

KOSTA URUMOVIĆ

HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE BARANJE

S dva priloga

Analizom svih morfoloških i litoloških karakteristika Baranje uočeno je da se u ravničarskom području mogu razlučiti četiri morfološke jedinice. Premda se genetski jedinice razlikuju, u većine je razvijen hidrogeološki jedinstven vodonosni horizont. S obzirom na pripadnost horizonta određenoj jedinici, u svakoj od njih, on ima različite hidrogeološke značajke.

UVOD

Na području sjeverne Hrvatske, u novije vrijeme, u toku su intenzivna hidrogeološka istraživanja. Trajanjem istraživanja i na istom lokalitetu dolazi se do sve novijih podataka, koji se mogu korisno primijeniti na drugim područjima. Tako je u porječju Drave primijećeno da je odlaganjem dravskih taložina tokom gornjeg pliocena i kvartara nastajalo, uz regionalno kontinuirano spuštanje, i bočno pomicanje matice doline dok su obale zaostajale i danas predstavljaju morfološki istaknute jezerske ili rječne terase. Taj razvoj doline Drave ima značajne posljedice na današnje hidrogeološke karakteristike mlađih naslaga. To je najprije uočeno u uzvodnom dijelu doline kod Varaždina (Urumović, 1971), zatim kod Našica, pa Donjeg Miholjca i sada u području gotovo cijele Baranje.

Zbog toga je odlučeno da se i ovi podaci iz Baranje objave, jer hidrogeološki određuju veću površinu istočnog dijela naše Republike, a ujedno pridonose i boljem poznavanju Baranje i Slavonije. Podaci, osim toga, upotpunjuju rezultate istraživanja koja na istom terenu izvodi Institut za geološka istraživanja, Zagreb i koji je polučene rezultate istraživanja objavio na Hidrogeološkom simpoziju u Sarajevu (Borčić & dr., 1972).

Prije nego iznesem rezultate dužnost mi je da se zahvalim dipl. inž. F. Jungu, savjetniku Sekretarijata za vodoprivredu, koji je istraživanja potakao, kao i dru. P. Miletiću, inž. V. Blaškoviću, te inž. G. Turiću koji su mi savjetom i radom pomagali u njegovoj izradi.

OPĆE HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE BARANJE

U području Baranje razlikujemo dvije morfološke jedinice s različitim hidrogeološkim značajkama. To su Baranjska greda (Baranjsko brdo) i ravničarsko područje (prilog I).

Baranjska greda u strukturnom pogledu jest izduženi horst s jezgrom od magmatskih stijena (bazalti), a prekrivena je terciarnim naslagama. Na površini su mjestimice ustanovljene tortonske naslage u kojima prevladava priobalni razvoj s litotamnijskim vapnencima. Litotamnijski vapnenci ustanovljeni su također bušotinama u Belom Manastiru na dubini oko 30 do 40 m. Na površini, Baranjsko brdo pokriveno je praporima. Prema hidrogeološkim karakteristikama ovo područje odgovara hidrogeološkoj jedinici brežuljkastog područja (Miletić, 1969).

Formiranje vodonosnog horizonta unutar ove hidrogeološke jedinice omogućeno je okršenošću tortonskih litotamnijskih vapnenaca, koja je ustanovljena bušotinama u Belom Manastiru. Ovaj se vodonosni horizont pretežno prihranjuje procjeđivanjem padalina kroz prapore na području Baranjskog brda. Međutim, zbog raščlanjenosti reljefa, najveći dio padalina zahvaćen je površinskim otjecanjem i evapotranspiracijom. Kako je i ukupna površina na kojoj se može očekivati prihranjivanje vodonosnog horizonta mala, to obnavljanje rezervi podzemnih voda ne može osigurati veće potrebe vodoopskrbe. Znajući, također, hidrogeološke karakteristike karbonatnih naslaga, jasno je da u ovom slučaju ne postoji opravdanje istraživanja tortonskog vodonosnog horizonta za potrebe regionalne vodoopskrbe.

Ravničarski dio Baranje prema općim hidrogeološkim karakteristikama u okviru regionalne hidrogeološke rajonizacije uključen je u hidrogeološku jedinicu ravničarskog područja (Miletić, 1969). Površinski dio ove hidrogeološke jedinice izgrađuju pjeskovito-glinovite naslage kvartarne i gornjopleistocenske (paludinske naslage) starosti, a njihova se debljina u području Baranje općenito povećava od sjevera prema jugu i iznosi oko 500 m kraj Darde, a u području duž Drave i preko 1000 m. (Kranjec & dr. 1969, Kranjec & dr. 1970). S gledišta vodoopskrbe prvenstveno nas zanima prva zona hidrogeološke jedinice ravničarskog područja u kojoj su podzemne vode mineralizacije ispod 2000 mg/l, a temperatura ispod 20°C. Debljina prve zone može se procijeniti na oko 200–300 m (Miletić, 1969). S obzirom na mogućnost prihranjivanja podzemnih voda i tehničke okolnosti zahvata podzemnih voda, sa stanovišta vodoopskrbe najzanimljiviji je gornji dio prve zone hidrogeološke jedinice ravničarskog područja, pa je iz tog razloga daljnja hidrogeološka interpretacija usmjerena na ovaj dio naslaga.

Prema morfološkim značajkama i genezi taložina ravničarski dio Baranje možemo razlučiti na četiri morfološke jedinice: jezersku terasu, akumulacionu riječnu terasu, aluvijalnu ravnicu prekrivenu praporima i inundaciono područje (prilog I).

Jezerska terasa proteže se sjeverno od Kneževa i duž južnog ruba Baranjske grede. Prema analognom razvoju u Mađarskoj, može se zaključiti da je nastala u donjem pleistocenu, a izgrađena je od gline i praha u kojima se javljaju leće pijeska.

Riječna akumulaciona terasa proteže se između Štijanovićeve i Topolja, a vjerojatno je nastala taloženjem aluvijalnih nanosa u neotektonski oblikovanim depresijama u naslagama staropleistocenske jezerske terase. A. Sokač (1971) odredila je srednje-pleistocensku starost ovih naslaga. Sastoji se od pijeska s lećama šljunka, a unutar njih javljaju se proslojci i leće gline i praha. Pjeskovite taložine prekrivene su močvarnim praporima i glinama debljine od 5 do 30 m. Smanjenje debljine pokrivača javlja se duž površinskih tokova (Karašica), a nastalo je erozivnim djelovanjem površinskih voda.

Aluvijalna ravnica pokrivena praporima proteže se južno od rječne akumulacione terase između Torjanca i Kopačeva. Nastala je taloženjem rječnih nanosa u neotektonski spuštenim djelovima starijeg reljefa. Tijekom taloženja pjeskovitih rječnih nanosa nastala je erozija starijih naslaga uslijed čega se pijesci aluvijalne ravnice bočno kontinuirano nastavljaju na pijeske rječne terase. Pijesci aluvijalne ravnice prekriveni su kontinentalnim i močvarnim praporima kojima se debljina pretežno kreće od 4–13 m. Prema A. Sokač (1971), i ove su taložine srednje-pleistocenske starosti.

Inundaciono područje Drave i Dunava zauzima široki pojas. Njegova se maksimalna udaljenost od površinskog toka kreće i do 12 km. Izgrađeno je od pjeskovitih rječnih nanosa koji su različite debljine i prekrivaju starije aluvijalne pjeskovite taložine čineći litološku cjelinu.

Opisani tijek oblikovanja reljefa i taloženja kvartarnih naslaga uvjetovao je formiranje jedinstvenog prvog produktivnog vodonosnog horizonta u inundacionom području, aluvijalnoj ravnici i rječnoj akumulacionoj terasi (prilog II). Međutim, hidrogeološke karakteristike vodonosnog horizonta različite su unutar ovih morfoloških jedinica. Prosječna debljina horizonta povećava se u mlađim taložinama i iznosi oko 10–20 m u području akumulacione rječne terase, oko 30–40 m u području aluvijalne ravnice prekrivene praporom i oko 40–60 m u inundacionom području. Uz rub Baranjske grede i jezerske terase vodonosni se horizont isklinjuje. Leće i proslojci pijeska, koji se javljaju u taložinama donjopleistocenske jezerske terase, čine lokalne i razbijene vodonosne horizonte i ne predstavljaju lako komunikativnu hidrauličku cjelinu s prvim produktivnim vodonosnim horizontom. Analogno povećanju debljine vodonosnog horizonta, raste i sortiranost pijeska koji izgrađuje vodonosni horizont (tablica 1). Tako se prosječni koeficijent jednoličnosti zrna u gornjem dijelu vodonosnog horizonta u području akumulacione rječne terase kreće od 6,7 do 16,1, u području aluvijalne ravnice prekrivene praporom od 2,4 do 2,8, a u inundacionom području od 1,5 do 2,3 (tablica 1). U istom smislu mijenjaju se i promjeri zrna d_{10} i d_{20} koji imaju najveći utjecaj na koeficijent filtracije. Za ilustra-

ciju, prikazani su koeficijenti filtracije proračunati iz granulometrijskih dijagrama (tablica 1). Vidimo da se ovako proračunat srednji koeficijent filtracije u području akumulacione rječne terase kreće od $1,3 \cdot 10^{-4}$ do $5,9 \cdot 10^{-2}$ cm/sek, u području aluvijalne ravnice prekrivene praporima kreće se od $8,0 \cdot 10^{-3}$ do $1,36 \cdot 10^{-2}$ cm/sek, a u inundacionom području od $1,3 \cdot 10^{-2}$ do $3,03 \cdot 10^{-2}$ cm/sek.

U svjetlu prikazanih karakteristika prvog vodonosnog horizonta jasni su i prosječni rezultati polučeni pokusnim crpljenjem pri izradi postojećih eksploatacionih bunara u Baranji (tablica 2). Iako tehnička izvedba ovih bunara ne osigurava maksimalno moguću izdašnost, a pokusno crpljenje ne odnosi se na ravnotežne uvjete, niti na definitivni stadij neravnotežnih uvjeta, oni nam mogu korisno poslužiti za kvalitativnu usporedbu hidrogeoloških karakteristika. U tom smislu iznijet ćemo da prosječni specifični kapacitet bunara zacijevljenih u prvom vodonosnom horizontu na području akumulacione rječne terase iznosi $1,04$ l/sek/m', u području aluvijalne ravnice prekrivene praporom iznosi $5,88$ l/sek/m', a u inundacionom području srednji specifični kapacitet eksploatacionih bunara iznosi $10,1$ l/sek/m'.

Prihranjivanje podzemnih voda prvog produktivnog vodonosnog horizonta odvija se infiltracijom padalinskih voda kroz procjedni vodonosni horizont koji se formira u njegovom relativno slabo propusnom pokrivaču, a u blizini Dunava i Drave i procijeđivanjem iz površinskih tokova.

Površinski pokrivač vodonosnog horizonta izgrađen je od prapornih nanosa i močvarnih taložina, a sastoji se od praha i gline u kojima se javljaju leće i proslojci pijeska. Debljina pokrivača kreće se od 30 do 0,0 m (prilog I), a prosječno se smanjuje u području mlađih taložina. Infiltracijom padalina stvara se u pokrivaču procjedni vodonosni horizont (Miletić & dr. 1971a). Vode ovog procjednog horizonta jedini su izvor prihranjivanja prvog produktivnog vodonosnog horizonta u najvećem dijelu Baranje. Prihranjivanje produktivnog vodonosnog horizonta padalinskim vodama vrši se na slijedeće načine:

- procijeđivanjem padalina neposredno u produktivni vodonosni horizont (u jednom dijelu inundacionog područja);
- procijeđivanjem kroz površinski pokrivač neposredno do vodonosnog horizonta, gdje površinski pokrivač ima ulogu vremenskog regulatora procijeđivanja (ovakav način prihranjivanja vrši se mjestimice u svim izdvojenim morfološkim jedinicama);
- procijeđivanjem kroz glinovite međuslojeve različite debljine, u skladu s razlikom tlaka podzemnih voda u procjednom horizontu i prvom kontinuiranom vodonosnom horizontu (ovakav način prihranjivanja vrši se u dijelu akumulacione rječne terase i aluvijalne ravnice prekrivene praporima).

Jasno je, da se u ovakvim uvjetima i veličina prihranjivanja podzemnih voda kreće u širokim granicama i da je za svaki lokalitet potrebno provesti odgovarajuću interpretaciju za prirodne uvjete i posebice za izmijenjene uvjete koji će nastati tijekom eksploatacije podzemnih voda.

Tablica 1

Koeficijenti filtracije proračunati iz granulometrijskih dijagrama po USBR-u i Hazen-u i koeficijent jednoličnosti za gornji dio prvog produktivnog vodonosnog horizonta. Prema podacima Urumović, K. (1971).

| Morfološke jedinice | Oznake bušotine | Konačna dubina bušotine (m) | Debljina probušenog dijela vodonosnog horizonta (m.) | Koeficijent filtracije K (cm/sek) | | | Koeficijent jednoličnosti $S = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ | | |
|---|-----------------|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------|----------------------|---|-------|-------|
| | | | | K min | K max | K srednji | Smin | S max | Sred. |
| | | | | | | | | | |
| Akumulaciono rječna terasa | P-11 | 27,0 | 16,5 | $2,10 \cdot 10^{-3}$ | $2,2 \cdot 10^{-1}$ | $5,94 \cdot 15^{-2}$ | 2,0 | 13,9 | 7,5 |
| | P-19 | 27,0 | 11,6 | $8,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,8 \cdot 10^{-4}$ | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | 6,6 | 6,8 | 6,7 |
| | P-20 | 26,0 | 13,0 | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | $4,2 \cdot 10^{-3}$ | $1,93 \cdot 10^{-3}$ | 3,6 | 36,5 | 16,1 |
| Aluvijalna ravnica prekrivena praporima | P-9 | 29,0 | 21,8 | $1,4 \cdot 10^{-3}$ | $2,0 \cdot 10^{-2}$ | $1,36 \cdot 10^{-2}$ | 2,0 | 4,1 | 2,8 |
| | P-10 | 26,0 | 8,8 | $3,0 \cdot 10^{-3}$ | $1,3 \cdot 10^{-2}$ | $8,0 \cdot 10^{-3}$ | 1,9 | 2,8 | 2,4 |
| Inundaciono područje | P-5 | 26,0 | 20,2 | $2,8 \cdot 10^{-3}$ | $6,5 \cdot 10^{-2}$ | $2,26 \cdot 10^{-2}$ | 1,4 | 2,5 | 2,0 |
| | P-8 | 25,0 | 11,2 | $1,1 \cdot 10^{-2}$ | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | $1,3 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1,9 | 1,6 |
| | P-12 | 28,0 | 23,2 | $2,7 \cdot 10^{-2}$ | $3,4 \cdot 10^{-2}$ | $3,03 \cdot 10^{-2}$ | 1,4 | 1,8 | 1,5 |
| | P-13 | 29,0 | 17,0 | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | $5,2 \cdot 10^{-2}$ | $2,41 \cdot 10^{-2}$ | 1,2 | 3,9 | 2,3 |

Urumović: Hidrogeološke značajke Baranje

Tablica 2

Izdašnost bunara zacijevljenih u prvom vodonosnom horizontu

| Morfološka jedinica | Katastarska oznaka bunara | Podaci pokusnog crpljenja | | |
|---|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | Kapacitet Q (l/sek) | Sniženje s (m ³) | Odnos Q/s (l/sek/m ³) |
| akumulaciona rječna terasa | OS-1-B-1 | 3,00 | 1,60 | 1,87 |
| | OS-2-B-4 | 9,00 | 6,00 | 1,50 |
| | OS-2-B-5 | 4,16 | 2,70 | 1,54 |
| | OS-2-B-6 | 4,16 | 1,80 | 3,40 |
| | OS-2-B-7/1 | 1,50 | 2,30 | 0,65 |
| | OS-2-B-7/2 | 1,30 | 5,00 | 0,26 |
| | OS-2-B-7/3 | 2,00 | 1,20 | 1,66 |
| | OS-2-B-9 | 0,16 | 4,00 | 0,04 |
| | OS-2-B-11/1 | 1,25 | 5,00 | 0,25 |
| | OS-2-B-11/3 | 0,66 | 2,70 | 0,24 |
| | OS-4-B-1 | 0,33 | 4,10 | 0,07 |
| aluvijalna ravnica prekrivena praporima | OS-4-B-2 | 3,30 | 1,70 | 1,94 |
| | OS-4-B-6/2 | 5,30 | 1,19 | 4,47 |
| | OS-4-B-7 | 3,00 | 1,16 | 2,58 |
| | OS-4-B-8/1 | 12,00 | 2,50 | 4,80 |
| | OS-4-B-8/2 | 11,10 | 0,80 | 13,87 |
| | OS-4-B-9/2 | 3,30 | 0,50 | 6,60 |
| | OS-4-B-9/3 | 3,30 | 0,80 | 4,13 |
| | OS-4-B-9/4 | 6,00 | 0,68 | 8,82 |
| | OS-4-B-9/10 | 4,16 | 0,50 | 8,32 |
| | OS-4-B-10 | 3,30 | 1,00 | 3,30 |
| inundaciono područje | OS-2-B-1 | 2,50 | 0,15 | 16,60 |
| | OS-2-B- | 2,50 | 0,15 | 16,60 |
| | OS-3-B-1 | 3,30 | 0,70 | 4,71 |
| | OS-4-B-3 | 4,10 | 0,80 | 5,12 |
| | OS-4-B-5 | 4,00 | 1,20 | 3,33 |
| | SO-3-B-4 | 84,00 | 5,00 | 16,80 |
| | SO-3-B-5 | 63,00 | 6,60 | 9,60 |
| | SO-3-B-5 | 63,00 | 6,60 | 9,60 |
| | SO-3-B-6 | 60,00 | 7,00 | 8,60 |

U podini prvog vodonosnog horizonta dolaze taložine gline, praha i pijeska, koje se vertikalno i lateralno izmjenjuju. Ove naslage oblikuju niže subarteške i arteške vodonosne horizonte kojih je debljina vrlo neujednačena. Prihranjivanje ovih vodonosnih horizonata uvjetovano je razlikama tlaka i karakteristikama relativno nepropusnih glinovitih međuslojeva. Prema tome hidrogeološka istraživanja dubljih subarteških i arteških vodonosnih horizonata imati će opravdanje samo u slučaju eksploatacije prvog produktivnog vodonosnog horizonta iznad njegovog sigurnog eksploatacionog kapaciteta, ili u slučaju potrebe određivanja regionalne bilance i rezervi podzemnih voda.

PREGLED REZULTATA

Unutar dobro poznate dvije morfološke jedinice u području Baranje (uzdignuto područje Baranjske grede i ravničarsko područje), analizom manje istaknutih morfoloških struktura bilo je moguće u ravničarskom dijelu odijeliti četiri posebne cjeline. To su: jezerska terasa, riječna akumulaciona terasa, aluvijalna ravnica i inundaciono područje Drave i Dunava (prilog I i II). Unutar zadnje tri cjeline razvijen je jedinstveni prvi vodonosni horizont, ali su njegove hidrogeološke značajke za svaku od njih različite. Zbog postavljanja relativnih odnosa izračunat je koeficijent filtracije na temelju podataka granulometrijskih analiza i ustanovljeno je da se njegova srednja vrijednost za rječnu akumulacionu terasu kreće od $1,3 \cdot 10^{-4}$ cm/sek do $5,9 \cdot 10^{-2}$ cm/sek; za aluvijalnu ravnicu od $8,0 \cdot 10^{-3}$ cm/sek do $1,36 \cdot 10^{-2}$ cm/sek; za inundaciono područje od $1,3 \cdot 10^{-2}$ cm/sek do $3,03 \cdot 10^{-2}$ cm/sek. Tome analogni podaci polučeni su i kod analize izdašnosti postojećih cijevnih bunara (tablice 1 i 2).

Suočavanjem ovih podataka s podacima o litološkom sastavu pokrivača ustanovljene su i mogućnosti obnavljanja zaliha podzemnih voda u prvom horizontu padalinskim vodama. Ono se vrši na slijedeće načine: a) procjeđivanjem padalina neposredno u vodonosni horizont (u jednom dijelu inundacionog područja); b) procjeđivanjem kroz površinski pokrivač do vodonosnog sloja, gdje pokrivač ima ulogu vremenskog regulatora procjeđivanja (mjestimice i na svim izdvojenim morfološkim cjelinama); c) procjeđivanje kroz glinovite međuslojeve u pokrivaču (na dijelu akumulacione rječne terase i aluvijalne ravnice pokrivena praporima).

Ovo saznanje pokazuje da se količinski prihranjivanje vrši u širokim granicama i da je nemoguće odrediti njegovu prosječnu vrijednost za cijelu Baranju, već ga je potrebno računati za svaki lokalitet posebice.

Dublji vodonosni horizonti u smislu prihranjivanja orijentirani su uglavnom na procjeđivanje iz prvog horizonta. Pošto je to prihranjivanje ograničeno karakteristikama glinovitih međuslojeva, a dublji horizonti imaju nepovoljnije hidrogeološke značajke, to u ovom času nije potrebno da im se posvećuje posebna pažnja. Siguran eksploatacioni kapacitet moguće je, prema iznesenom, u potpunosti koristiti u prvom horizontu.

LITERATURA

- Borčić, D., Čakarun, I., & Vidović-Despotović, N. (1927): Rezultati dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja na području Baranje. Zbornik radova 2. jugoslovenskog simpozijuma za hidrogeologiju i inž. geologiju, 17-26, Sarajevo.
- Fond voda, Zagreb (1972): Hidrogeološki katastar Sjeverne Hrvatske.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Prelogović, E., Blašković, I. & Šimon J. (1969): Geološki razvoj Đakovačko-vinkovačkog platoa (istočna Slavonija), Geol. vjesnik, 22, 111-120, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Prelogović, E., i Blašković, I. (1970): Dubinsko litofacijelno kartiranje područja istočne Slavonije i bosanske Posavine. Zborn. radova RGN fakult. Sveuč. u Zagrebu u povodu 30 godina rada, 1939-1969, 165-174, Zagreb.
- Miletić, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike Sjeverne Hrvatske Geol. vjesnik, 22, 511-524, Zagreb.
- Miletić, P., Urumović, K. & Capar, A. (1971a): Hidrogeologija prvog vodonosnog horizonta porječja Drave na području Hrvatske. Geol. vjesnik, 24, 149-154, Zagreb.
- Sokač, A. (1971): Pleistocenska fauna ostrakoda porječja donje Drave, Geol. vjesnik, 24, 65-76, Zagreb.
- Urumović, K. (1971): O kvartarnom vodonosnom kompleksu u području Varaždina. Geol. vjesnik, 24, 183-190, Zagreb.

K. URUMOVIĆ

HYDROGEOLOGIC CHARACTERISTICS OF THE BARANJA REGION

By means of a detailed analysis of the well-known morphologic units in the area of the Baranja region, it has been possible to isolate four distinct subunits (the elevated area of the Baranja ridge and the area of plains): the lake terrace, the river accumulation terrace, the alluvial plain, and the inundation area of the Drava and Danube Rivers (see pls. 1 and 2).

Throughout the accumulation terrace, alluvial plain, and inundation area a uniform first water-bearing horizon exists, but its hydrogeologic characteristics are different in each part. In order to define the existing relations, the coefficient of filtration has been computed on the basis of the granulometric data, and it has been established that the average values for the filtration coefficient amount: from $1.3 \cdot 10^{-4}$ cm²/sec to $5.9 \cdot 10^{-2}$ cm./sec. for the river accumulation terrace; from $8.0 \cdot 10^{-3}$ cm./sec. to $1.36 \cdot 10^{-2}$ cm./sec. from the alluvial plain; from $1.3 \cdot 10^{-2}$ cm./sec. to $3.03 \cdot 10^{-2}$ cm./sec. for the inundation area. The analogous figures have been obtained on the basis of the yield analysis of the existing drilled wells (see ch. 2).

The possibilities of the recharge of the groundwater reserves in the first aquifer have been consequently defined on the basis of the correlation of the above mentioned data with the data on the lithologic structure of the overburden. It follows that the recharge is effectuated in these ways: a) by means of percolation of the precipitation directly into the aquifer (over one part of the inundation area), b) by means of percolation through the overburden down to the aquifer where the overburden acts as

the time duration of percolation (in some places and all over the delineated morphologic parts), and c) by means of percolation through the clayey interfaces in the overburden (over a part of the river accumulation terrace and the alluvial plain covered by loess).

We can infer from these conclusions that quantitatively the recharge is effectuated between large limits, and it is impossible to define its average value for the whole Baranja region. It is necessary to compute the value individually for each locality.

The recharge of several deeper aquifers depend upon the percolation from the first one. Such recharge is limited because of the characteristics of the clayey interfaces. Consequently, the deeper aquifers have less favourable hydrogeologic parametres, and for the time being there is no need to consecrate any special attention to them. According to the above mentioned conclusions, it is possible to obtain the total safe exploitation yield from the first aquifer.

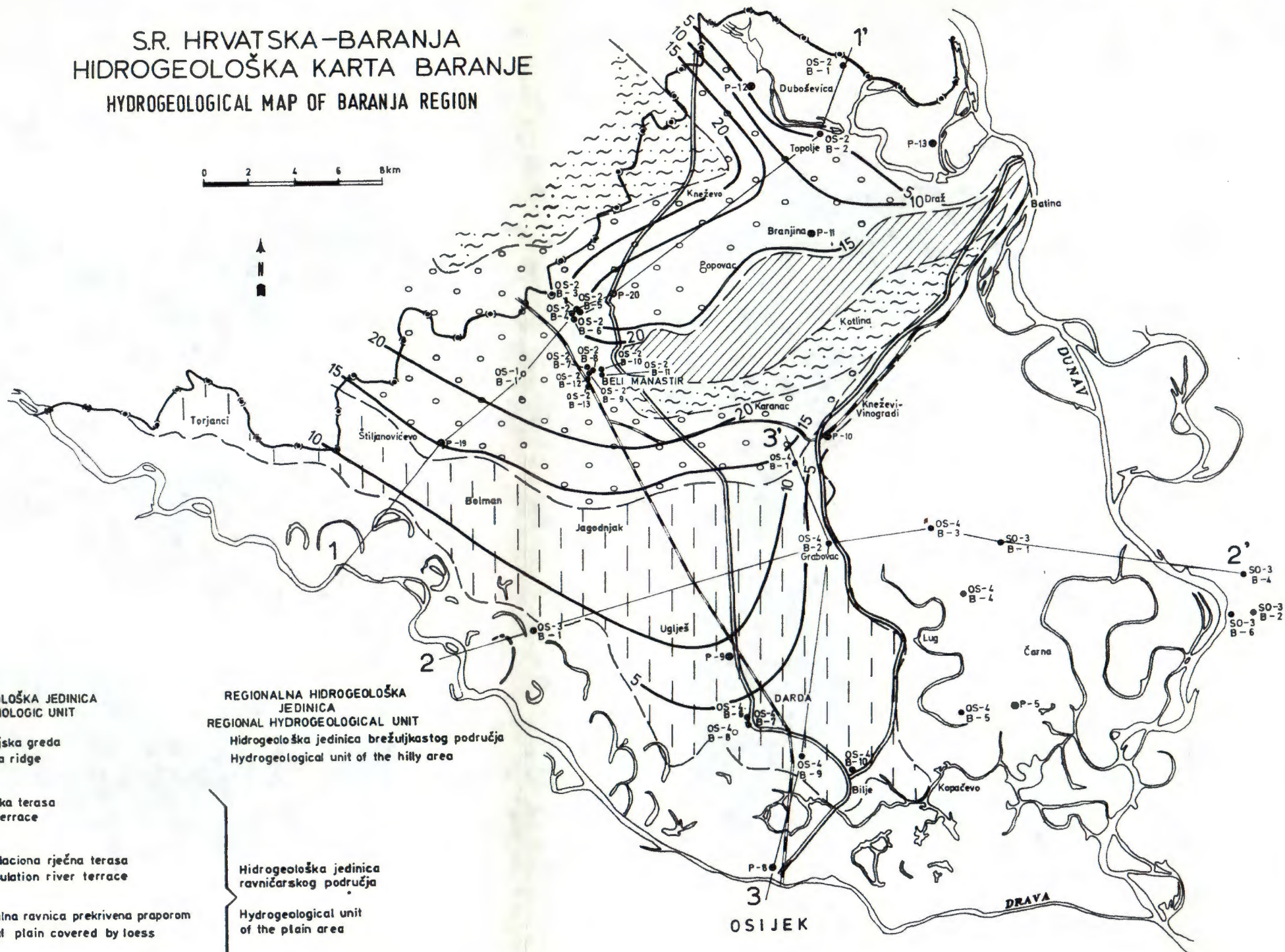
Primljeno (Received): 18. 01. 1973.

*Zavod za opću i primijenjenu geologiju
Rudarsko-geološko-naftni fakultet*

*Department for general and applied
geology. Faculty of mining, geology
and petroleum engineering, University
of Zagreb
Zagreb, Pierottieva 6*

S.R. HRVATSKA-BARANJA
 HIDROGEOLOŠKA KARTA BARANJE
 HYDROGEOLOGICAL MAP OF BARANJA REGION

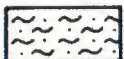
0 2 4 6 8 km



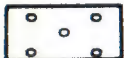
MORFOLOŠKA JEDINICA
 MORPHOLOGIC UNIT



Baranjska greda
 Baranja ridge



Jezerska terasa
 Lake terrace



Akumulaciona rječna terasa
 Accumulation river terrace



Aluvijalna ravnica prekrivena praprom
 Alluvial plain covered by loess



Inundaciono područje
 Inundation area

REGIONALNA HIDROGEOLOŠKA
 JEDINICA
 REGIONAL HYDROGEOLOGICAL UNIT

Hidrogeološka jedinica brežuljkastog područja
 Hydrogeological unit of the hilly area

Hidrogeološka jedinica
 ravničarskog područja
 Hydrogeological unit
 of the plain area



Izopaha površinskog pokrivača produktivnog vodonosnog horizonta
 Isopaches of the surface layer

● OS-3
 B-4

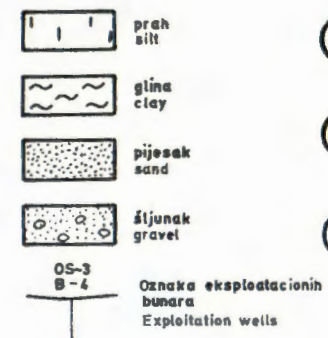
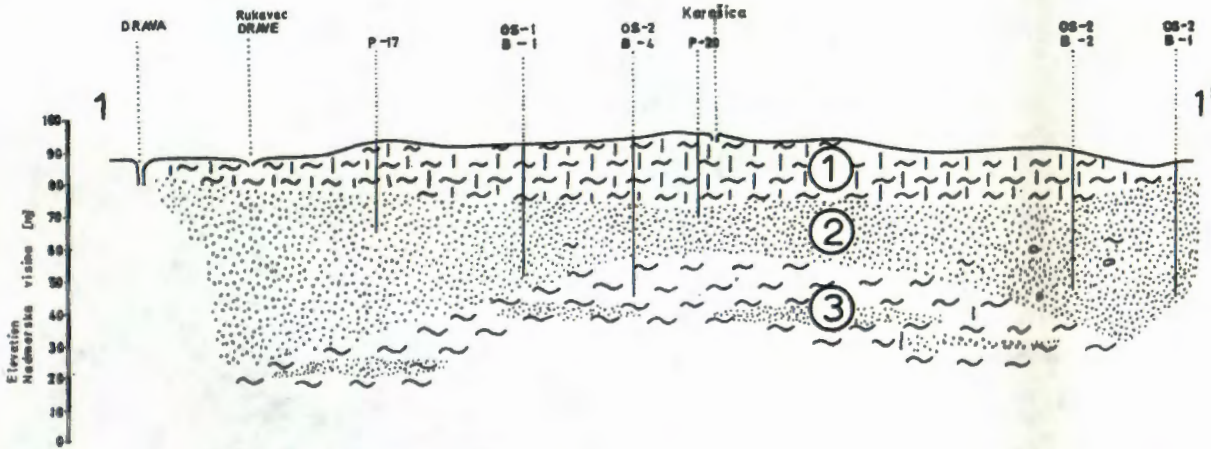
Oznaka starijih eksploatacionih bunara
 Exploitation wells

● P-8

Pijezometrijska bušotina
 Piezometric wells



Trase shematiziranih hidrogeoloških profila
 Traverses of the schematic hydrogeologic cross-sections



- 1 Površinski pokrivač produktivnog vodonosnog horizonta (zaglmjeni prah i prašnasta glina s lećama i prosljocima pijeska)
Surface cover of the waterbearing horizon
- 2 Prvi produktivni vodonosni horizont (pijesak s lećama šljunka praha i gline)
Waterbearing horizon
- 3 Podloga prvog produktivnog vodonosnog horizonta (glina i prah s lećama i prosljocima pijeska)
Footwall of the waterbearing horizon

