

PAVAO MILETIĆ, GORDANA TURIĆ,
KOSTA URUMOVIĆ i VESNA BLAŠKOVIĆ

ŽELJEZO U PODZEMNIM VODAMA PORJEČJA SAVE U SJEVERNOJ HRVATSKOJ

S jednim prilogom

Prikazana je koncentracija željeza u podzemnim vodama u ovisnosti o hidrogeološkom režimu i geološkoj sredini u kojoj se voda nalazi.

UVOD

Regionalna hidrogeološka istraživanja, što su posljednjih godina provedena na području sjeverne Hrvatske, usmjerena su na organizaciju hidrogeološkog katastra i na određivanje rezervi podzemnih voda. O toku istraživanja te o njihovim znanstvenim i praktičnim rezultatima stručna javnost redovito je obavještavana u stručnim i znanstvenim časopisima. Kako se dolazi do pojedinih rezultata, tako se oni sukcesivno i objavljuju, a svi rezultati čine jednu cjelinu. U ovom radu stoga nema potrebe da prikazujemo geološke i teoretske okvire novih rezultata. Za oboje postoji dosta publicirane dokumentacije. Ovdje ćemo se samo pozvati na radove Miletić, 1969. i Miletić, & dr., 1972. – jer oni s ovim radom čine jednu cjelinu.

Za obradu korišteni su podaci analiza željeza iz Hidrogeološkog katastra Sjeverne Hrvatske i analize koje su kolorimetrijskom metodom izvršene direktno na terenu. Najveći broj analiza dobiven je od sanitarnih ustanova i gradskih vodovoda, a jedan dio i iz terenskih radova Instituta za geološka istraživanja.

Smatramo svojom dužnošću da se na ovom mjestu zahvalimo inž. Z. Selancu i Mr. Z. Blažević iz Direkcije za Savu, te inž. M. Roudnicom iz Vodovoda grada Zagreba na korisnim savjetima u toku izrade ovog rada.

Moramo također istaknuti da su potrebna sredstva bila osigurana iz pomoći Fonda voda SRH, Savjeta za naučni rad SRH, Direkcije za Savu i Vodovoda grada Zagreba.

OBRADA PODATAKA

U analizi podataka o pojavama željeza u podzemnim vodama porječja Save u Sjevernoj Hrvatskoj pošlo se od rezultata istraživanja koji su dobiveni na jednakom radu za porječje Drave.

Stoga su podaci obrađeni po hidrogeološkim jedinicama, i unutar njih, grupirani prema značajkama vodonosnih horizonata. Upotrebljena su ukupno 473 podatka, od kojih se 138 odnosi na izvorske vode hidrogeološke jedinice stijena starijih od tercijara, 215 pripada podzemnim vodama hidrogeološke jedinice brežuljkastog i brdovitog područja (169 podataka odnosi se na izvorske vode, 27 na podzemne vode iz aluvijalnih nanosa većih pritoka Save, a 19 na podzemne vode iz tercijarnih taložina), dok preostalih 120 analiza pripada podzemnim vodama iz hidrogeološke jedinice ravničarskog područja (53 podatka odnose se na podzemne vode iz aluvijalnog nanosa Save uzvodno od Rugvice, 29 na podzemne vode u mlađoj riječnoj terasi, 23 na podzemne vode iz subarteških i arteških horizonata nizvodno od Rugvice, a 15 podataka odnosi se na subarteške horizonte Đakovačko-vinkovačkog platoa).

Treba napomenuti da je tijekom ovog rada pregledano više od 2000 analiza, ali su pri interpretaciji odbačeni svi oni podaci za koje mislirno da nisu mjerodavni za stvarnu koncentraciju željeza u podzemnoj vodi odnosh lokaliteta. Tako su u statističkoj obradi odbačeni podaci dobiveni kemijskim analizama onih uzoraka vode koji nisu uzeti direktno iz bunara ili izvora, kako bi se izbjeglo pogrešno zaključivanje zbog utjecaja vanjskih faktora na koncentraciju željeza u vodi.

U daljnjem tekstu iznijeta je statistička obrada podataka, te zaključci koji iz nje proizlaze.

Kemijske analize uzoraka izvorskih voda iz hidrogeološke jedinice stijena starijih od tercijara pokazale su praktički odsutnost željeza u tim vodama. Ni u jednom od izvora nije ustanovljeno više od 0,05 mg/l željeza, a čak u 83,33% uzoraka vode željezo nije ustanovljeno niti u tragovima. Ovako neznatne koncentracije željeza u ovim uvjetima potvrđuju pretpostavku da hidrogeološki odnosi imaju bitan utjecaj na koncentraciju željeza u podzemnoj vodi. Podaci se, naime, odnose na plitki vodonosni horizont koji se stvara u zoni rastrožbe stijena, gdje je moguća oksidacija dvovalentnog željeza u trovalentno. Kod pH 6 do 8, ovo se kao feri-hidroksid istaloži iz otopine.

U hidrogeološkoj jedinici brežuljkastog i brdovitog područja posebno su izdvojene analize kojih se rezultati odnose na izvorske vode, zatim one analize koje se odnose na bunare iz aluviona većih pritoka Save, i konačno one koje se odnose na dublje vodonosne horizonte pliocenske starosti.

U vodama izvora ustanovljeno je da koncentracija otopljenog željeza iznosi manje od 0,05 mg/l – s time da u 86,39% analiza kolorimetrijskom metodom nisu ustanovljeni tragovi željeza. U vodama aluviona većih pri-

toka Save ustanovljena je koncentracija otopljenog željeza od 0,0 do 20,0 mg/l s medijanom od 0,35 mg/l. U dubljim pliocenskim horizontima ustanovljena je koncentracija od 0,0 do 2,5 mg/l, a medijanska vrijednost je 0,7 mg/l otopljenog željeza.

U ovoj hidrogeološkoj jedinici zastupljene su marinske, brakične i sladkovodne taložine. u slatkovodnim naslagama potrebno je istaknuti pojave tresetišta u gornjem oligocenu, oligomiocenu i pliocenu, kada se talože naslage sa znatnim količinama organskog ugljika, što omogućuje, skoro isključivo, taloženje minerala dvovalentnog željeza.

Vodonosne horizonte ove jedinice čine pijesci i šljunci, te rjeđe ispucali pješčenjaci i konglomerati, koji se vertikalno izmjenjuju s nepropusnim glinama i laporima. Dubina do vode prvog vodonosnog horizonta skokovito se mijenja – ovisno o morfološkoj i geološkoj građi – od 0,0 do 30,0 m. Prema podacima o koeficijentima filtracije, prevladavaju slabo propusne i nepropusne stijene. Iznimku čine aluvijalne taložine većih vodotoka, u kojima je ustanovljena veća propusnost.

Općenito, dakle, gledajući na geološke i hidrogeološke značajke, u ovoj hidrogeološkoj jedinici formirani su suvisli dublji vodonosni horizonti sa slabom mogućnošću izmjene podzemnih voda. U takvim uvjetima mogu se očekivati povećane koncentracije željeza. Kako se vidi iz gornjih podataka, takve su koncentracije i ustanovljene.

U interpretaciji, naime, za usporedbu vrijednosti koncentracije željeza u vodi uzimamo medijanske vrijednosti dobivenih podataka. Tako su isključeni utjecaji ekstremnih vrijednosti, koji ponegdje mogu biti posljedica nefiltriranih uzoraka vode. Vidimo da su – osim za izvorske vode – medijanske vrijednosti koncentracije željeza veće od 0,03 mg/l. Neznatne količine željeza u izvorskim vodama mogu se objasniti (slično kao i u hidrogeološkoj jedinici stijena starijih od tercijara) time što se izvori prihranjuju podzemnim vodama pretežno iz zone oscilacije razine, gdje je omogućena oksidacija dvovalentnog željeza u trovalentno, pa prema tome i precipitacija feri-hidroksida.

U dubljim subarteškim horizontima istih naslaga ustanovljena je relativno visoka koncentracija željeza – medijan iznosi 0,7 mg/l.

U aluvijalnim nanosima većih pritoka Save, gdje su ustanovljeni veći koeficijenti filtracije, pa postoji i povećani protok podzemne vode, koncentracija željeza u prosjeku je manja – medijan iznosi 0,35 mg/l.

U hidrogeološkoj jedinici ravničarskog područja izdvojeni su podaci dobiveni kemijskim analizama uzoraka vode iz bunara u aluviju Save od Bregane do Rugvice, zatim iz bunara koji zahvaćaju podzemne vode mlađe rječne terase, i iz bunara subarteških horizonata nizvodno od Rugvice. Posebno su izdvojeni bunari subarteških horizonata Đakovačko-vinkovačkog platoa. Ovakvo grupiranje podataka učinjeno je u skladu s hidrogeološkom rajonizacijom ovog područja. Hidrogeološka rajonizacija bila je pak osnovana na općim geološkim i hidrogeološkim značajkama terena. Tako je aluvij Save izrađen od krupnoklastičnih rječnih

sedimenata visokog koeficijenta filtracije i velikim protokama podzemne vode. Podzemna voda nalazi se u direktnoj vezi sa Savom. U terasnim sedimentima prevladavaju ilovače s ulošcima šljunaka i pijesaka (A. T a k š i ć, 1967). U ovim taložinama filtracija podzemne vode zbog toga je znatno usporena. Sličnu situaciju susrećemo i nizvodno od Rugvice, s time da su sedimenti taloženi uglavnom u močvarnoj sredini, a u litološkom pogledu predstavljaju nepravilan slijed krupnije i finije klastičnih taložina koje se izmjenjuju vertikalno i bočno. Koncentracija željeza ustanovljena u vodama svake od ovih jedinica odgovaraju ovakvoj situaciji.

U uzorcima podzemne vode koji su uzeti iz aluvijalnog horizonta na području između Bregane i Rugvice ustanovljeno je da se koncentracija željeza kreće od 0,0 do 2,5 mg/l, a medijanska vrijednost iznosi 0,0 mg/l željeza. U uzorcima podzemne vode iz mlađe rječne terase ustanovljena je veća prosječna koncentracija željeza, koja se kreće između 0,0 i 1,65 mg/l, s time da medijanska vrijednost iznosi 0,2 mg/l. Najviša koncentracija otopljenog željeza ustanovljena je u podzemnim vodama nizvodno od Rugvice. Ona se kreće između 0,0 i 10,0 mg/l, medijan iznosi 1,0 mg/l.

U uzorcima vode iz subarteških vodonosnih horizonata Đakovačko-vinkovačkog platoa ustanovljene su koncentracije otopljenog željeza od 0,0 do 4,7 mg/l s medijanskom veličinom od 0,49 mg/l. I ovi podaci odgovaraju općim geološkim i hidrogeološkim karakteristikama ustanovljenima za Đakovačko-vinkovački plato. Sav je teren naime pokriven debelim naslagama kontinentalnog prapora, koji je istaložen na tipične močvarne sedimente. Podzemna voda dolazi u krupnije klastičnim proslojcima unutar močvarnih sedimenata, a nalazi se pod tlakom i u uvjetima otežane izmjenne voda.

ZAKLJUČAK

Obrada podataka o količini željeza u podzemnim vodama pojedinih hidrogeoloških jedinica sjeverne Hrvatske započela je istraživanjima u porječju Drave.

Ustanovljeno je, da – uz uvjete taloženja stijena i pH vode – bitan utjecaj na količinu željeza u podzemnoj vodi imaju hidrodinamičke karakteristike vodonosnih horizonata. Opaženo je, naime, da se male količine željeza odnose na podzemnu vodu iz zone oscilacije razine, odnosno na horizontu s većim protokom, a tamo gdje je protok podzemne vode manji, u inače istim uvjetima, koncentracija je željeza veća.

Nastavkom istraživanja – u porječju Save – ove su načelne pretpostavke potvrđene. Tako su, slično kao i u porječju Drave, ustanovljene neznatne količine željeza u vodama izvora, koji se prihranjuju podzemnim vodama iz zone oscilacije razine, te male koncentracije željeza u podzemnim vodama krupnoklastičnih aluvijalnih taložina Save (slično kao i za iste taložine Drave). U hidrogeološkoj jedinici ravničarskog područja Save – zbog potpunijih podataka o vertikalnoj pripadnosti analiza – postignuta je pot-

punija slika o koncentraciji željeza u podzemnim vodama te hidrogeološke jedinice. Tako je ustanovljeno da se veće koncentracije željeza odnose na dublje subarteške horizonte u nizvodnom dijelu područja, a najveća na krupnoklastične taložine u neposrednoj blizini Save od ušća Une.

Opaženo je, također, da je prosječna količina željeza u podzemnim vodama hidrogeološke jedinice ravničarskog područja u porječju Save veća nego u porječju Drave. To je logična posljedica uvjeta taloženja tih naslaga. Naime, za Posavinu, posebno u nizvodnom dijelu, karakterističan je jezerski razvoj i poslije donjeg pliocena, pa je, u vezi s time, najrazvijeniji močvarni facijes, ali ima mjestimice i fluvijalnog, a i danas postoje široke močvarne i vodoplavne površine. U Podravini, međutim, kopneni razvoj javio se prije nego u Posavini (od konca donjeg pliocena).

Kako močvarne taložine nastaju u reduktivnim uvjetima, to je i veća količina željeza u podzemnim vodama ovog dijela Posavine – u odnosu na Dravu – razumljiva.

Moramo ovdje dodati i jedan općeniti zaključak koji se odnosi na cijelu Sjevernu Hrvatsku. Nigdje, naime, nije uočeno da se koncentracija željeza u vodama dubljih kvartarnih i gornjepliocenskih horizonata mijenja ovisno o geološkoj pripadnosti horizonta. Količina željeza uglavnom ovisi o hidrogeološkoj ulozi i položaju horizonata, pa prognozirane granice koncentracije željeza u istoj sedimentnoj sredini – ovisno o geološkom slijedu slojeva – za sada nema stvarne osnove.

LITERATURA

- Takšić, A. (1967): Kvartar sjeverne Hrvatske. Fond stručne dokumentacije RGN fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Miletić, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike Sjeverne Hrvatske. Geol. vjesnik, 22, 511–524, Zagreb.
- Miletić, P., Urumović, K., Turić, G. & Mayer, D. (1972): Studija pojave željeza u podzemnim vodama porječja Drave. Geol. vjesnik, 25, 267–274, Zagreb.

P. MILETIĆ, G. TURIĆ, K. URUMOVIĆ
and V. BLAŠKOVIĆ

IRON IN THE GROUNDWATERS OF THE SAVA RIVER BASIN IN NORTH CROATIA

A data elaboration as to the quantity of iron in the groundwater of various hydrogeologic units of northern Croatia started with the investigations in the drainage area of the Drava river.

It has been established that – in addition to the condition of the sedimentation of rocks and the PH coefficient of water – the hydrogeologic characteristics of the waterbearing horizons have an essential influence on the groundwater iron quantity.

It has been observed that small iron quantities are found in the groundwaters from the zones with oscillating levels – what means in the horizons with a higher flow in places where the flow of groundwater is lower; the concentration of iron is greater in otherwise the same conditions.

The investigations have been continued in the area of the Sava River and the above mentioned fundamental hypotheses have been confirmed. So, similarly to the area of the Drava River, negligible iron concentrations have been found in springs replenished with the groundwater coming from the zone of an oscillating level and low concentrations have been found in the groundwater from the clastic, big-size-grained alluvial sediment of the Sava River (similarly to the Drava River sediments). Because of the more numerous data on the vertical analytic correspondence in the hydrogeologic unit of the Sava River Valley drainage area, a more rounded-up idea has been obtained as to the groundwater iron concentration. It has been established that higher concentrations of iron are found in deeper subartesian horizons in the downstream part of the area.

It has also been observed that the average amount of groundwater iron from the hydrogeologic unit of plains is greater in the Sava River drainage area than in the Drava River area. This is a logical consequence of the conditions of sedimentation for the corresponding layers.

The limnic facies is characteristic of the Sava River drainage area, especially of its downstream part, even after the Lower Pliocene, and consequently, marsh sediments are most developed, with alluvial sediments existing only in some places. Even at present there are large regions of swamps and inundation areas.

Since marsh sediments originate in reductive conditions, the higher amount of groundwater iron in this part of the Sava area in relation to the Drava area is quite understandable. Such conclusions imply that future investigations should concentrate on the sedimentation conditions of individual layers as well as on groundwater dynamics, because only in this way it will be possible to estimate groundwater iron concentration and variation in modified hydrodynamic conditions.

Consequently, these investigations confirm the conclusions proposed in the previous paper »Contribution to the knowledge about the concentration of iron in the groundwater of the Drava River drainage area« (Miletić & oth., 1972).

In addition, from the effectuated studies on the distribution of groundwater iron in Northern Croatia, a general conclusion follows that there is no established correlation between iron concentration and the stratigraphic position of the corresponding layers. The amount of groundwater iron depends more upon the hydrogeological condition than on the stratification of layers in the geological sequence of Tertiary and Quaternary sediments. It follows that no predictions concerning the concentration of groundwater iron can be made on the basis of the data on the geological sequence of sediments.

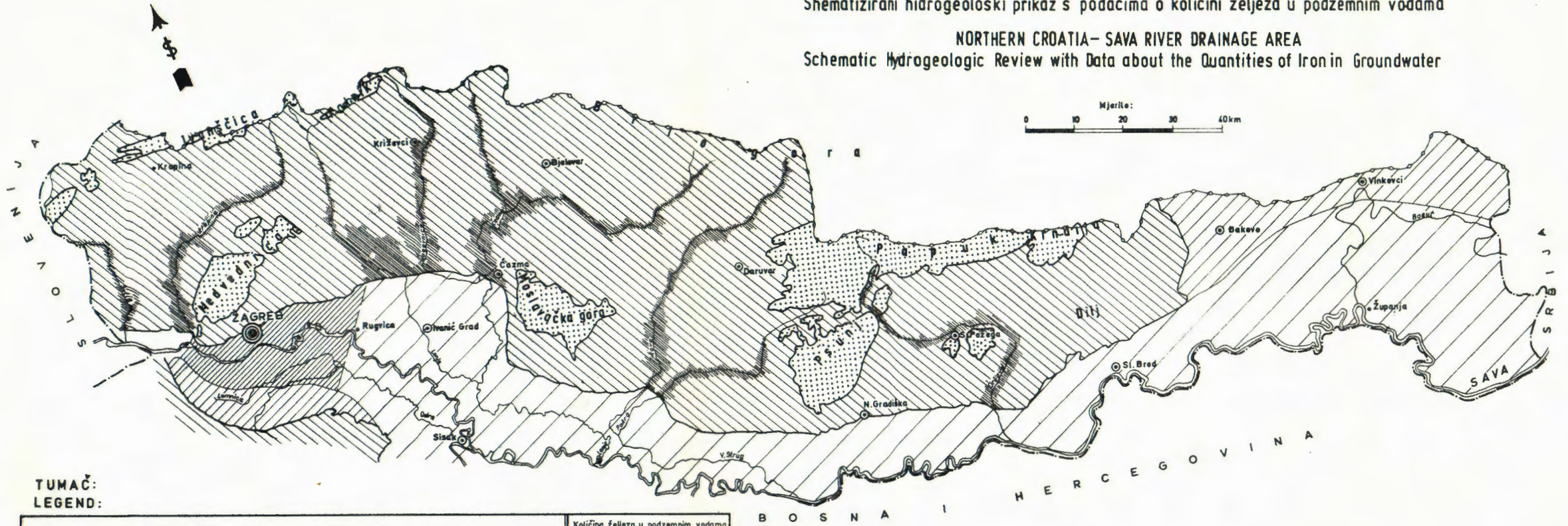
Primljeno (Received): 18. 01. 1973.

*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*

SJEVERNA HRVATSKA - PORJEČJE SAVE
 Shematizirani hidrogeološki prikaz s podacima o količini željeza u podzemnim vodama

NORTHERN CROATIA - SAVA RIVER DRAINAGE AREA
 Schematic Hydrogeologic Review with Data about the Quantities of Iron in Groundwater



TUMAČ:
 LEGEND:

		Količina željeza u podzemnim vodama Quantities of Iron in Groundwater (mg/l)
I Hidrogeološka jedinica stijena starijih od tercijara Hydrogeologic unit of rocks older than Tertiary		min. 0,00 max. 0,05 median 0,00
		min. 0,00 max. 2,57 median 0,70
II Hidrogeološka jedinica brežuljkastog i brdovitog područja pokrivenog tercijarom i kvartarom Hydrogeologic unit of hilly and mountainous area covered by Tertiary and Quaternary	Tercijarne i kvartarne talažine Tertiary and Quaternary sediments	
	Aluvij većih pritoka Save Alluvium from greater tributaries of Sava	min. 0,00 max. 20,00 median 0,35
III Hidrogeološka jedinica ravničarskog područja Hydrogeologic unit of the area of plains	Aluvij Save uzvodno od Rugvice Alluvium of Sava upstream from Rugvica	min. 0,00 max. 2,50 median 0,00
	Mlada riječna terasa Young river terrace	min. 0,00 max. 1,65 median 0,20
	Subarteški i arteški vodonosni horizonti Đakovačko-vinkovačkog platoa Subartesian and artesian aquifers of Đakovo-Vinkovci plateau	min. 0,00 max. 4,70 median 0,49
	Subarteški i arteški vodonosni horizonti nizvodno od Rugvice Subartesian and artesian aquifers downstream from Rugvica	min. 0,00 max. 10,00 median 1,00

Granica između hidrogeoloških jedinica
Boundary between hydrogeologic units
 Gradovi i naselja
Towns and settlements

SAVA
Veće rijeke
Large rivers
 Dilj
Imena planina
Mountain names

Manji vodotoci
Small waterflows
 Republička granica
Republican frontier