JEDAN PRIMJER POKUŠAJA OBJAŠNJENJA HIDRAULIČKIH USLOVA U KRAŠKOM PODZEMNOM TOKU NA OSNOVU OPAŽANJA PIJEZOMETARSKIH STANJA I IZLAZNIH PROTICAJA

Dr Georgije Hajdin i Marko Ivetić
Zavod za hidrotehniku Građevinskog fakulteta Beograd

U kršu (karstu) podzemni tokovi imaju svoje provodnike, nepravilnog oblika, sa grananjima, sužavanjima i proširivanjima do velikih prostora (kaverne), koji delimično, odnosno povremeno, teku sa slobodnom površinom, odnosno pod pritiskom. Ti provodnici povezuju kraška polja, koja su povremeno jezera, a povremeno su suva.

Pristupačni su i lako merljivi, uobičajenim metodama, vodostaji u polju, te proticaji ulaznog toka u podzemlje, odnosno izlaznog, kada ti tokovi nisu potopljeni. Nadalje, opažanjem nivoa u bušotinama može se doći do pijezometarskih kota u području tokova. Do svih ostalih podataka za razjašnjavanje toka u podzemlju veoma teško je doći. Međutim, i iz navedenih podataka može se nešto reći o bitnim hidrauličkim uslovima koji se nameću podzemnom toku. Ako su pretežni deo proticanja turbulentni tokovi u rapavim provodnicima, uz znatne lokalne gubitke, i sve je pod pritiskom, uspostavlja se kvadratni zakon otpora. Za jedan jedinstven sistem, proticaj je srazmeran kvadratnom korenu iz pijezometarske razlike, pri čemu se za proticaj može uzeti proticaj na svakom preseku, a takođe i pijezometarska razlika za proizvoljne dve tačke. Ovo se i može ostvariti ako je zanemarljiva filtracija kroz pukotine i pore u odnosu na navedeno proticanje kroz provodnike koji su većih poprečnih preseka.

* * *

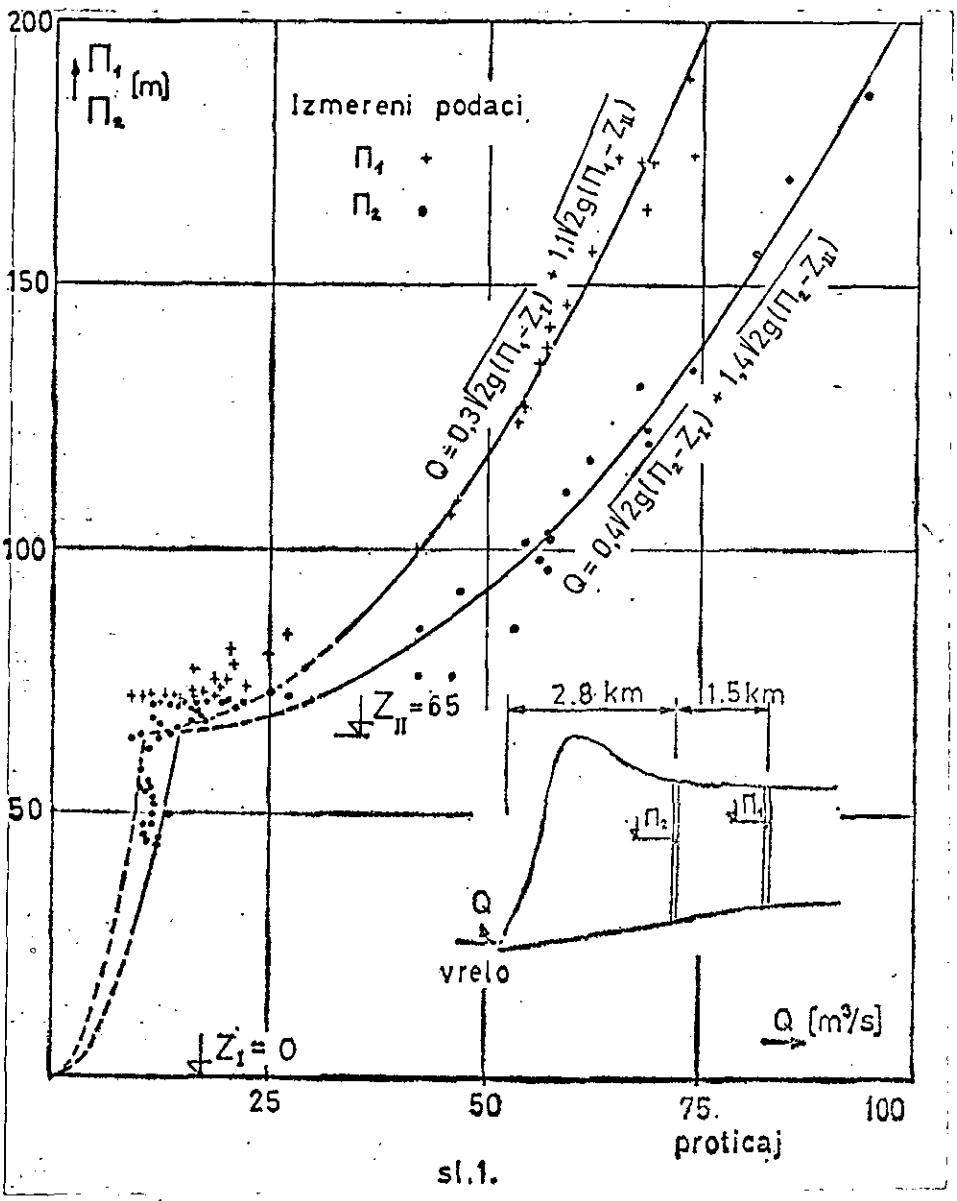
Treba napomenuti da nivo u pijezometarskoj cevi daje stanje na mestu bušotine, a može se smatrati da na to presudan uticaj ima *stanje u najbližem provodniku.*

Navodi se i primer ostvarene kvadratne veze između proticaja i denivelacije koji daje I. Avdagić [1] u razmatranju ulaza i izlaza u jedno kraško polje.

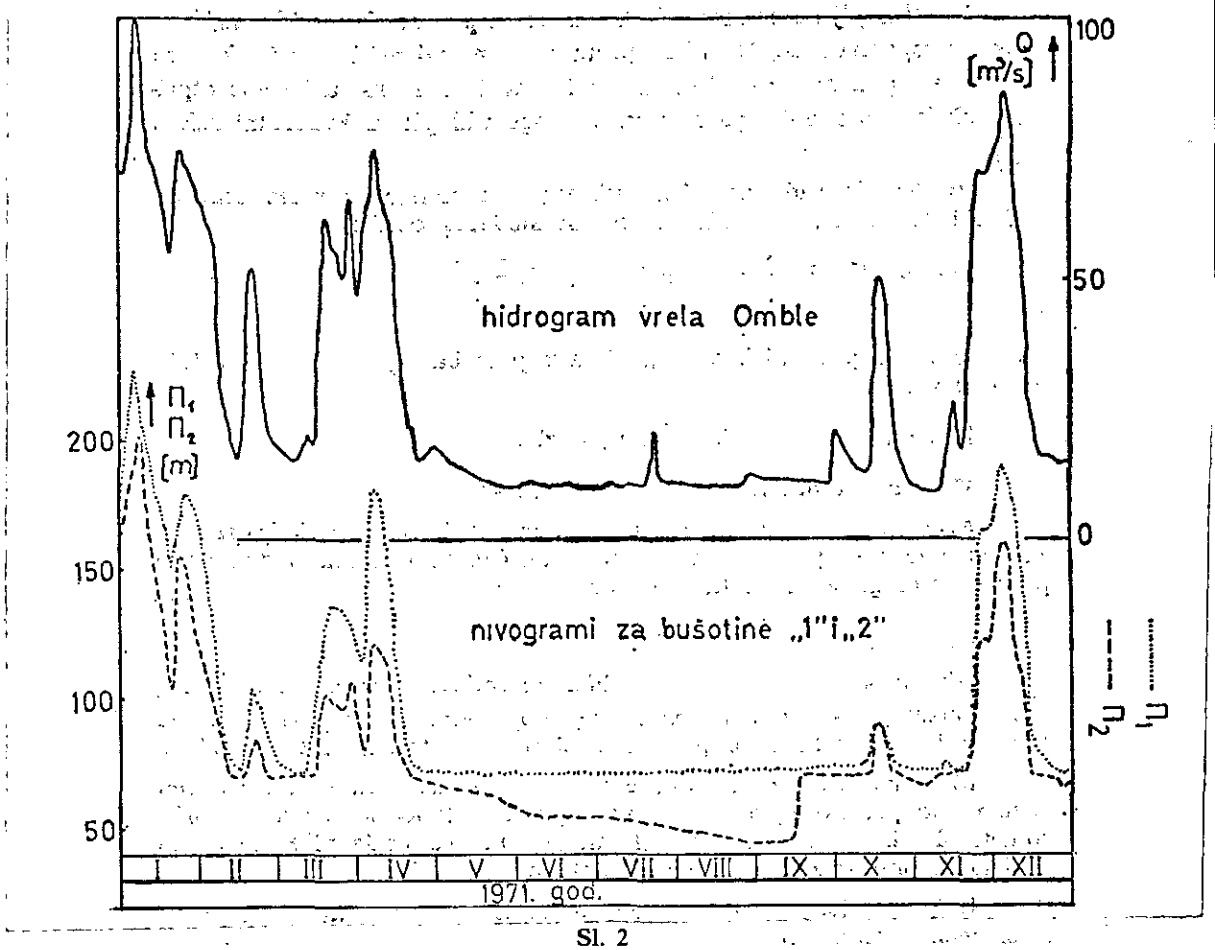
* * *

Predmet ovog saopštenja je veza između pijezometarskih kota u terenu gde teče podzemni kraški tok, i proticaja vrela gde izbija. Primer se odnosi na vrelo zvano Ombla (Dubrovačka rijeka). Sl. 1.

prikazuje. zavisnost proticaja od pijezometarskih kota u dve bušotine, gde se svaki podatak odnosi na prosečne vrednosti proticaja, odnosno nivoa, za jedan petodnevni period. Povučene linije i ispisani obrasci dobijeni su na osnovu razmatranja koja se daju u nastavku. Na sl. 2. prikazani su hronološki dijagrami za iste nivoe i za proticaje, za 1971. godinu, na koju se odnosi i sl. 1.



sl.1.



Sl. 2

Izvorni podaci dobijeni su od mr P. Milanovića, koji je dao geološka tumačenja istog podzemnog toka i njegovog vrela [2].

* * *

Posmatraće se i tumačiti najpre podaci za bušotinu »2« (kružići na sl. 1.). Razmatranja su dovela do sledećih zaključaka:

a) Vrelo, gde voda ističe iz podzemnog sistema provodnika, je, otprilike, na koti 0 (nula). Međutim, ne može se napraviti zavisnost koja bi kvadratnim zakonom vezala pijezometarsku kotu (Π_1) sa proticajem, a da isticanje bude na koti nula. Svakako da postoji izvesno isticanje negde ispod primećenih minimalnih pijezometarskih kota (koje su otprilike na koti ispod koje nema izrazitih provodnika vode), ali ovo izlivanje nije jedino.

b) Čim pijezometarska kota pređe, otprilike, kotu 65, naglo se poveća propusna moć, što ukazuje da se tu nalazi neki izliv i tek kada se on stavi pod pritisak pijezometarski nivoi naglo rastu i slede otprilike nekakvu parabolu, pa se podaci mogu uklopiti u kvadratni zakon otpora.

c) Sve do sada navedeno ukazuje da sistem potpuno stavljen pod pritisak treba da sledi zakonitost sledećeg oblika:

$$Q = A_{12}\sqrt{2g\,(\Pi_2 - Z_{II})} + A_{2}\sqrt{2g\,(\Pi_2 - Z)}$$

gde je:

Q zbirni proticaj kroz oba izliva koji se kasnije sjedinjuju i daju proticaj vrela,

Z_I i Z_{II} su kote donjeg i gornjeg izliva,

Π_2 je pijezometarska kota u bušotini »2«,

A_{12} i A_{II2} su faktori srazmernosti za donji (I) i gornji (II) izliv, a za vezu gde ulazi pijezometarska kota (2). Ovi faktori imaju dimenziju površine i mogu se hidraulički protumačiti sa:

$$A_{12} = C_{12}\,A_I \qquad A_{II2} = C_{II2}\,A_{II}$$

gde su sada A_I i A_{II} hidraulički merodavni preseci, dok su C_{12} i C_{II2} takozvani »koeficijenti proticaja« koje određuju otpori kroz ceo provodnik od mesta na koje se odnosi pijezometarska kota do izliva.

d) Naglašava se da navedena veza važi za stanje kada je ceo sistem pod pritiskom, a dok to nije, postoji slobodno tečenje, i pijezometarske kote ne slede tu zakonitost. One su onda više, nego što bi dala zakonitost za stanje pod pritiskom.

f) U navedene uslove se uklapa napisana zakonitost za proticaj sa sledećim vrednostima:

$Z_I = 0$ (predpostavlja se da je jedan izliv u nivou vrela, otprilike, na nultoj koti)

$Z_{II} = 65$ (procenjeno prema naglom povećanju priraštaja proticaja u odnosu na priraštaj pijezometarske kote)

$A_{12} = 0{,}4$ m² i $A_{II2} = 1{,}4$ m² (izabrane posle niza pretpostavljenih vrednosti)

Sa ovim vrednostima, za proticaj se dobija funkcija grafički prikazana na sl. 1. koja se prilagođava podacima za stanje pod pritiskom, dok se podaci za slobodno slivanje nalaze iznad linije, što i odgovara izloženim obrazloženjima.

* * *

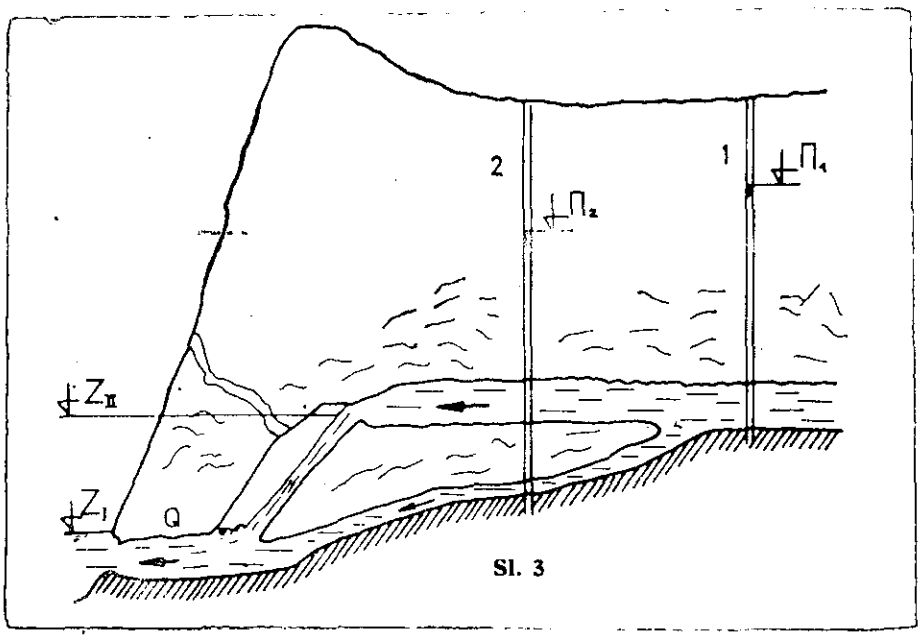
Za podatke za bušotinu »1« (krstići na sl. 1.) mogu se dati slična tumačenja, sa razlikom što je uočljivo da se sistem provodnika u blizini bušotine ne spušta ispod kote 70. Jasno je da je za manje pro-

ticaje sistem na tom mestu bez pritiska, jer se stavljanje pod pritisak ispoljava kroz nagli porast pijezometarske kote. Pošto se radi o istom sistemu, veze između proticaja i pijezometarskog nivoa (Π_1) razlikovaće se od onih za (Π_2) samo po drugoj vrednosti faktora. Podacima mogu da odgovaraju:

$A_{I2} = 0{,}3\ m^2$ i $A_{II1} = 1{,}1\ m^2$

tj. otprilike 3/4 od vrednosti A_{I2} i A_{II2}, što znači da su za toliko smanjeni »koeficijenti proticaja«, jer su veći otpori. I ova zavisnost je nacrtana na slici 1. i ukazuje na dobro slaganje.

Sl. 3. je pokušaj da se prikažu bitne karakteristike sistema, a one su u dva hidraulički merodavna preseka (dva izliva iz sistema). Jedna od mogućnosti koja to zadovoljava data je na slici, a posve je razumljivo da se može zamisliti i nacrtati beskrajno mnogo varijacija koje to isponjavaju.



Sl. 3

Na kraju, može se napomenuti da se težilo da se prikaže ono što je bitno, dok bi želja za nekom većom tačnošću i upotreba preciznih računa, bila ne srazmerna sa tačnošću podataka i stvarnim mogućnostima onoga što oni mogu da pruže za rasvetljavanje ovako složenog procesa.

LITERATURA

[1.] Izet AVDAGIĆ, »ODREĐIVANJE PROTICAJA U POTOPLJENIM KRAŠKIM POLJIMA MJERENJEU NIVOA VODE U PIJEZOMETRIMA I AKUMULACIJI« — referat na Jugoslovensko-američkom simpozijumu »Vodno bogatstvo i hidrologija krša« — održanog u Dubrovniku, juna 1975. godine, u organizaciji Zavoda za hidrotehniku Građevinskog fakulteta iz Sarajeva.

[2.] Petar MILANOVIĆ, »REŽIM VODA U DUBOKOM KARSTU NA PRIMJERU SLIVA VRELA OMBLE« — referat na istom simpozijumu.