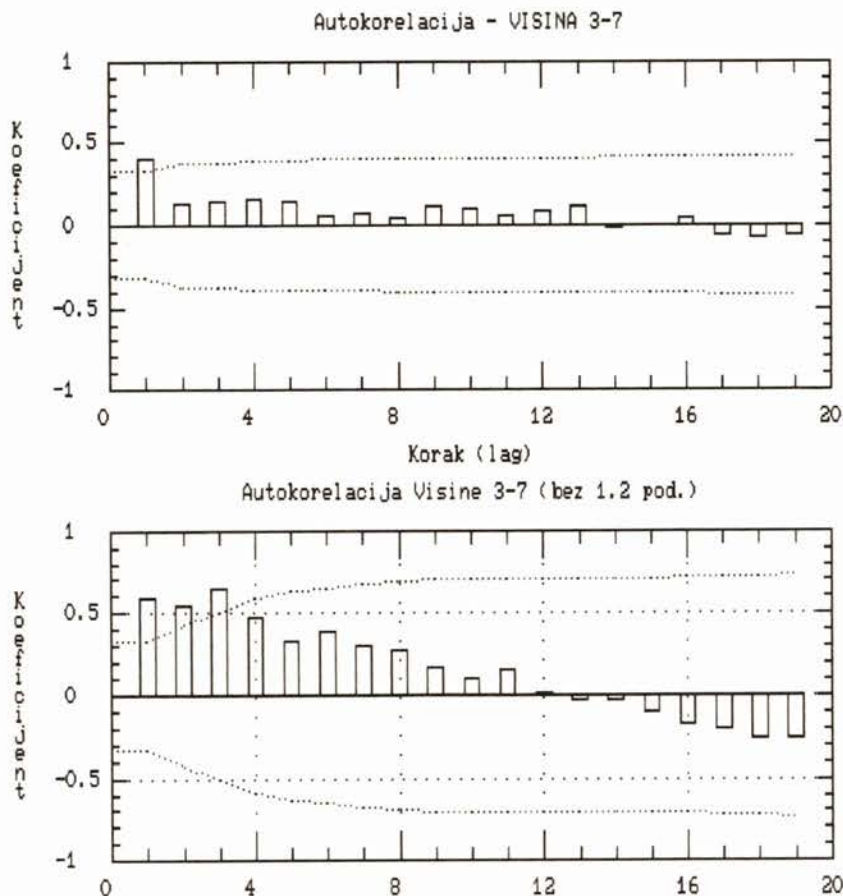
4. OBRADA MJERENJA I REZULTATI

Za statističku obradu mjerenja pomaka visina repera formirani su vremenski nizovi iz diferencija početnih visina i mjerenih promjena visina istoimenih repera. Na taj su način dobiveni nizovi 1–2, 2–3, 3–4, 3–7, 4–5, 5–6, 6–7, a tome su pridodani podaci mjerenja barometarskog tlaka, vlažnosti i temperature zraka, kao i vremenski niz formiran od proteklih dana registracije. Kod svih tih vremenskih nizova frekvencija je uzorkovanja 30 dana (Marjanović, 1984.c).

Svi su vremenski nizovi podvrgnuti računu linearne i polinomne regresije, međusobne korelacije (korelacijska matrica), autokorelacije (diskretna kovarijanta funkcija) križne korelacije (križna kovarijantna funkcija). Frekventna analiza sadržaja nije rađena jer su prije svega registracije prekratke, a periodičnost je ustanovljena računom autokorelacije, križno-korelacijskom analizom te potvrđena računanjem aproksimirajućih polinoma viših redova.

Za ustanovljenje grubih pogrešaka u mjernim podacima ali i za ustanovljenje eventualne periodičnosti u vremenskim nizovima, za sva mjerenja je računata autokorelacija i tzv. parcijalna autokorelacija. Kod tih računanja maksimalni korak (lag) iznosi 19 (zato što postoji samo 38 registracija).

Na slici br. 6 prikazana je autokorelacija registracije 3–7 i registracije 3–7 bez prva dva podatka mjerenja. Ti prikazi potvrđuju pretpostavku da prva dva mjerna podatka označavaju velike promjene visine, tj. bitno se razlikuju od ostalih mjerenja. Preostala su mjerenja homogena. Na prikazu se male periodične promjene mogu uočiti, ali su one ispod veličina koje smatramo signifikantnima. Zbog toga periodičnost mjernih nizova promjena visina na tom mjestu možemo



Sl. 6. Prikaz autokorelacija registracije 3-7 i registracije 3-7 bez prva dva podatka

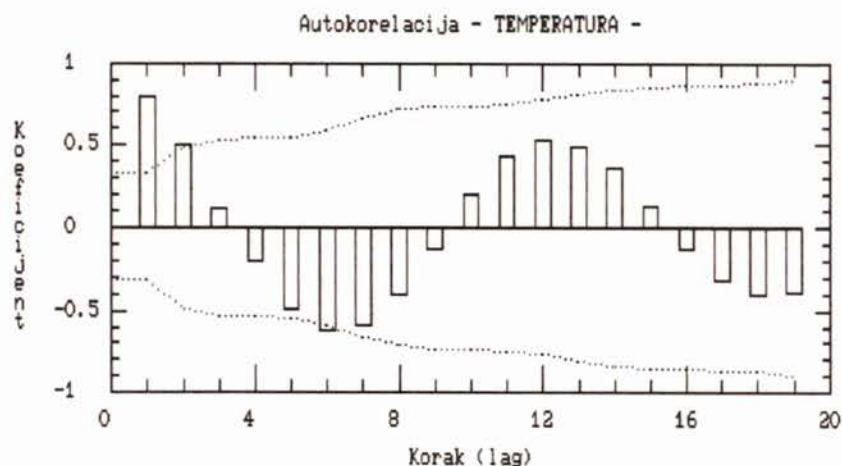
samo pretpostaviti, za razliku od prikaza autokorelacije temperature, sl. 7, tlaka i vlage koje jednoznačno pokazuju periodičnost.

Račun autokorelacije ostalih vremenskih nizova mjerenja promjena visina pokazuje slične rezultate.

Već se iz prikaza registracije mjerenih podataka može ustvrditi da su u početku mjerenja pomaci bili veći nego poslije. To je potvrđeno računom regresije te određivanjem srednjih pogrešaka i varijance, tabela 2.

Kao što je i bilo predviđeno registracija bez prve dvije vrijednosti je konzistentnija, tj. prve dvije vrijednosti (iako su egzaktna mjerenja) jako se razlikuju od ostalih mjerenja, tj. vrlo su nagle promjene visina. Kod tih su mjerenja bila evidentno veća slijeganja nego kod svih kasnijih mjerenja. Ostala mjerenja pokazuju uglavnom ujednačene promjene, ali i manje srednje pogreške.

Korelacija mjerenja deformacija prikazana je u korelacijskoj matrici zajedno s registracijom temperature, tlaka, vlage i broja dana kada su bila mjerenja, tabl. 3. Uočavaju se signifikantni korelacijski koeficijent, između registracija promjena



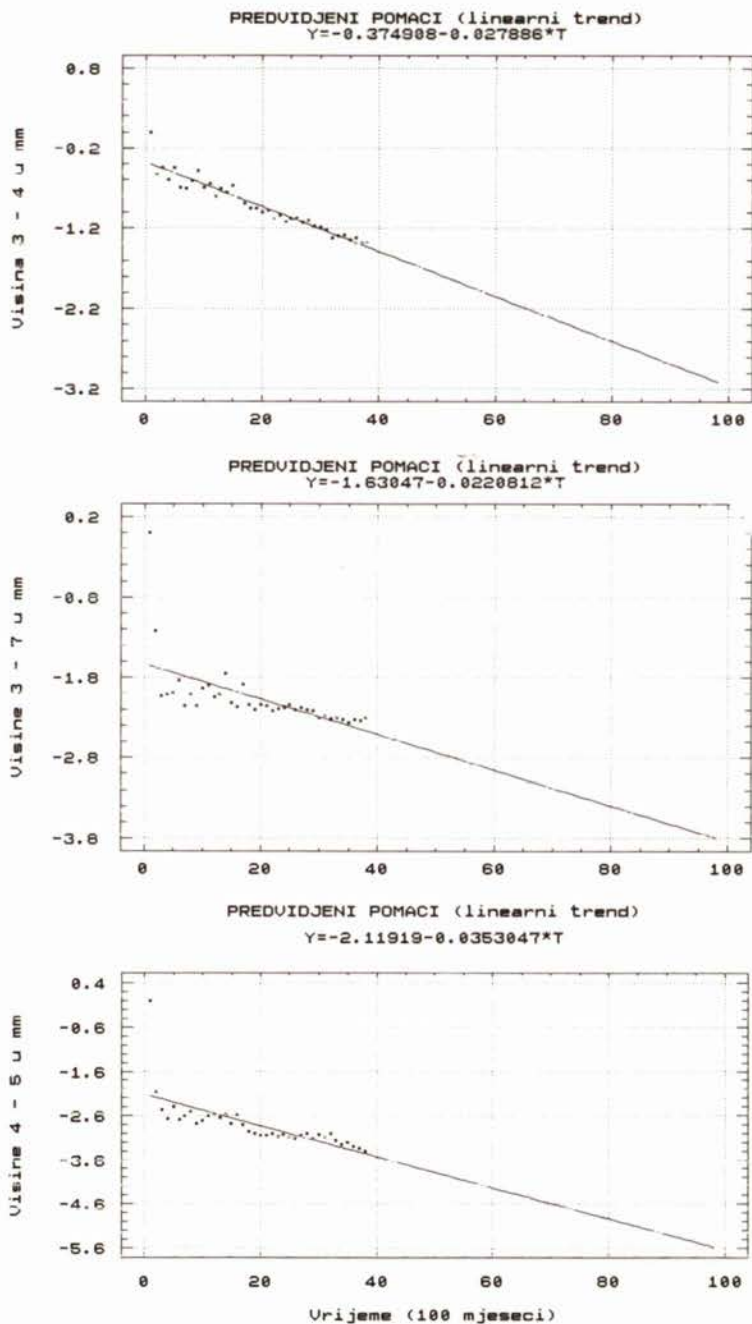
Sl. 7. Prikaz autokorelacije mjerene temperature

Tabl. 2. Osnovni statistički podaci za registracije 4-5 i 3-7

Vis. razlika:	4-5	4-5 bez 1. i 2. pod.
br. podataka	38	36
aritm. sred.	-2.81 mm	-2.91 mm
varijanca	0.31 mm	0.07 mm
sr. pogreška	0.55 mm	0.27 mm
medijan	-3.00 mm	-3.00 mm
Vis. razlika:	3-7	3-7 bez 1. i 2. pod.
br. podataka	38	36
aritm. sred.	-2.06 mm	-2.14 mm
varijanca	0.16 mm	0.02 mm
sr. pogreška	0.40 mm	0.15 mm
medijan	-2.01 mm	-2.16 mm

Tabl. 3. Kolrelacijska matrica mjerenih nizova

	Dani	Temp.	Tlak	Vlaga	vis. 3-4	Vis. 3-7	Vis. 4-5
Dani	1.00	-0.36	-0.02	-0.53	0.94	-0.05	0.20
Temp.	-0.36	1.00	0.45	0.62	-0.31	-0.10	0.17
Tlak	-0.02	0.45	1.00	0.09	-0.11	-0.29	0.33
Vlaga	-0.53	0.62	0.09	1.00	-0.44	0.14	-0.07
Vis. 3-4	0.94	-0.31	-0.11	-0.44	1.00	0.09	-0.41
Vis. 3-7	-0.05	-0.10	-0.29	0.14	0.09	1.00	-0.88
Vis. 4-5	0.20	0.17	0.33	-0.07	-0.41	-0.88	1.00



Sl. 8. Predviđeni pomaci izračunati iz podataka 38-mjesečnih mjerenja

visina repera 3-7 i 4-5, što ukazuje na to da su se visinske razlike između točaka 3-7 i 4-5 podjednako mijenjale. Visinska razlika 3-4 i broj dana registracije imaju signifikantan korelacijski koeficijent, a to ukazuje na vrlo ujednačene pomake proporcionalne samo vremenu. Također je izražena korelacija između vlage i temperature. Ostala mjerenja ne pokazuju signifikantne korelacijske koeficijente (Marjanović, 1984. d).

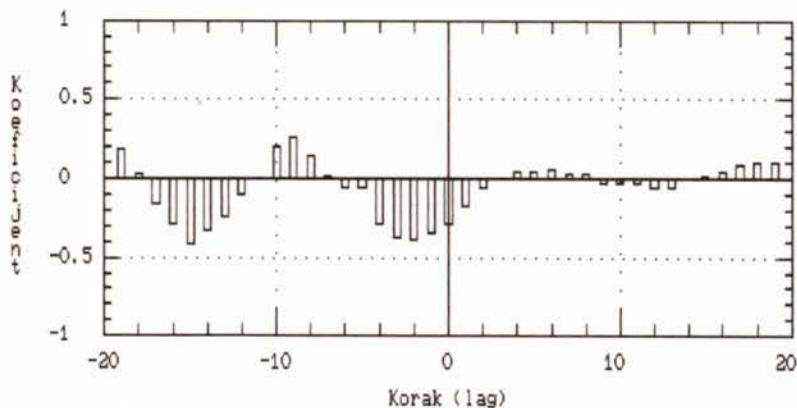
Na osnovi linearne regresije ($Y = Ax + b$) iz 38-mjesečnih mjerenja, pokušano je predvidjeti pomake između repera 3-4, 3-7 i 4-5 za razdoblje od 60 mjeseci, tj. 5 godina unaprijed, sl. 8.

Koeficijent smjera A pravca koji aproksimira promjenu visinske razlike 3-4 iznosi -0.028 , za promjenu visinske razlike 4-5 iznosi -0.035 , a za promjenu visinske razlike 3-7 iznosi -0.022 . Izrazivši to kao promjenu visine dobiva se za razdoblje od 60 mjeseci (5 godina) za visinsku razliku 3-4 pomak od 1,7 mm, za visinsku razliku 3-7 pomak od 1,4 mm, a za visinsku razliku 4-5 pomak od 2,2 mm.

Ipak, te rezultate treba uzeti s rezervom, jer je moguće da se u međuvremenu promijene razni drugi uvjeti (potres i sl.) pa je takva ekstrapolacija nesigurna.

Predikcija pomaka koja bi se temeljila na aproksimaciji polinomom (koji bi zasigurno bolje aproksimirao mjerene vrijednosti) bila bi još nesigurnija od linearne aproksimacije zbog nedovoljnog poznavanja bitnih čimbenika koji utječu na pomake, te stoga nije niti određivana.

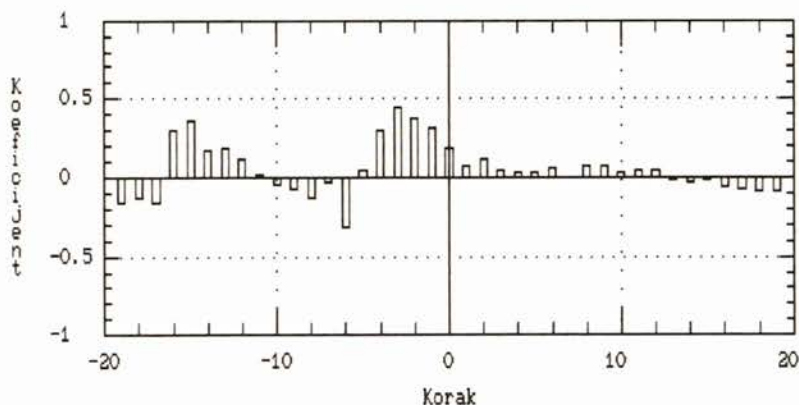
Da se ustanovi međusobna zavisnost pojedinih serija bez obzira na razliku u fazi, tj. kašnjenje jedne pojave prema drugoj, te da se ustanovi periodičnost registracija, sve su mjerne serije podvrgnute računu križne korelacije, sl. 9 do sl. 14.



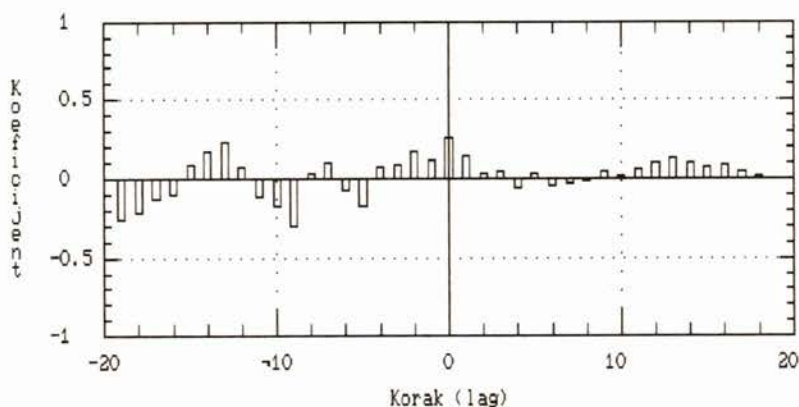
Sl. 9. Križna korelacija temperature i visine 3-7

Periodičnost u podacima mjerenja potvrđena je u registraciji temperature, tlaka i vlažnosti zraka (kao što je i pretpostavljeno s polugodišnjim i godišnjim razdobljem), sl. 12.

Računom križne korelacije nije dokazana signifikantna periodičnost, promjena visinskih razlika 3-4, 3-7 i 4-5, iako je određena ovisnost o promjenama temperature očita iz grafičkog prikaza, sl. 9. Utjecaj tlaka i vlage zraka na promjene visina bitno je manji od utjecaja temperature. Na osnovi određivanja



Sl. 10. Križna korelacija tlaka i visine 3-7

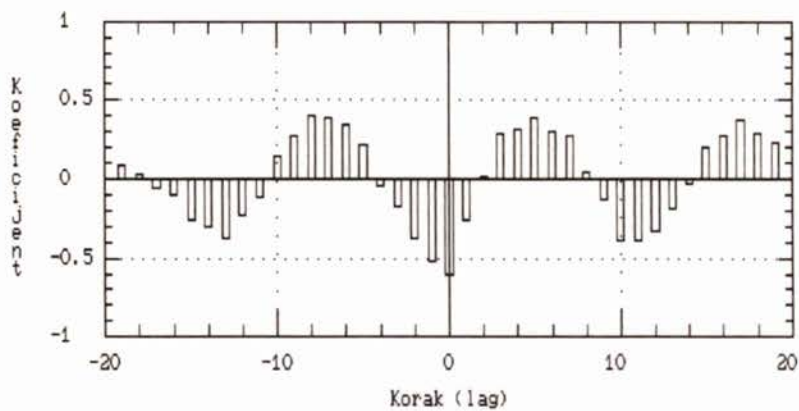


Sl. 11. Križna korelacija vlage i visine 3-7

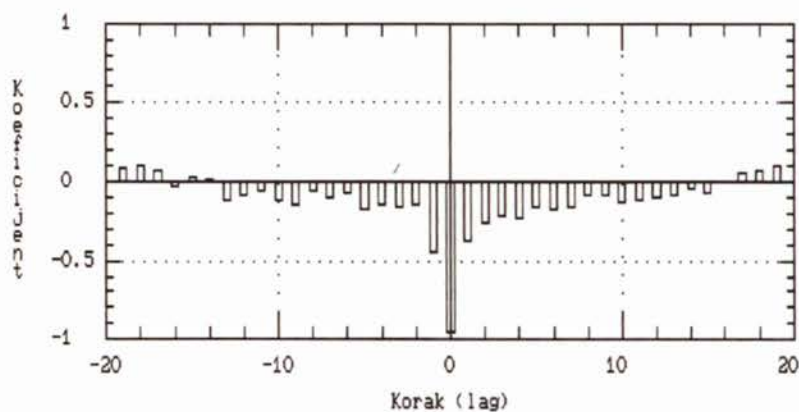
promjena visina nivelmanom, utjecaji promjene tlaka i vlažnosti zraka se ne mogu zamijetiti. Kako su, međutim, temperatura, tlak i vlaga zraka u određenoj funkcionalnoj vezi, iz računa križne korelacije prividno se može steći dojam da tlak i vlaga direktno utječu na promjene visina (sl. 10 i sl. 11).

Zanimljive su križne korelacije serija mjerenja promjena visinskih razlika 3-7 i 4-5 (sl. 13, sl. 14).

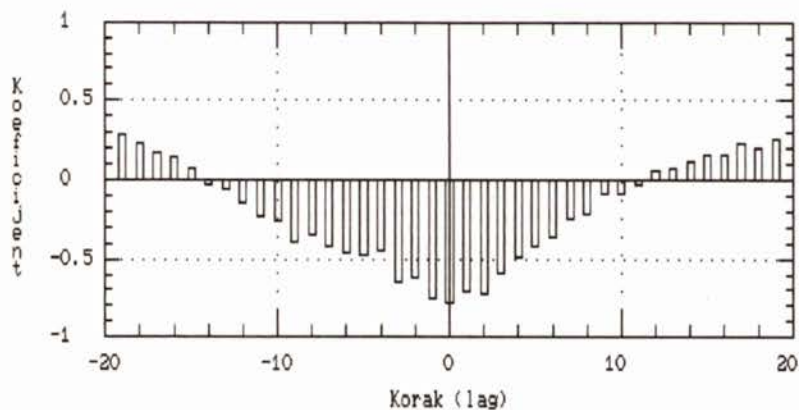
Uočljiva je jaka korelacija kod računa s podacima bez faznog pomaka – koraka (lag 0) u iznosu od -0.96 i to kod registracije svih mjernih podataka. Račun križne korelacije bez prva dva podatka mjerenja pokazuje manje vrijednosti pojedinih korelacijskih koeficijenata, ali je više koeficijenata (7) signifikantnih. Navedeno još jednom potvrđuje da su u samome početku amplitude mjerenih pomaka po svojim iznosima prelazile amplitude kasnijih mjerenja.



Sl. 12. Križna korelacija temperature i vlage



Sl. 13. Križna korelacija visina 3-7 i 4-5



Sl. 14. Križna korelacija visina 3-7 i 4-5, bez prva dva mjerna podatka

Uzrok velikih deformacija na početku registracije povezujem sa slijeganjem susjedne kuće (Visoka 14a) koja je bila izravno pogođena u temelj. Kako su kuće br. 14 i 14a povezane, susjedna je kuće (14a) sa sobom vukla i dio kuće 14. To je trajalo tako dugo dok novo sagrađeni zid nije potpuno preuzeo svoju funkciju. Slijeganje kuće br. 14a, koje je bilo direktno uzrokovano raketiranjem i rušenjem zida između dvaju prozora, očito je trajalo duže (prema sl. 5 od 30 do 60 dana) nego što je trebalo da oštećeni zid bude ponovno rekonstruiran (15 dana) sl. 15. Zbog nedostatka mjerenja na samome početku registracije, odn. odmah nakon (a i prije) raketiranja, interpretacija i pronalaženje uzroka pojačana slijeganja su osobito nesigurni. Zbog navedenog se dovodi u pitanje predikcija pomaka u budućnosti.

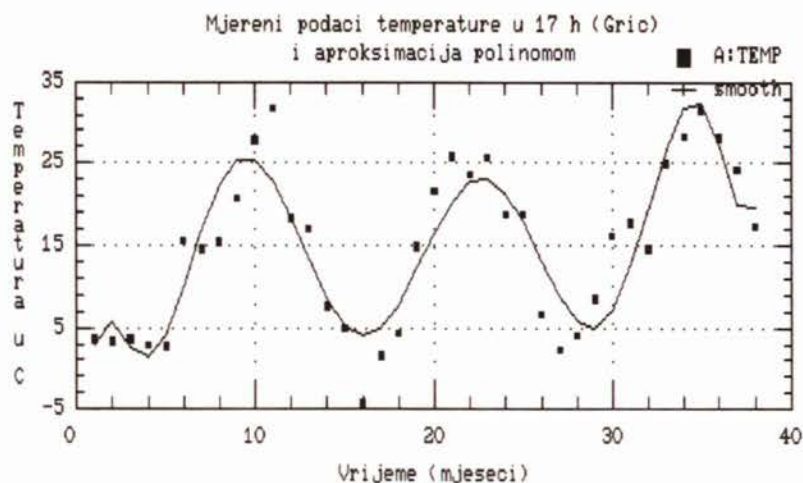


Sl. 15. Obnovljeni zid na mjestu pogotka rakete u temelj (visoka 14 a)

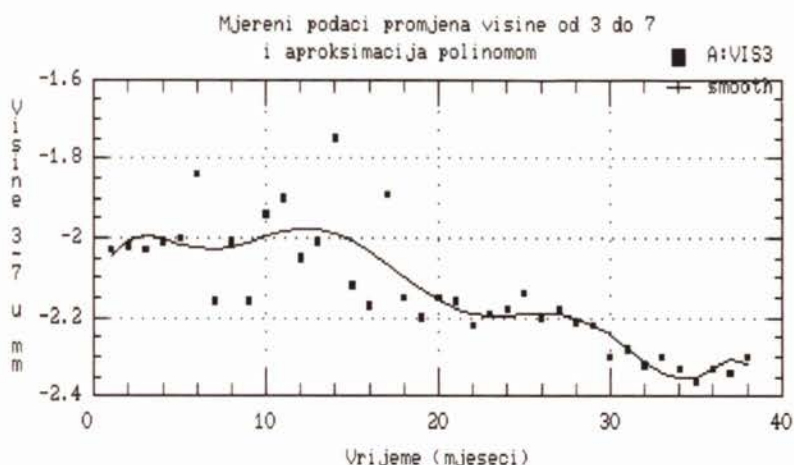
Razdvajanje registracija mjerenja na mjerenja do izgradnje potpornog zida i na mjerenja nakon njegove izgradnje, što bi bilo poželjno, nije moguće, upravo zbog premalo mjernih podataka na samome početku mjerenja.

Polinomi regresije viših redova nisu posebno analizirani, osim što je uočena periodična promjena visina s istom frekvencijom, kao i kod mjerenja temperature. To ukazuje da u ovisnosti o promjenama temperature, zgrada u određenom smislu »diše«, sl. 16 i sl. 17, iako za takav zaključak promjene visina nisu određivane dovoljno precizno.

Periodične promjene u registraciji vlage i tlaka samo potvrđuju funkcionalnu vezu između vlage, tlaka i temperature zraka, kao što je to pokazano već na sl. 12. Direktna utjecaj promjena vlage i tlaka zraka, međutim, nije tim mjerenjima moguće ustanoviti jer je njihov iznos višestruko manji od sr. pogrešaka mjerenja.



Sl. 16. Aproksimacija mjerenaj temperature polinomom



Sl. 17. Aproksimacija mjerenja visina 3–7 polinomom

5. ZAKLJUČAK

Mnogobrojne pukotine u zidovima bile su neposredno nakon raketiranja mnogo veće no što su sada. Očito je nakon 38 mjeseci sve opet došlo na »svoje mjesto«, a započeto je ili je nastavljeno polako, ali sigurno klizanje zapadnog dijela Visoke ulice u Tuškanac što, međutim, prema rezultatima mjerenja ipak nije tako alarmantno kao što je to bilo neposredno nakon raketiranja.

Kao što je i očekivano, visinske su se razlike između pojedinih točaka s vremenom mijenjale, ali ne jednoliko i ne u istim iznosima. Osnovni problem pri

interpretaciji takvih mjerenja su male amplitude signala za čije utvrđivanje treba osobito stabilna mjerna oprema koja ovdje nije bila korištena. Usprkos tom ustanovljeni su pomaci na osnovi kojih je uz određenu rezervu moguće prediciirati pomake i u budućnosti.

Kako poprečni zidovi, zidani pretežno od opeke, nisu dovoljno elastični da se prilagode predviđenim deformacijama, a s druge strane nisu dovoljno kruti da se zgrada naginje u cijelosti, zbog tih pomaka nastat će za duže vremensko razdoblje u budućnosti (uz postojeće) mnoge druge pukotine na zidovima.

S obzirom na karakter deformacija, njihovu malu brojčanu vrijednost i kratkoću registracije, postavlja se i dalje pitanje o pouzdanosti prediciranih pomaka.

Praćenje pomaka i deformacije zgrade bit će nastavljeno i u budućnosti, ali s bitno manjom učestalošću. Realnu analizu je stoga moguće očekivati tek za više godina.

Kao općeniti zaključak valja napomenuti da je za mjerenje deformacija objekata koji se istodobno koriste za stanovanje najjednostavnije primijeniti metodu opetovanog niveliranja uz računanje vektora deformacije s napomenom da je nivelmanom moguće odrediti tek dio deformacija.

Pokušaj statističke obrade mjerenih vremenskih nizova formiranih na osnovi klasičnih geodetskih mjerenja dao je korisne spoznaje i potvrđuje da je takve obrade moguće primijeniti u rješavanju i drugih sličnih zadataka. Pri tome statistička analiza omogućuje utvrđivanje grubih pogrešaka i određuje pouzdanost mjerenja. Moguće je odrediti ovisnost pojedinih mjerenja o raznim utjecajima koji se uvijek ne odvijaju simultano, tj. između utjecaja i posljedice postoji određeno kašnjenje ili pomak u fazi. Nadalje, moguća su računanja raznih linearnih ili polinomnih modela na osnovi kojih su moguće predikcije stanja koja još nisu uslijedila.

LITERATURA

- Marjanović, R. (1984.a): Mjerenje deformacija ekstenzometrima i tiltmetrima, Geodetski list, 1984, 1–3, 15–24.
- Marjanović, R. (1984. b): Senzori za određivanje linearnih pomaka, Geodetski list, 1984, 4–6, 107–116.
- Marjanović, R. (1984.c): Principi filtracije i pripreme kontinuiranih mjerenja za obradu i analizu, Geodetski list, 1984, 7–9, 195–202.
- Marjanović, R. (1984. d): Analiza registracije kontinuiranih mjerenja, Geodetski list, 1984, 10–12, 261–273.

BUILDING SETTLEMENT MONITORING AFTER BOMBARDMENT OF THE UPPER TOWN OF ZAGREB

In this article some settlement monitoring methods of a building, after the bombardment of Zagreb, are explained. A short review of monitoring methods is given. Some statistical methods are applied for solving classical surveying problems, where data are interpreted as time-series. By means of statistical algorithms, correlations between deformations and meteorological data are determined. It has been attempted to predict the consequent deformations on the basis of the calculated model.

Priljeno: 1995–01–20