

ANALIZA KORELACIJE VODOSTAJA PODZEMNE VODE I SAVE

A Correlation Analysis Between Ground Water Level and Water Level in the River Sava

TADIJA GRGAS I VESNA BLAŠKOVIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Primljeno 15. srpnja 1988, u konačnom obliku 14. studenog 1988.

Abstract: The aim of the ground water level survey was to obtain an understanding of the states and regimes of the ground water levels. Valid results can only be obtained on the grounds of a survey, systematically carried out over a longer period of time. This survey was carried out at the location of the Clinical Hospital in Zagreb. Since the series of observations were relatively short, it was then possible to estimate the extreme states by applying adequate statistical methods, and also by comparing the river's waterflow level and the level of the ground waters it was possible to deduce their interrelated influence.

The Ferris equation method was also used as a method of evaluation, serving as a means of comparison for this kind of estimate of ground water levels. The results obtained showed that, contrary to one of the key factors needed for the equation to be valid, there were visible departures from the norm, which led us to conclude that the changes of a waterflow level in the river Sava at Zagreb are disharmonic.

Key words: multilinear regressions method, waterflow, ground water level, disharmonic changes.

Sažetak: Mjerenja razina podzemnih voda izvode se s ciljem poznavanja stanja i režima podzemnih voda. Valjani zaključci mogu se donositi samo na osnovi sistematskog mjerenja u dovoljno dugom razdoblju. Ako su nizovi opažanja, kao u prikazanom slučaju na području kliničke bolnice u Zagrebu, vrlo kratki, moguće ih je primjenom adekvatnih statističkih metoda nadopuniti, proračunati ekstremna stanja, te usporedbom vodostaja rijeke i podzemne vode utvrditi njihov međusobni utjecaj.

Zbog usporedbe s ovim načinom proračuna razina podzemnih voda, primijenjena je i metoda proračuna jednadžbom Ferrisa. Dobivena velika odstupanja u rezultatima upućuju na zaključak o neharmonijskom ponašanju vodostaja u rijeci Savi kod Zagreba, a što je osnovni uvjet primjene ove jednadžbe.

Ključne riječi: regresija, razina podzemne vode, disharmonijske promjene

1. UVOD

Na teritoriju sliva Save projektirana je osnovna mreža opažanja razine podzemnih voda, skladno cjelokupnom rješenju hidrotehničkih problema sliva.

Realizacija mreže odvija se sporo - za sada je organizirana na području od utoka Sutle u Savu do Siska, pri čemu se osobito pazilo na ujednačeni raspored mjernih mjesta po slivu, kao i na njihov pravilan raspored po dubini.

Ovako organiziranom pijezometarskom mrežom dobivaju se adekvatni podaci kolebanja razina podzemnih voda po pojedinim horizontima, neophodni u mnogostrukim vodoprivrednim i hidrotehničkim rješenjima.

Na području Zagreba provode se tri tipa mjerenja razina podzemne vode. Prvi se odnosi na regionalnu, osnovnu, mrežu opažanja koja je gore navedena. Drugi tip čini specijalna mreža pijezometara Vodovoda grada Zagreba, a treći su tip pijezometri izvedeni za specifične svrhe.

Prve dvije mreže raspolažu s dovoljno dugim vremenskim nizom podataka. Mjerenja posebne namjene predstavljaju najčešće kratke vremenske nizove na osnovi kojih se ne mogu donositi odgovarajući statistički zaključci. Nedostatak takvih mjerenja nadoknađuje se odgovarajućim statističkim analizama i korelacijom s vodostajem Save.

Jedna od mnogostrukih praktičnih primjena tih metoda prikazana je nastavno na podacima s lokacije nove kliničke bolnice.

2. REŽIM PODZEMNE VODE I VODOSTAJA SAVE

Nova klinička bolnica smještena je sjeverno od prigradskog naselja Blato između Jadranske avenije i rijeke Save, oko 3 km uzvodno od Savskog mosta.

Zona izgradnje bolnice locirana je neposredno uz desni obrambeni nasip. Zbog hidrogeoloških karakteristika terena, te neposredne blizine Save, jedan od limitirajućih činilaca kod projektiranja, odnosno izgradnje bolnice je razina podzemne vode.

Da bi se dobio uvid u režim i stanje podzemne vode na tom području, organizirano je početkom svibnja 1979. motrenje razine podzemne vode na 11 pijezometara (slika 1).

Razine podzemne vode mjerene su svakodnevno na 10 pijezometara, dok je na pijezometru PGe-5 kretanje vodostaja praćeno kontinuirano putem limnigrafa. Maksimalni vodostaji podzemne vode izmjereni u toku motrenja (od početka svibnja 1979 do kraja 1982) zabilježeni su u listopadu 1980. a dani su u tablici 1. iz koje se vidi da pojava maksimalne vode pada u razdoblje između 15. i 20. X 1980.

U istom razdoblju na rijeci Savi najviši vodostaj registriran je 10. X. 1980. u 11,30 sati na vodomjernoj stanici Zagreb-Savski most a iznosio je +418 cm. Međutim, treba napomenuti da je iza ovog vodnog vala uslijedio novi vodni val koji dostiže vrhunac 14. X. 1980. sa +362 cm u 0,30 sati, a nakon njega novi vodni val nešto slabijeg intenziteta čiji vrhunac bilježimo 18. X. 1980. u 21,30 sati, sa +272 cm.

Uočava se da je maksimalni vodostaj podzemne vode posljedica višestrukog vodnog vala. Općenito, podaci

Tablica 1. Maksimalni vodostaji podzemne vode za period V. mj. 1979 - XII. mj. 1982. (* nakon datuma pojave maksimalnog vodostaja pijezometar je poplavljen)

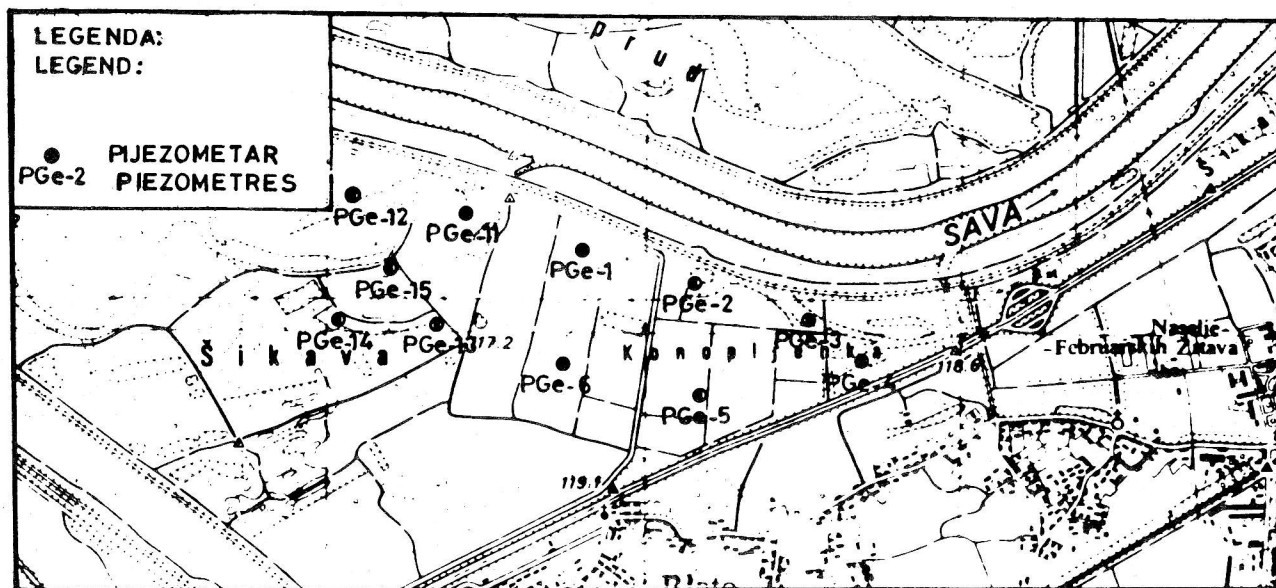
Table 1. Maximum ground levels during the period: May 1979 - December 1982. (*after the data of maximum level, piezometres were flooded)

Pijezometar	Kota "O"	Kota terena	Vodostaj	Datum pojave
PGe- 1	116,42	116,18	116,25	15.10.1980.*
PGe- 2	117,10	116,50	116,08	20.10.1980.
PGe- 3	115,80	115,40	116,55	20.10.1980.
PGe- 4	116,50	116,23	115,26	20.10.1980.
PGe- 5	116,73	-	115,52	20.10.1980.
PGe- 6	117,42	117,47	116,12	20.10.1980.
PGe-11	117,00	116,83	116,90	14.10.1980.*
PGe-12	116,00	115,74	116,00	10.10.1980.*
PGe-13	117,89	117,69	116,72	20.10.1980.
PGe-14	118,35	118,28	116,87	20.10.1980.
PGe-15	117,58	117,34	116,96	15.10.1980.

* nakon datuma pojave maksimalnog vodostaja pijezometar je poplavljen.

potvrđuju da kolebanje razina podzemne vode oponaša režim vodostaja Save (Miletić i dr. 1975), tj. da je razina podzemne vode u posljedičnoj vezi s vodostajem Save.

U periodu visokih vodostaja Save voda se iz Save intenzivno procjeđuje u vodonosni horizont. U tako saturiranom horizontu pijezometarski pritisak je znatno pojačan, što se iskazuje povišenim vodostajima u pijezometarskim cijevima, osobito onima koji su bliski rijeci. U uvjetima maksimalnih vodostaja podzemnu vodu možemo smatrati vodom pod pritiskom čije izbijanje na



Sl. 1. Smještaj istraživanog područja

Fig. 1. Lay - out of site investigated.

površinu sprečavaju slabo propusne pokrovne naslage, koje su djelomice ispunjene vodom zbog djelovanja tlaka. Izmjerene vrijednosti nivoa podzemne vode rezultati su takvog djelovanja tlaka, a ne realne visine podzemne vode (Tablica 1; PGe-1, PGe-11, PGe-12).

Vremensko razdoblje u kojem je praćen vodostaj podzemne vode prekratko je da bi se u potpunosti definirala njegova zavisnost od vodostaja Save, jer postoji velika vjerojatnost pojave viših vodostaja Save od onih koji su registrirani u toku motrenja pijezometara na području buduće bolnice. Radi toga bilo je nužno načiniti korelaciju vodostaja Save i podzemne vode, kako bi se na temelju korelativne veze odredili maksimalni vodostaji podzemne vode koji se mogu očekivati na promatranom području.

3. STATISTIČKA ANALIZA KORELACIJE VODOSTAJA SAVE I PODZEMNE VODE

Primjenom statističkih metoda pri utvrđivanju odnosa između vodostaja u Savi i kolebanja razina podzemnih voda u zaobalju dokazana je njihova uska povezanost (Borčić i dr. 1968).

Korelativna veza vodostaja Save i podzemne vode jaka je samo u užoj zoni oko korita Save, a u široj se zoni, bez obzira na cjelovit horizont, smanjuje (Miletić, i dr. 1975). Također je utvrđena puna opravdanost primjene linearne korelacije s obzirom na to da parabolična korelacija nije dala bolje rezultate.

Rezultati višestruke linearne regresije, provedene međusobno na pijezometrima sa područja Zagreba (Grgas, T. & Minčir, Ž. 1978) dokazali su povezani režim podzemne vode.

Kod određivanja stohastičke veze između vodostaja rijeke Save i vodostaja podzemne vode, odnosno intenziteta ovisnosti nivoa podzemne vode od vodostaja Save na lokaciji buduće kliničke bolnice primijenjena je također metoda višestruke linearne regresije. Korišteni su podaci o kretanju vodostaja Save na vodomjernoj stanici Zagreb (Savski most) i podzemne vode na području bolnice u 1980. i 1981. Prilikom izrade regresije upotrebljeni su sa stanica gdje postoje limnigrafi (Zagreb-Sava, PGe-5) srednje dnevni vodostaji, dok su sa preostalih pijezometara uzeti vodostaji izmjereni ručno. Kao najmjerodavniji podaci o razini podzemne vode uzeti su vodostaji s pijezometra PGe-5 (limnigraf), te je preliminarno izvršena korelacija između vodomjera Zagreb-Sava i pijezometra PGe-5. To je načinjeno na taj način što je vodostaj podzemne vode uzet kao posljedica istodnevnog vodostaja Save, zatim vodostaja Save dan prije, te vodostaja Save dva dana prije, pa vodostaja Save, tri, četiri, pet, šest, sedam, osam, devet i konačno deset dana prije pojave odgovarajućeg vodostaja podzemne vode. Drugim riječima, međusobno su korelirani vodostaji Save i vodostaji podzemne vode koji su izmjereni 0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10 dana nakon pojave promatranog vodostaja Save.

Najvažniji kriterij kod analize rezultata korelacije je koeficijent korelacije (r), čija se vrijednost kreće od 0-1, a može imati pozitivan ili negativan predznak ($-1 \leq r \leq 1$) Vrijednost koeficijenta korelacije ukazuje na jačinu stohastičke veze između uspoređivanih veličina, a u našem slučaju između vodostaja Save i vodostaja

podzemne vode. S obzirom da kod proračuna koristimo vodostaje izražene u relativnim vrijednostima, pa se kod povećanja obilježja X smanjuje obilježje Y i obratno, koeficijent korelacije ima negativan predznak.

Rezultati preliminarnih korelacija, izvedenih između vodostaja na pijezometru PGe-5 i Save, pokazali su da se maksimalni koeficijent korelacije javlja za slučaj kad su uspoređivani vodostaji Save s vodostajima podzemne vode sa zaostatkom 4 dana u odnosu na pojavu odgovarajućeg vodostaja Save.

Na temelju toga, a uzevši u obzir udaljenost pijezometra PGe-5 od Save, vodostaji podzemne vode izmjereni na pijezometrima na području bolnice korelirani su sa vodostajima Save za slučajeve jednog, dva, tri, četiri i pet dana zaostatka vodostaja podzemne vode u odnosu na promatrane vodostaje Save. Pri tom treba napomenuti da u proračun nisu ušli pijezometri PGe-1, PGe-11 i PGe-12, jer su u vrijeme visokih voda Save bili poplavljeni zaobalnim vodama. Rezultati regresije prikazani su u tablici 2.

Vidljivo je da koeficijenti korelacije pokazuju čvrstu vezu između vodostaja Save i podzemne vode, a kreću se između 0,85 i 0,89, dok standardna pogreška odstupanja ima vrijednost između ± 28 cm i ± 30 cm. Izuzetak čini pijezometar PGe-4, kod kojeg je dobiven koeficijent korelacije $r = 0,76$, a standardna pogreška odstupanja iznosi ± 40 cm.

Na osnovi rezultata višestruke linearne regresije možemo za svaki pijezometar postaviti jednadžbu pravca regresije iz koje se pak može izračunati traženi vodostaj podzemne vode za bilo koji pretpostavljeni vodostaj Save. Općenita jednadžba pravca glasi $Y = ax + b$, odnosno u našem slučaju

$$H_{\text{podz. vode}} = \text{koef. regresije} \cdot H_{\text{Save}} + \text{odsječak pravca regr.}$$

Važno je napomenuti da se vodostaji, izraženi u relativnim vrijednostima, a njihove veličine u apsolutnim kotama, dobiju, zavisno od predznaka, oduzimanjem odnosno pribrajanjem "0" koti.

Prema gore postavljenim jednadžbama izračunati su vodostaji podzemne vode na svim pijezometrima, kao posljedica utjecaja maksimalnih vodostaja Save u 10-godišnjem, 50-godišnjem, 100-godišnjem i 1000-godišnjem povratnom periodu. Prethodno je bilo potrebno načiniti distribuciju maksimalnih protoka na vodikoznoj stanici Zagreb-Sava za razdoblje od 1926. do 1981.

Na temelju dobivene distribucije, pri čemu je kao najprimjerenija uzeta u obzir Pearson 3 razdioba, kao i na temelju krivulje protoka za stanicu Zagreb-Sava izračunati su maksimalni vodostaji za navedene povratne periode na promatranj stanici. Oni iznose:

$H_{10,0} \% = 462$ cm	$Q_{10,0} \% = 2489$ m ³ /sek
$H_{2,0} \% = 523$ cm	$Q_{2,0} \% = 2960$ m ³ /sek
$H_{1,0} \% = 543$ cm	$Q_{1,0} \% = 3135$ m ³ /sek
$H_{0,1} \% = 602$ cm	$Q_{0,1} \% = 3655$ m ³ /sek

Kada ove vodostaje Save uvrstimo u jednadžbe pravca regresije, dobit ćemo odgovarajuće vodostaje

Tablica 2. Pregled rezultata regresije

Table 2. Table of regression results

Pijezometar	zaost. 1 dana u odn./Savu		zaost. 2 dana u odn./Savu		zaost. 3 dana u odn./Savu		zaost. 4 dana u odn./Savu		zaost. 5 dana u odn./Savu	
	koef. korela- cije	stand. pogreškom odstup. (+ cm)	koef. korela- cije	stand. pogreškom odstup. (+ cm)	koef. korela- cije	stand. pogreškom odstup. (+ cm)	koef. korela- cije	stand. pogreškom odstup. (+ cm)	koef. korela- cije	stand. pogreškom odstup. (+ cm)
PGe- 2	0,889	28.7	0,882	29.7	0,878	29.7	0,873	30.6	0,848	33.2
PGe- 3	0,881	28.4	0,884	28.2	0,880	28.3	0,875	29.1	0,857	30.6
PGe- 4	0,696	43.1	0,716	42.8	0,731	41.7	0,755	40.4	0,762	39.6
PGe- 5	0,809	33.0	0,841	30.9	0,852	29.6	0,860	29.0	0,858	29.0
PGe- 6	0,798	34.1	0,824	32.4	0,836	31.2	0,849	30.2	0,853	39.7
PGe-13	0,855	31.3	0,873	29.9	0,873	29.6	0,888	28.4	0,884	28.6
PGe-14	0,849	32.7	0,862	31.8	0,869	30.8	0,875	30.3	0,865	31.2
PGe-15	0,867	31.1	0,880	29.9	0,886	29.0	0,890	28.9	0,878	30.2

podzemne vode, koji se prema rezultatima izvedene regresije očekuju na području bolnice.

Za pijezometre PGe-1, PGe-11 i PGe-12, za koje nije bilo moguće načiniti korelaciju sa Savom, jer u vrijeme visokih voda bivaju plavljeni zaobalnim vodama, načinjena je korelacija s pijezometrima PGe-2 i PGe-15, te su na taj način indirektno izračunati vodostaji koji se na njima očekuju za navedene povratne periode.

Rezultati proračuna, očekivanih maksimalnih vodostaja podzemne vode na području nove kliničke bolnice, za 10, 50, 100 i 1000-godišnji povratni period prikazani su tablicom 3.

Prognozirani vodostaji moraju se smatrati maksimalno mogućim vodostajima. Za očekivati je, dakle, pojavu nižih vodostaja obzirom na otpor slabo propusnog pokrivača objašnjen u prethodnom poglavlju. Ovakvu prog-

nozu vodostaja potrebno je koristiti vrlo oprezno i u slučaju kao što zahtijeva ovaj, kada nedostaju bilo kakvi adekvatni podaci i parametri vodonosnog horizonta i podzemne vode.

4. PROVJERA REZULTATA USPOREDBOM METODA

Koristeći saznanje da su oscilacije podzemne vode u funkcionalnom odnosu sa kolebanjem vodostaja u rijeci (Miletić i dr. 1975), pokušalo se podatke o razinama podzemne vode, dobivene statističkom obradom, provjeriti usporedbom sa podacima dobivenim primjenom formule (Ferris, 1962):

$$s = 2 s_0 \exp [-x \sqrt{(\pi S) / (t_0 T)}],$$

gdje je (s) razina podzemne vode, (s_0) vodostaj u rijeci, (x) udaljenost pijezometra od rijeke, (T) koeficijent transmisivnosti, (S) koeficijent uskladištenja, a (t_0) trajanje vodnog vala u rijeci.

Za pojave izrazitih vodnih valova registriranih tijekom četiri godine (1979-1982), na limnigrafskoj stanici Zagreb-Savski most i limnigrafskom pijezometru PGe-5 proračunate su razine podzemnih voda, a vrijednosti T i S preuzete su u nedostatku podataka za promatrani lokalitet sa područja Remetinca.

Rezultati proračuna pokazali su odstupanja vrijednosti promjena razina podzemnih voda za prosječno 1 m od vrijednosti dobivenih statističkom metodom, odnosno direktnim očitanjem na limnigramu.

Manja odstupanja javljaju se u slučaju maksimalnih vodostaja, no stoga što je statistička obrada upravo i rađena za slučaj maksimalnih voda.

Objašnjenje nepodobnosti ove jednadžbe za primjenu na podacima vodostaja rijeke Save u području Zagreba potraženo je u načinu kolebanja vodostaja Save, korepondencije sa vodostajem podzemne vode te karakteristikama vodonosnog horizonta.

Vodni valovi gotovo nikada nisu izolirani već se nižu jedan na drugi, pa su česti slučajevi višestrukih vodnih

Tablica 3. Proračunati očekivani maksimalni vodostaji podzemne vode za 10, 50, 100 i 1000-godišnji povratni period

Table 3. Estimated and forecasted maximum of ground water levels for the 10-, 50-, 100-, and 1000-year return periods.

Pijezometar	Maksimalni vodostaj podz. vode na povratni period			
	10 god.	50 god.	100 god.	1000 god.
PGe- 1	117,50	118,02	118,16	118,56
PGe- 2	117,19	117,61	117,75	118,16
PGe- 3	116,69	119,11	117,22	117,61
PGe- 4	116,01	116,36	116,47	116,80
PGe- 5	116,45	116,81	116,93	117,28
PGe- 6	116,87	117,23	117,35	117,69
PGe-11	118,25	118,71	118,86	119,31
PGe-12	118,37	118,82	118,97	119,41
PGe-13	117,69	118,19	118,32	118,73
PGe-14	118,02	118,42	118,55	118,94
PGe-15	118,01	118,43	118,56	118,97

valova. Određivanje trajanja vodnog vala (t_0) vrši se izdvajanjem rastućih dijelova nivograma. To se određuje proizvoljno, a svaka promjena bitno utječe na rezultat.

Vodostaj podzemne vode, koji je posljedica rijeke Save, ovisi i o saturiranosti vodonosnog horizonta prije dolaska vodnog vala. Svaki vodni val u slučaju saturiranosti horizonta izazvat će veći porast vodostaja podzemne vode nego u slučaju prethodno obostrano niskih vodostaja.

Primjenom formule Ferrisa dobivaju se, nasuprot, uvijek isti porasti vodostaja podzemne vode, bez obzira na hidrološke prilike.

Također su značajne i minimalne promjene vrijednosti koeficijenta transmisivnosti (T) i koeficijenta uskladištenja (S) horizonta. Te se veličine nerijetko pa i ovdje u nedostatku nadopunjuju podacima proračunatim na nekom bliskom prostoru sličnih osobitosti. Time su već opterećene izvjesnom pogreškom, koja također utječe na rezultat.

Na kraju možemo zaključiti da se opisani vodni valovi Save, koja kod Zagreba (do Rugvice) još odražava karakteristike planinske rijeke, nižu načinom koji se u većini slučajeva ne može smatrati harmonijskim, a što je osnovni uvjet primjene formule Ferrisa pri proračunu razina podzemne vode.

5. ZAKLJUČAK

Opažanja razina podzemne vode na području buduće kliničke bolnice vršilo se dvije godine. Niz podataka dobivenih u tom periodu upotrebljen je na utvrđivanje odnosa između vodostaja Save i vodostaja podzemne vode te proračuna maksimalnih vodostaja podzemne vode za 10, 50, 100 i 1000-godišnji povratni period rijeke Save.

Primjenom metode višestruke linearne regresije određena je stohastička veza između vodostaja Save i razina podzemne vode. Koeficijenti korelacije pojedinih pijezometara pokazali su da podzemna voda, udaljena od korita Save tek 200-250 m, reagira na promjenu vodostaja u Savi s jedan do dva dana zakašnjenja, dok se utjecaj prenosi na udaljenije pijezometre (400-500 m) s tri do pet dana zakašnjenja.

Također su proračunate visine podzemnih voda, proizašle iz maksimalnih vodostaja Save za 10, 50, 100 i 1000-godišnji povratni period.

Razina podzemne vode proračunata je, zbog usporedbe, i primjenom jednadžbe Ferrisa. Analiza uzroka velikog odstupanja rezultata ukazala je da se ta jednadžba može koristiti samo za slučajeve gdje postoje izrazite harmonijske promjene vodostaja u rijeci, a što nije slučaj Save kod Zagreba. Potrebno je napomenuti da metoda upotrebljena pri proračunima ne uzima u obzir dužinu trajanja vodostaja Save, a što bi moglo utjecati na egzaktnost rezultata korištenih kod projektiranja građevinskog kompleksa.

LITERATURA:

- Borčić, D., Capar, A., Čakarun, I., Kostović, K., & Miletić, P., (1968): Noviji podaci o zavisnosti vodostaja podzemne vode i vodostaja Save na području Zagreba, Geol. vjesnik, 21, 311-316.
- Miletić, P., Švel, B., Turić, G., Blašković, I., Mayer, D., Macarol, S., & Heinrich, M., (1975): Procjena rezervi podzemnih voda aluvijalnih taložina na području između Podsuseda i Siska, Fond stručne dokumentacije Zavoda za opću i primijenjenu geol. RGN fakulteta, Zagreb.
- Miletić, P., Macarol S., Turić, G., & Heinrich, M., (1975): Razmatranja o statističkoj analizi korelacije vodostaja u podzemlju na primjeru mjerenja u Zagrebu, Geol. vjesnik, 28, 357-361, Zagreb
- Grgas, T., & Minčir, Ž., (1978): Mreža opažanja i obrada podataka podzemne vode na širem području Zagreba, Zbornik referata simpozija o istraž., eksploat. i gosp. podzemnim vodama, 23-32 C, Zagreb.
- Ferris, J. G., Knowles, D. B., Brown, R. H. & Stallman, R. W. (1962): Theory of Aquifer Tests, Ground - water Hydraulics, U. S. Geol. Survey Water-Supply Paper 1536-E, 132-135, Washington

SUMMARY:

The observations which were recorded at the site of the future Clinical Hospital were registered over a two year period. The series of data recorded during this period were used to establish the relation between the waterflow level of the River Sava and the ground water levels as well as to estimate the maximum waterflow level of ground waters for the 10-, 50-, 100-, and 1000-year return periods of the River Sava.

The stochastic relationship between the waterflow level of the Sava and the ground water levels was fixed by means of the multilinear regressions method. The correlation coefficients of separate piezometres showed that ground waters located at a distance of 200-250 m from the bed of the Sava reacted to a change in the waterflow level of the Sava with a delay of one to two days, whereas the piezometres, which were placed at a further distance (400-500m) showed a three to five day delay.

Furthermore, estimates of the altitude of the ground water levels were deduced from the maximum waterflow level over the 10-, 50-, 100-, 1000-year return periods.

As a means of comparison, the Ferris equation method was used to estimate the ground water levels. In analysing the causes of visible fluctuations from the norm, it was concluded that this equation and method may only be used in cases, where there are visible harmonic changes of a river's waterflow. This is, however, not the case with the River Sava. Furthermore, it should be noted, that in drawing estimates the duration of the waterflow levels of the Sava were not taken into account, this being a fact, which could bear significance to the accuracy of the results on which the project for the building of these facilities was based.