

PAVAO MILETIĆ, KOSTA URUMOVIĆ,
GORDANA TURIĆ i DARKO MAYER

PRIOLOG POZNAVANJU KONCENTRACIJE ŽELJEZA U PODZEMNIM VODAMA PORJEČJA DRAVE

S 1 prilogom

Prikazani su rezultati statističke obrade podataka o pojavama željeza u podzemnim vodama porječja Drave, te opće zakonitosti tih pojava.

UVOD

Studija o pojavama željeza u podzemnim vodama porječja Drave dio je regionalne hidrogeološke studije SR Hrvatske, kojoj je konačni cilj proračun ukupnih i eksploatacionih rezervi podzemnih voda. Zbog objektivnih razloga, danas je hidrogeološkom studijom zahvaćeno samo područje između Save i Drave. Istraživanja su uključila i određivanje sadržaja željeza u podzemnim vodama, jer je željezo jedan od činitelja koji utječe na kvalitetu, a time i na iskorištavanje podzemnih voda. U ovome radu prikazani su samo rezultati obrade podataka o pojavama željeza za porječje Drave, dok je takav rad za porječje Save u toku. Ovom su obradom riješene opće zakonitosti pojave željeza u podzemnim vodama porječja Drave, a rezultati mogu poslužiti kao osnovica daljnjeg proučavanja koncentracije željeza u podzemnim vodama, a time i kvalitete podzemnih voda ovog dijela Hrvatske.

Podaci o sadržaju željeza u podzemnim vodama, kojima smo se služili u ovome radu, potječu dijelom iz sanitarnih analiza Zavoda za zaštitu zdravlja iz Varaždina, Bjelovara i Osijeka (1300 analiza), dijelom iz izvještaja Instituta za geološka istraživanja, zatim poduzeća Geotehnike i Geofizike iz Zagreba (90 analiza), dok su na 90 izabраниh lokaliteta izvršene kontrolne analize na terenu. Analize su izvršene kolorimetrijskom metodom.

Dužnost nam je zahvaliti se dru Mihovilu V r a g o v i ć u i mru Dubravku Š i f t a r u na savjetima koji su nam koristili u ovome radu, te spomenutim ustanovama na ustupljenim podacima.

ŽELJEZO U PODZEMNIM VODAMA PORJEČJA DRAVE

Željezo se u prirodi javlja u dva oksidacijska stanja – kao dvovalentno (fero) i trovalentno (feri). Kemijsko je ponašanje ovih oblika u otopini različito.

Feri-ioni mogu biti stabilni u otopini samo ukoliko je pH otopine manji od 3, odnosno, ukoliko je otopina jako kisela. Kada pH otopine poraste iznad 3, počinje taloženje feri-hidroksida. Pri pH 6–8 – što odgovara podzemnim vodama porječja Drave – količina feri željeza u otopini teoretski je ograničena topivošću $\text{Fe}/\text{OH}/_3$ i iznosi $4 \cdot 10^{-10}$ do $5 \cdot 10^{-6}$ mg/l. U prirodi, međutim, mogu nastupiti prilična odstupanja od teoretske topivosti – utjecajem netopivih sastojaka i stvaranjem kompleksnih iona. Naime, feri željezo teži stvaranju anorganskih i organskih kompleksa s drugim ionima u otopini. Važnost anorganskih kompleksa još nije potpuno utvrđena, ali je zato utvrđena velika važnost kompleksa s organskim supstancama. Mnoge vode u kojima ima organskih otopina – pa su njima i obojene – imaju i velike količine željeza. Treba, međutim, naglasiti, da je ovo željezo vezano s organskim molekulama i ionima i da ga je vrlo teško odrediti običnim analitičkim metodama.

Fero-ioni stabilni su u otopini u širim granicama. Precipitacija fero-hidroksida započinje kod pH 5,1. Porastom pH precipitacija se vrlo postupno povećava tako da je i kod pH 7,0 još uvijek nepotpuna. Ako se topivost fero željeza razmatra na primjeru topivosti $\text{Fe}(\text{OH})_2$, onda kod pH 8 teorijska topivost iznosi 100 mg/l, a kod pH 7 maksimalno 10 000 mg/l. U prisutnosti CO_2 , topivost fero željeza jako je reducirana. Razmatra se prema topivosti ferokarbonata, te kod pH 7–8, uz prisutnost 25 mg/l hidrokarbonata, iznosi 1 do 10 mg/l. Kod pH 6–7, topivost fero željeza može biti veća od 100 mg/l, pa čak i ako je količina prisutnog hidrokarbonata veća od 100 mg/l (H e m, 1959).

Ovakve razlike u topivosti fero i feri željeza pokazuju da sadržaj željeza otopljenog u podzemnim vodama ovisi o količini i obliku u kojima se ono pojavljuje u stijenama.

U sedimentnim stijenama željezo može biti u dvovalentnom i u trovalentnom obliku. U kojem će se obliku pojaviti zavisi o uvjetima koji su vladali u sedimentacionoj sredini, kao i naknadnim dijagenetskim procesima. Sedimentacija se javlja u morskim, brakičnim i slatkovodnim sredinama.

U morskim sedimentima prevladava trovalentno željezo. Naime, kad otopina u kojoj ima željeza dođe u dodir s morskom vodom, koja je bazičnog karaktera, a u površinskom dijelu i zasićena s kisikom, precipitira se skoro sva količina željeza u formi ferihidroksida. Prema tome, značajnije količine željeza, i to u teško topivom, trovalentnom obliku, nalaze se samo u morskim obalnim sedimentima, dok je u sedimentima dubljeg mora količina željeza beznačajna (prema C l a r k-u, prosječan vaporenec sadrži samo 0,54% Fe_2O_3).

U slatkovodnim bazenima, koji su kiselog do neutralnog karaktera (jezera, močvare i tresetišta), željezo se javlja i u dvovalentnom i u trovalentnom obliku. U kojem će se obliku ono istaložiti, ovisi o redukcijskim uvjetima sedimentacijske sredine, a kakvi su ti uvjeti bili, vidi se po količini organskog ugljika u sedimentima. Ukoliko u sredini taloženja nema organskog ugljika, istaložit će se minerali s trovalentnim željezom. Porastom organskog ugljika opada stvaranje ovih minerala, da bi prestalo kad organski ugljik dosegne 0,3% naslaga (S t r a k h o v, 1969). Padom količine taloženja minerala trovalentnog željeza raste taloženje minerala dvovalentnog željeza.

U magmatskim stijenama, koje nastaju u dijelovima litosfere, gdje nema dovoljno kisika za stvaranje minerala trovalentnog željeza, stvaraju se minerali dvovalentnog željeza. Sadržaj željeza u ovim stijenama varira od nula do nekoliko desetaka posto (prema G o l d s c h m i d t-u, prosječna magmatska stijena sadrži 7,15% Fe_2O_3). Količina željeza u metamorfnim stijenama ovisi o količini željeza u primarnoj stijeni.

Količinu i oblik pojave željeza u stijenama uvjetuje geneza stijena, pa je taj činitelj vrlo važan elemenat u razmatranju pojava željeza u podzemnim vodama. Drugi, ne manje važan elemenat – a to se pokazalo analizom podataka u ovom radu – su hidrogeološki odnosi. Kako su, opet, ta dva elementa osnova na kojoj je temeljena hidrogeološka rajonizacija sjeverne Hrvatske (Miletić, 1969), to je i daljnja obrada sadržaja željeza u podzemnim vodama prikazana prema tako izdvojenim hidrogeološkim jedinicama.

Kemijskim analizama uzoraka vode iz hidrogeološke jedinice stijena starijih od tercijara ustanovljena je malena količina željeza. Koncentracija se kreće od 0,00 do 0,10 mg/l. U toj jedinici najmanja je količina željeza u podzemnim vodama trijaskih, karbonatnih stijena (20,0% analiziranih uzoraka vode iz tih naslaga ima više od 0,05 mg/l, a maksimalna koncentracija jest 0,08 mg/l). Nešto veća količina željeza zabilježena je u podzemnim vodama magmatskih i metamorfnih stijena (25% analiziranih uzoraka ima više od 0,05 mg/l, a maksimalna koncentracija jest 0,10 mg/l). Čak 95,17% svih analiziranih uzoraka vode pokazalo je količinu željeza manju od 0,066 mg/l. Iz podataka se vidi da je koncentracija željeza u podzemnim vodama te hidrogeološke jedinice neznatna, a 50% analiza pokazalo je koncentraciju manju od granične koncentracije za određivanje pomoću primijenjene terenske kolorimetrijske metode (0,05 mg/l).

S obzirom na pojave željeza u stijenama te hidrogeološke jedinice, u podzemnim vodama iz magmatskih i metamorfnih stijena mogle bi se očekivati veće količine željeza. Naime, ove stijene imaju značajne količine željeznih minerala, a lako topivo dvovalentno željezo prevladava nad trovalentnim. Međutim, hidrogeološki odnosi u tim naslagama uvjetuju izmjenu sadržaja željeza. Vodonosni horizont stvara se u zoni rastrožbe stijena, pa je moguća oksidacija fero u feri željezo, koje se, kod pH 6–8, u obliku feri-hidroksida istaloži iz otopine. Što se tiče podzemnih voda iz marinskih sedimentnih stijena, analize su pokazale niske koncentracije željeza, a to je u skladu s uvjetima nastanka ovih stijena.

Koncentracija željeza u izvorskim vodama hidrogeološke jedinice brežuljkastog i brdovitog područja pokrivenog tercijarom i kvartarom kreće se između 0,00 i 1,00 mg/l, a medijan iznosi 0,05 mg/l. Koncentracija viša od 0,3 mg/l (koja ne odgovara higijensko-tehničkim propisima za pitku vodu) javlja se samo u 8,5% analiza. Najveći broj uzoraka (87,4%) ima koncentraciju nižu od 0,066 mg/l.

U ovoj jedinici zastupljene su morske, brakične i slatkovodne taložine. U slatkovodnim naslagama posebno je potrebno istaknuti pojavu tresetišta u gornjem oligocenu, oligomiocenu i pliocenu, kada se talože naslage s velikim sadržajem organskog ugljika, što omogućuje, skoro isključivo, taloženje minerala dvovalentnog željeza.

Unatoč tome, kao što se vidi iz prikaza rezultata kemijskih analiza, koncentracija željeza u izvorskim vodama nije velika. To se može protumačiti naknadnim promjenama količine željeza u naslagama, nastalih dinamikom podzemnih voda. Naime, u površinskom dijelu naslaga stvaraju se podzemne vode sa slobodnom površinom. Stalno protjecanje podzemnih voda – koje je uvjetovano strukturom naslaga i morfologijom terena – te neujednačeno prihranjivanje vodonosnih horizonata, uzrokuju kolebanje razine podzemnih voda. Posljedak toga je oksidacija dvovalentnog željeza u trovalentno, odnosno, malena količina željeza u podzemnim vodama u zoni oscilacije razine iz koje se izvori prihranjuju.

U dijelu podzemnih voda, koje se – zahvaljujući strukturnom položaju naslaga – nalaze u dubljim dijelovima vodonosnog horizonta, zbog teže izmjene podzemne vode, a time i oksidacije dvovalentnog željeza, treba očekivati povećanu količinu željeza. To su potvrdili i podaci iz dublje bušenih bunara (na primjer voda iz bunara u dolini Bednje, kraj Varaždinskih toplica, dubine od 68,0 m, sadrži 1,7–1,9 mg/l željeza). Osim toga, na jednom od 4 izvora, u kojemu je nađena koncentracija veća od 0,3 mg/l, izmjerena je relativno visoka temperatura (temperatura zraka 8°C, a vode 15°C), pa i to potvrđuje pretpostavku da se radi o podzemnim vodama iz dubljih dijelova vodonosnog horizonta.

Kemijskim analizama voda iz hidrogeološke jedinice ravničarskog područja ustanovljeno je da se raspon koncentracije željeza u podzemnim vodama kreće u vrlo širokim granicama: od 0,00 do 10,80 mg/l.

Velika razlika u koncentraciji na vrlo malim udaljenostima ne dopušta prostornu diobu vodonosne sredine prema medijanskom ili maksimalnom sadržaju željeza u podzemnim vodama, ali se opaža zakonitost u učestalosti nekih raspona koncentracija. Ustanovljeno je da učestalost koncentracija manjih od 0,30 mg/l opada od zapada prema istoku (u »zapadnom dijelu« 50% analiziranih uzoraka, u »središnjem dijelu« 37,1%, a u »istočnom dijelu« područja 37,9% analiziranih uzoraka ima željeza manje od 0,30 mg/l), a učestalost koncentracije od 0,31 do 0,66 mg/l raste od zapada prema istoku (u »zapadnom dijelu« 17,3% analiziranih uzoraka, u »središnjem dijelu« 25,7%, a u »istočnom dijelu« područja 37,0% analiziranih uzoraka ima koncentraciju željeza od 0,31 do 0,66 mg/l). Uz ove osnovne karakteristike, javlja se i niz specifičnosti, koje su vezane za pojedina područja. Medijanske vrijednosti koncentracija željeza iznose – za »zapadni« dio područja 0,28 mg/l, za »središnji« 0,52 mg/l, a za »istočni« dio područja 0,33 mg/l.

Hidrogeološkoj jedinici ravničarskog područja pripadaju na površini genetski vrlo različite naslage (riječne terase, holocenski riječni nanos, morvarne taložine i praporni nanos). Iako su ove naslage u površinskom dijelu poznate, a pojedini litogenetski članovi određeni, njihov prostorni položaj dosadašnjim istraživanjima nije sasvim riješen. Prema tome, obrada podataka nije razlučena po genetskim i vremenskim članovima. Tijekom talo-

ženja stijena te hidrogeološke jedinice prevladavale su neutralne do kisele sredine, u kojima se mjestimično javljala velika količina organskog ugljika, što je omogućilo pretežno taloženje minerala dvovalentnog željeza.

Dakle, u podzemnim vodama ove hidrogeološke jedinice mogla bi se očekivati velika količina željeza. Analize su, međutim, pokazale da su koncentracije željeza različite.

Hidrogeološki uvjeti, koji su se pokazali kao odlučujući u izmjeni sadržaja željeza u vodonosnoj sredini, tu su drugačiji nego u prethodnim jedinicama. Produktivni vodonosni horizonti s vodom slobodne površine javljaju se samo u zapadnom dijelu područja, dok je u središnjem i istočnom dijelu podzemna voda pod tlakom. U zapadnom dijelu postoji i relativno brza cirkulacija podzemnih voda, pa su stoga uvjeti za oksidaciju i ispiranje dvovalentnog željeza povoljni, a sadržaj otopljenog željeza u vodi malen (krupnoklastične aluvijalne naplavine Drave). Tamo gdje tim uvjetima nije udovoljeno, količina se otopljenog željeza u vodi povećava. U središnjem i istočnom dijelu, cirkulacija je podzemnih voda otežana, a amplitude oscilacija razine podzemne vode produktivnih horizonata obično nisu veće od 3,0 m. Zbog toga oksidacije fero-željeza ima samo u plitkom površinskom dijelu vodonosnih stijena. Međutim, kako su svi veći opskrbeni bunari na središnjem i istočnom dijelu područja zacijevljeni do dubine što je znatno ispod razine kolebanja podzemnih voda – pretežno u slojevima s vodom pod pritiskom – to je količina željeza u vodama tih bunara povećana. Opaženo je, dakle, da sadržaj željeza u podzemnoj vodi ovisi i o veličini njezinog protoka. Gdje je protok veći, manja je koncentracija željeza, a u vodi ograničenog protoka, koncentracija je željeza povećana.

ZAKLJUČAK

Pojave i koncentracije željeza podzemnih voda porječja Drave analizirane su po hidrogeološkim jedinicama, što su određene i objavljene u prijašnjim radovima (Miletić, 1969).

U podzemnim vodama hidrogeološke jedinice stijena starijih od tercijara (hidrogeološka jedinica »temeljnog gorja«) koncentracija željeza kreće se u vrijednostima između 0,00 i 0,10 mg/l, medijan iznosi 0,05 mg/l.

Koncentracija željeza u podzemnim vodama hidrogeološke jedinice brežuljkastog i brdovitog područja kreće se u vrijednostima između 0,00 i 1,00 mg/l, medijan iznosi 0,05 mg/l.

Veća količina željeza ustanovljena je u podzemnim vodama hidrogeološke jedinice ravničarskog područja, a kreće se u vrijednostima između 0,00 i 10,80 mg/l. Medijan za »zapadni« dio područja iznosi 0,28 mg/l, za »središnji« 0,52 mg/l, a za »istočni« dio područja 0,33 mg/l (vidi tablu).

U hidrogeološkoj jedinici ravničarskog područja ustanovljena je i zakonitost u učestalosti pojedinih raspona koncentracije. Tako je utvrđeno da – od zapada prema istoku – opada učestalost koncentracija manjih od 0,3

mg/1, a raste učestalost koncentracija od 0,31 do 0,66 mg/1. Također je ustanovljena – u »zapadnom« i »središnjem« dijelu – veća koncentracija željeza u podzemnim vodama starijih terasnih taložina nego u vodama iz aluvijalnih šljunčanih nanosa i taložina mlađe terase.

Poznato je da koncentracija željeza u podzemnim vodama ovisi o obliku i količini željeza u stijenama – uvjetovanih genezom – te o pH vode, kojim je određena topivost željeza u vodi. Kako je u porječju Drave pH vode ujednačen i iznosi 6 do 8, ustanovljena koncentracija željeza u podzemnim vodama u biti bi morala biti određena genezom stijena. Tako bi trebalo očekivati povećanu koncentraciju željeza u podzemnim vodama magmat-
skih i metamorfnih stijena, te iz slatkovodnih taložina što su postale u redukcijskim uvjetima.

Međutim, utvrđena su znatna odstupanja u pretpostavljenoj koncentraciji željeza u podzemnim vodama iz ovih naslaga u hidrogeološkoj jedinici brežuljkastog i brdovitog područja i hidrogeološkoj jedinici stijena starijih od tercijara, a u podzemnim vodama iz hidrogeološke jedinice ravničarskog područja ustanovljene su velike i skokovite promjene u koncentraciji željeza.

Analizom podataka i općih hidrogeoloških uvjeta utvrđeno je, da je – osim gornja dva uvjeta – kod proučavanja koncentracije željeza u podzemnoj vodi, i prognoze takve koncentracije, potrebno računati i sa hidrodinamičkim karakteristikama vodonosnih horizonata. Opaženo je, naime, da se niske koncentracije željeza odnose na podzemnu vodu iz zone oscilacije nivoa, odnosno na vode iz horizonata s većim protokom, a tamo gdje je protok vode manji – inače istim uvjetima – koncentracija je željeza veća. Tako se podaci iz hidrogeološke jedinice stijena starijih od tercijara odnose na prvi plitki vodonosni horizont, što se stvara u zoni rastrožbe stijena, pa je moguća oksidacija dvovalentnog željeza u trovalentno, koje se – kod pH 6–8 – kao feri-hidroksid istaloži iz otopine.

Podaci iz hidrogeološke jedinice brežuljkastog i brdovitog područja odnose se pretežno na izvore, koji se također prihranjuju podzemnim vodama iz zone oscilacije nivoa. Iz dubljih dijelova vodonosnih horizonata, gdje su protoci vode manji, dobivena je povećana količina željeza.

Podaci iz hidrogeološke jedinice ravničarskog područja potvrđuju također taj zaključak, jer su ondje gdje postoje uvjeti za veće protoke, dobivene manje koncentracije željeza.

Iz toga proizlazi da u budućim istraživanjima koncentracije željeza u podzemnoj vodi treba računati sa sva tri faktora. Samo je tako moguće predvidjeti koncentraciju željeza u podzemnoj vodi i ustanoviti njezine promjene u promijenjenim hidrodinamičkim uvjetima (kod eksploatacije podzemne vode, odnosno u drugim hidrotehničkim zahvatima na nekom terenu).

Primljeno 20. 12. 1971.

Zavod za opću i primijenjenu geologiju
Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6

LITERATURA

- Hem, D. J. (1959): Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Geological Survey Water-Supply Paper, No 1473.
- Miletić, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike sjeverne Hrvatske. Geol. vjesn., 22, 511-523, Zagreb.
- Strakhov, N. M. (1969): Principles of Lithogenesis, vol. II. Consultants Bureau and Oliver & Boyd.

P. MILETIĆ, K. URUMOVIĆ, G. TURIĆ and D. MAYER

ABOUT Fe- CONCENTRATION IN DRAVA RIVER
BASIN GROUNDWATER

The occurrence of iron concentrations in groundwaters of the Drava river basin has been analysed within the frame works of the hydrogeologic units determined and published in former papers (Miletić, 1969).

In groundwaters of the hydrogeologic unit of the rocks older than the Tertiary (the »bedrock« hydrogeologic unit), the concentration of iron varies between the values of 0,00 to 0,10 mg/l and the median value is 0,05 mg/l.

The concentration of iron in groundwaters of the hydrogeologic hilly and mountainous unit varies between the values from 0,00 to 1,00 mg/l; the median value being 0,05 mg/l.

An increased concentration of iron has been established in groundwaters of the hydrogeologic plain area unit. It varies from 0.00 to 10.80 mg/l. The median value for the »western« part is 0.28 mg/l; for the »central« part 0.52 mg/l, and for the »eastern« part 0.33 mg/l. (See the plate).

In the hydrogeologic plain area unit a regularity has been found in the frequency of the occurrence of particular intervals of concentrations.

It has been established in this way that going from the West toward the East – the frequency of concentrations lower than 0.3 mg/l decreases, and the frequency of concentrations in the interval from 0.31 to 0.66 mg/l, increases. Inside of the »western« and the »central« parts, a higher concentration of iron in the groundwater of older terrace sediments than in the waters from alluvial gravel deposits and younger terrace sediments has also been established.

It is generally known that the concentration of iron in groundwater depends on the form and quantity of iron in rocks – conditioned by the genesis, and on the pH factor of water – which defines the solubility of iron in water. In the Drava drainage area, the pH factor of water is generally uniform (varies between 6 and 8), and therefore the determined concentration of iron in groundwater should be basically conditioned by the genesis of rocks.

In this way we should expect increased concentration of iron in groundwaters from igneous and metamorphic rocks as well as from fresh water sediments formed in conditions of a reductive environment.

However, serious deviations have been established in the supposed concentration of iron in the groundwater from these sediments in the hydrologic hilly and mountainous area unit, and the hydrogeologic unit of the rocks older than the Tertiary. Moreover, great and skipping changes have been found in iron concentrations in groundwaters of the hydrogeologic plain area unit.

On the basis of the analysis of the data and of the general hydrogeologic conditions, it has been established that – apart from the two conditions mentioned above – the

hydrodynamic characteristics of the waterbearing horizons should be also taken into consideration when the iron concentrations in groundwater are to be studied or foreseen.

Namely, it has been established that low iron concentrations occur in the groundwater from the zones with an oscillating mirror, and in waters from the horizons of high groundwater flow. If other conditions are the same, the concentration of iron is higher where the flow velocity is lower. The data for the hydrogeologic unit of the rocks older than the Tertiary are derived from the first, shallow waterbearing horizon, which is formed in the zone of the weathering rock; in this zone there exists a possibility of the oxidation from bivalent into trivalent iron, which from solution, at the 6-8 pH, settles down on the bottom in the form of ferro-hydroxyde.

The data from the hydrogeologic unit of the hilly and mountainous area based mostly on shallow dug wells which are also fed by groundwater from the oscillating water mirror zone.

From the deeper parts of waterbearing horizons, where lower flow velocities exist, an increased content of iron has been found.

The data from the hydrogeologic unit of the area of plains also confirm such conclusions because, where the conditions for higher flow velocities exist, lower iron concentrations have been obtained.

The conclusion results that in any future exploration, concerned with the determination of iron concentration in groundwater, all the three above-mentioned factors should be taken into consideration, because only in this case the iron concentration in groundwater can be foreseen, as well as its future change in altered hydrodynamic conditions (by exploiting groundwater or by other hydrotechnical works in an area).

Recived 20th December 1971.

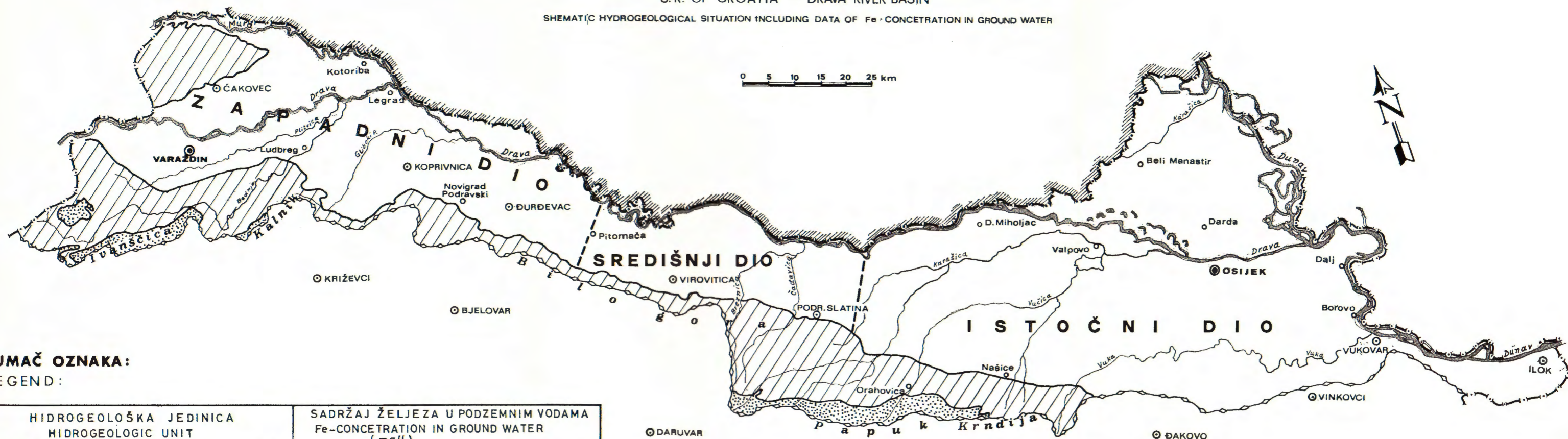
*Institute of general and applied geology, Faculty of
Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Zagreb, Pierottijeva 6*

S.R. HRVATSKA - PORJEČJE DRAVE

SHEMATIZIRANI HIDROGEOLOŠKI PRIKAZ S PODACIMA SADRŽAJA ŽELJEZA U PODZEMNIM VODAMA

S.R. OF CROATIA - DRAVA RIVER BASIN

SHEMATIC HYDROGEOLOGICAL SITUATION INCLUDING DATA OF Fe-CONCENTRATION IN GROUND WATER



TUMAČ OZNAKA:
LEGEND:

HIDROGEOLOŠKA JEDINICA HYDROGEOLOGIC UNIT		SADRŽAJ ŽELJEZA U PODZEMNIM VODAMA Fe-CONCENTRATION IN GROUND WATER (mg/l)	
	I. STIJENE STARIJE OD TERCIJARA Rocks older than Tertiary	min. 0,00 max. 0,10 M (median) 0,05	
	II. BREŽULJKASTO I BRDOVITO PODRUČJE POKRIVENO TERCIJAROM I KVARTAROM Mountainous and hilly areas covered by Tertiary and Quaternary sediments	min. 0,00 max. 1,00 M (median) 0,05	
	III. RAVNIČARSKO PODRUČJE Plain area		
	ZAPADNI DIO West part	min. 0,00 max. 10,80 M (median) 0,28	
	SREDIŠNJI DIO Middle part	min. 0,00 max. 5,00 M (median) 0,52	
	ISTOČNI DIO East part	min. 0,00 max. 10,00 M (median) 0,33	

- RAZVODNICA
Watershed
- GRANICA IZMEĐU HIDROGEOLOŠKIH JEDINICA
Boundary between the hydrogeologic units
- VEĆE RIJEKE
Large rivers
- MANJI VODOTOCI
Small water flows
- GRADOVI I NASELJA
Towns and settlements
- Papuk* IMENA PLANINA
Mountain names
- DRŽAVNA GRANICA
State boundary
- REPUBLIČKA GRANICA
Boundary of republic