

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XIV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
17-20. maj 2012. godine



XIV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNIK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Vladica Cvetković, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Nevena Savić, dipl. inž.
Marina Jovanović, dipl. inž.

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafik Centar

Na 123. sednici Nastavno-naučnog veća Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 24.05.2011.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd
556.3(082)

SRPSKI simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem (14 ; 2012 ; Zlatibor)
Zbornik radova XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem,
Zlatibor, 17-20. maj 2012. godine /
[organizator Rudarsko-geološki fakultet ... et al.]. - Beograd : #Univerzitet,
#Rudarsko-geološki fakultet, 2012 (Beograd : Grafik centar).
- [18], 642 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Tiraž 150. - Str. [7-8]:
Uvodna reč organizatora / Dejan Milenić, Zoran Stevanović. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-236-4

a) Hidrogeologija - Zbornici
COBISS.SR-ID 190619660

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Organizacioni sekretari:

Nevena Savić, dipl. inž.

Đuro Milanković, dipl. inž.

Članovi:

1. *Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.*
2. *Prof. dr Olivera Krunic, dipl. inž.*
3. *Dr Vladimir Beličević, dipl. inž.*
4. *Dr Milovan Rakijaš, dipl. inž.*
5. **Mihajlo Mandić, dipl. inž.**
6. **Zoran Danilović, dipl. inž.**
7. **Dragan Mitrović, dipl. inž.**
8. **Nenad Toholj, dipl. inž.**
9. **Vladan Kocić, dipl. inž.**
10. **Dejan Drašković, dipl. inž.**
11. **Ivan Đokić, dipl. inž.**
12. **Zorica Vukićević, dipl. inž.**
13. **Ivana Demić, dipl. inž.**
14. **Neda Dević, dipl. inž.**
15. **Uroš Urošević, dipl. inž.**
16. **Tibor Slimak, dipl. inž.**
17. **Dušan Đurić, dipl. inž.**
18. **Mihajlo Kurela, dipl. inž.**

NAUČNI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Članovi:

1. *Prof. dr Nenad Banjac, dipl. inž.*
2. *Prof. dr Adam Dangić, dipl. inž.*
3. *Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.*
4. *Prof. dr Budimir Filipović, dipl. inž.*
5. *Prof. dr Nadežda Dimitrijević, dipl. inž.*
6. *Prof. dr Borivoje Mijatović, dipl. inž.*
7. *Prof. dr Milan Dimkić, dipl. inž.*
8. *Prof. dr Mićko Radulović, dipl. inž.*
9. *Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.*
10. *Prof. dr Slobodan Vujasinović, dipl. inž.*
11. *Prof. dr Vojislav Tomić, dipl. inž.*
12. *Prof. dr Miloško Lazić, dipl. inž.*
13. *Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.*
14. *Prof. dr Ivan Matić, dipl. inž.*
15. *Prof. dr Mihailo Milivojević, dipl. inž.*
16. *Prof. dr Milenko Pušić, dipl. inž.*
17. *Prof. dr Petar Papić, dipl. hem.*
18. *Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.*
19. *Dr Milenko Vasiljević, dipl. inž.*
20. *Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl. inž.*

REDAKCIONI ODBOR:

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Doc. dr Vesna Ristić-Vakanjac, dipl. inž.

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Doc. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

SPONZORI:

GENERALNI SPONZOR:

Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"

POKROVITELJ:

Opština Čajetina

SPONZORI:

SIEMENS d.o.o.

REHAU d.o.o.

GRAD ČAČAK

DONATORI:

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

„BeoGeoAqua“ d.o.o.

"HidroGeoEko Inženjering" d.o.o.

„Geo ing system“ d.o.o.

„Hidro-geo rad“ d.o.o.

„Geco-inženjering“ d.o.o.

Republički zavod za geološka istraživanja, Republika Srpska

„Zlatibor voda“

„Mašinoprojekt KOPRING“ a.d.

OCENA PERSPEKTIVNOSTI IZVORIŠTA "VIĆ BARE" ZA VODOSNABDEVANJE OBRENOVCA ASSESSING PROSPECT OF GROUNDWATER SOURCE "VIC BARE" FOR OBRENOVAC'S WATER SUPPLY

Bojan Hajdin¹, Dušan Polomčić¹, Zoran Stevanović¹, Dragoljub Bajić¹,
Katarina Hajdin²

¹ Rudarsko-geološki fakultet, , Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: hajdiboj@eunet.rs
dupol2@gmail.com, : zstev_2000@yahoo.co.uk, osljane@orion.rs

² JKP "Vodovod i kanalizacija", Cara Lazara 3/1, 11500 Obernovac, E-mail: izvorfvz@magnetplus.net

APSTRAKT: Razvoj grada Obrenovca i planovi budućeg priključenja novih naselja opštine na postojeći vodovodni sistem zahtevaju ispitivanje perspektivnosti postojećeg glavnog izvorišta „Vić bare“ prvenstveno u pogledu mogućnosti obezbeđenja dopunskih količina podzemnih voda. Na ovom izvorištu formiranom u meandarskom području Save danas se pomoću 30 bušenih i dva bunara sa horizontalnim drenovima zahvata prosečno 260 l/s vode. Problemi na izvorištu javljaju se zbog specifičnih prirodnih uslova sredine sa povišenim koncentracijama gvožđa i mangana u vodi, ali i sve izraženijih perioda suša sa niskim vodostajima Save koja je osnovni izvor prihranjivanja izdani. Značajne probleme u vodosnabdevanju stvaraju i veoma veliki gubici u mreži koji iznose preko 40 % ali i neracionalna potrošnja u letnjem periodu. Proteklih godina izvedena su hidrogeološka istraživanja kojima su prikupljeni podaci za izradu hidrodinamičkog modela izvorišta. Određene su rezerve podzemnih voda na izvorištu, a simulacijama rada izvorišta kvantifikovane su vrednosti količina podzemnih voda za slučaj povećanja kapaciteta bušenjem novih bušenih bunara. Istraživanja su pokazala da se nakon pola veka eksploatacije na ovom izvorištu postojećim sistemom vodozahvata ne mogu obezbediti značajnije dopunske količine vode. Preliminarne analize pokazuju da na području postojećeg izvorišta postoje veoma povoljni uslovi za primenu veštačkog prihranjivanja izdani. Buduća istraživanja trebalo bi usmeriti u iznalaženje najpogodnije varijante veštačkog prihranjivanja (manjim infiltracionim basenima ili kanalima) kao rešenja kojim bi se obezbedilo dugoročnije održivo vodosnabdevanje Obrenovca

Ključne reči: vodosnabdevanje, veštačko prihranjivanje, aluvijon Save

ABSTRACT: Urban development of the Obrenovac city (30 km west from Belgrade) and plan to connect smaller settlements to the main waterworks system have initiated hydrogeological research and creation of hydrodynamical model of the existing source „Vić bare“ located in Sava River alluvium. The source consists of 30 vertical drilled wells and the two collector wells (with horizontal drains), which tapping in average 260 l/s of groundwater. The main problems to expanding existing source are the following: higher concentration of Fe and Mn ions in alluvial aquifer waters which stimulate wells' ageing, reduced summer/autumn Sava riverflows which are the main recharge source, and nevertheless current losses in water distribution system (over 40%). Simulations made on created hydrodynamical model confirmed that no additional amount of groundwater could be pumped at that source without serious drawdown and negative environmental consequences. It is therefore evaluated an option to introduce artificial recharge of the alluvial aquifer by constructing small ponds or canals. Positive results obtained at the tested model supported that idea which finally being suggested to the local authorities and waterworks managers.

Key words: water supply, artificial recharge, Sava alluvium

UVOD

Istraživanja koja je Departman za hidrogeologiju realizovao poslednjih godina na izvoristu "Vić bare" za vodosnabdevanje Obrenovca omogućila su potpunije sagledavanje aktuelne hidrogeološke problematike i realniju procenu perspektivnosti ovog izvorista.

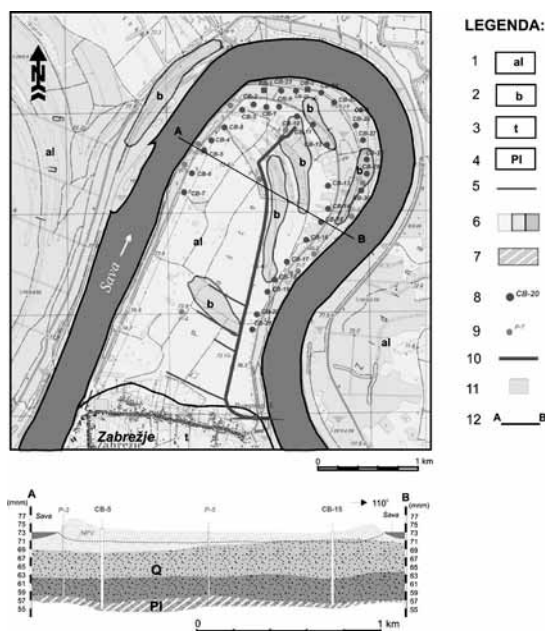
JKP "Vodovod i kanalizacija" u poslednjoj deceniji rada suočava se sa problemom smanjenja kapaciteta izvorista i obezbeđenja eksploatacije na dosadašnjem nivou. U radu su analizirani uzroci ovakvog stanja i prikazana moguća rešenja.

U skladu sa temom koja je povezana sa budućim rešenjima perspektivnog vodosnabdevanja, autori rada ukazali su i na potrebu da se u planskim dokumentima opštine detaljnije prikažu rešenja i uslovi pod kojima je sa ovog izvorista moguće zahvatiti količine vode koje su gotovo trostruko veće u odnosu na prosečno dobijene tokom 2011. godine.

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA I AKTUELNA PROBLEMATIKA

Izvoriste "Vić bare" formirano je u aluvijalnoj ravni reke Save u meandarskom području koje izgrađuju kvartarne aluvijalne naslage do dubine od oko 20 m (sl. 1). Površinski deo terena pretežno izgrađuju gline mestimično peskovite sa prelazima u glinovite peskove koje se često označavaju kao uslovno „bezvodni“ (koeficijenti filtracije 1.0×10^{-8} m/s do 7.0×10^{-7} m/s).

Izdan je formirana u dobro sortiranim naslagama od sitnozrnih do srednjozrnih peskova debljine do 15 m, u gornjem delu serije i šljunkovitim peskova i šljunkova u podini. Sedimenti se karakterišu dobrim filtracionim svojstvima, sa srednjim vrednostima koeficijenta filtracije u rasponu od $2.0-3.5 \times 10^{-4}$ m/s, pri čemu donji deo odlikuju i bolje filtracione karakteristike u rasponu od 6×10^{-4} m/s do 2×10^{-3} m/s. Ispod kvartarnih naslaga su tercijarne gline koje su praktično vodonepropusne sa vrednostima koeficijenta filtracije manjim od 1×10^{-8} m/s.

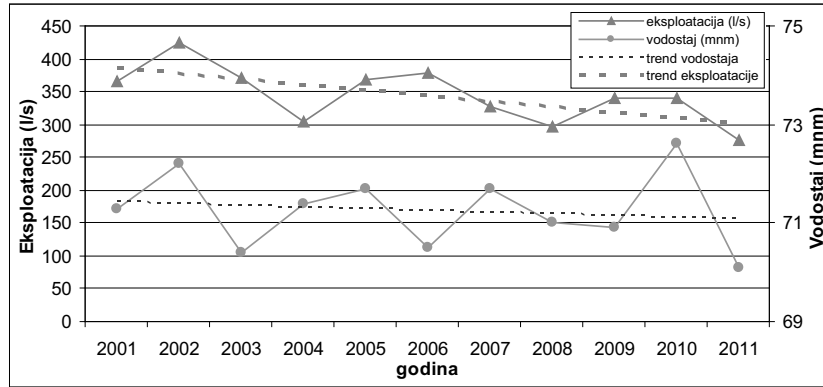


Slika 1. Hidrogeološka karta i profil A-B na izvoristu "Vić bare". Legenda: 1. glina i pesak sa glavnim vodonosnim slojem od šljunkova (Q), 2. pesak i alevrolit, 3. lesoidne gline i supeskovi, 4. gline (PI), 5. geološka granica, 6. zbijeni tip izdani, vrlo mala, male i veće izdašnosti, 7. uslovno „bezvodni“ delovi terena, 8. bunari na izvoristu, 9. istražne bušotine, 10. drenažni kanal, 11. pogon za preradu vode FV „Zabrežje“, 12. profilna linija.

Figure 1. Hydrogeological map and sections A-B of groundwater sources "Vić Bare". Legend: 1. clay and sand with the main water bearing layer in gravel (Q), 2. sand and alewife, 3. loess clay and fine sand, 4. clay (PI), 5. geological boundary, 6. intergranular porosity, 7. impermeable sediments, 8. wells, 9. piezometers, 10. drainage system, 11. water treatment WF "Zabrežje", 12. profile line

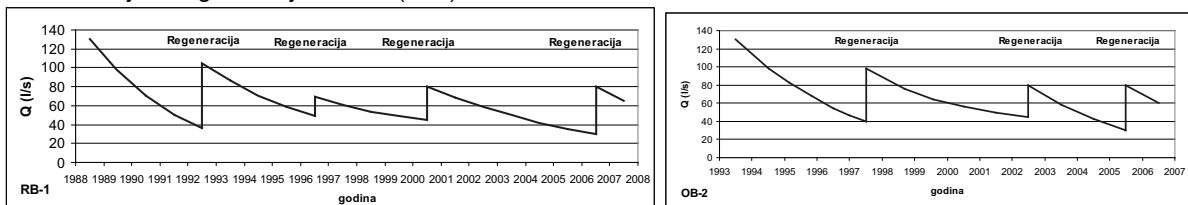
Osnovni vid prihranjivanja izdani predstavlja infiltracija rečnih voda što pospešuje i položaj izvorista u meandru Save koja sa tri strane okružuje ovo područje.

Zahvatanje podzemnih voda danas se vrši sa 30 bušenih i dva bunara sa horizontalnim drenovima - jedan tipa "Ranney" i drugi izrađen po tehnologiji "Preussag". U proteklom desetogodišnjem periodu prosečno je eksploatisano 345 l/s podzemne vode, ali je ovu količinu sve teže obezbediti. Smanjenje produktivnosti posledica je prirodnih uslova, pre svega nepovoljne hidrološke situacije u proteklom periodu (sl. 2) ali i problema ubrzanog



Slika 2. Uporedni dijagram srednjih vrednosti eksploatacije i vodostaja Save tokom jesenjih meseci (sept-dec.) u periodu 2001-2011. godine
Figure 2. Comparative diagram of mean values of groundwater extraction and Sava river water levels during the autumn months (Sept.-Dec.) in the period 2001-2011

starenja bunara usled procesa kolmatacije koji su intenzivirani povišenim koncentracijama gvožđa (i preko 5 mg/l) i mangana (i preko 0.2 mg/l) u podzemnoj vodi. Proces se manifestuje propadanjem bunarske konstrukcije i za posledicu imaju značajno smanjenje izdašnosti bunara. Problem se prevazilazi izradom novih bunara i primenom fizičko-hemijske regeneracije bunara (sl. 3).

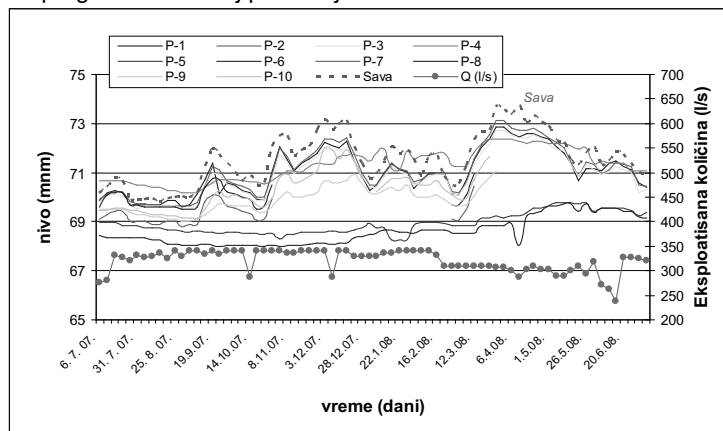


Slika 3. Dijagrami opadanja izdašnosti bunara RB-1 i OB -1 i efekti njihove regeneracije
Figure 3. Diagrams of declining well capacities RB-1 and OB-1 and effects of their regeneration

REZULTATI MODELSKIH ISPITIVANJA

Od 2007. godine Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološkog fakulteta izvodi obimnija hidrogeološka istraživanja sa ciljem da se utvrde rezerve podzemnih voda (Stevanović Z., Hajdin B., 2008) na izvorištu "Vić bare", nakon čega su 2010. godine istraživanja nastavljena kako bi se na izvorištu uspostavile zone sanitarne zaštite (Stevanović Z., Hajdin B., 2011).

Jednogodišnjim istraživanjima u periodu 2007-2008. godine izvršena su režimska osmatranja i prikupljeni podaci za izradu hidrodinamičkog modela izvorišta koji je poslužio za ocenu rezervi podzemnih voda, a simulacijama su izvršene prognoze za slučaj proširenja izvorišta.



Slika 4. Uporedni dijagram oscilacija nivoa podzemnih voda, vodostaja reke Save i eksploatisanih količina voda na izvorištu u periodu jul, 2007-jul, 2008
Figure 4. Comparative diagram of fluctuations of groundwater levels, Sava river water levels and the exploited amount of water at the groundwater source during the period July 2007-July 2008

Hidrodinamičkom analizom utvrđene su rezerve podzemnih voda od 320 l/s svrstane u B kategoriju i određeni elementi bilansa odnosno veličine doticaja u ukupno pet izdvojenih zona izvorišta.

Jedan od ciljeva ovih istraživanja bio je da se izrađenim hidrodinamičkim modelom ispituju i mogućnosti povećanja kapaciteta izvorišta izradom dodatnih bušenih bunara, pri čemu je vrednost kapaciteta uslovljavalo povećanje depresije tj. generalno opadanje dinamičkog nivoa podzemnih voda na izvorištu.

Na osnovu poznavanja hidrogeoloških karakteristika sredine postavljeno je ukupno pet novih bunara u linijskom rasporedu sa Savom. Proračuni su sprovedeni u nestacionarnim uslovima strujanja podzemnih voda.

Simulacijama je utvrđeno da se pri eksploataciji od 320 l/s, puštanjem u rad novih pet bunara ukupnog kapaciteta 46 l/s generalno ostvaruje opadanje nivoa podzemnih voda za dodatnih 2 m u odnosu na postojeću eksploataciju. Zahvatanje podzemnih voda većim kapacitetom od 366 l/s uslovljavalo bi dalje povećanje depresije na izvorištu. Rezultati ispitivanja ukazuju da se crpenjem oko 370 l/s pri datim uslovima prihranjivanja i postojećim sistemom eksploatacije dostižu maksimalne mogućnosti eksploatacije na ovom izvorištu.

PERSPEKTIVNOST IZVORIŠTA “VIĆ BARE”

Razloge opadanja izdašnosti na izvorištu “Vić bare” tokom protekle decenije prvenstveno treba tražiti u smanjenju prirodnog prihranjivanja izdani rečnim vodama usled koje su glavni izvor hranjenja.

Pored ovoga, kada se razmatra uticaj prirodnih faktora, treba imati u vidu da dalje intenziviranje eksploatacije uslovljava i dalje intenziviranje procesa kolmatacije zbog povišenih sadržaja gvožđa i mangana u vodi. Iako fizičko-hemijska regeneracija bunara daje dobre rezultate, ipak kapaciteti bunara posle regeneracije ponovo opadaju, ubrzano stare i potrebno je bušiti nove da bi se održala produktivnost izvorišta.

Navedene činjenice predstavljaju prirodna ograničenja zbog kojih će u budućnosti, dodatne količine podzemnih voda morati da se obezbede na novim lokacijama ili primene druga rešenja. Postojeće izvorište, međutim, i u narednim godinama može da ima primarni značaj, ukoliko se izvrše analize drugih segmenata sistema, pre svega problema enormnih gubitaka u mreži, i ukoliko se razmotri primena novih tehničkih rešenja. Ukoliko bi se saniranjem cevovoda gubici smanjili na 20 %, koliko iznose prihvatljive vrednosti gubitaka, uzimajući prosečnu višegodišnju vrednost eksploatacije od 345 l/s, dobija se ušteda vode od 130 l/s.

Ako se u obzir uzme da se između dva popisa stanovništva, od 2002. do 2011. godine, broj stanovnika u gradu i 17 naselja koja su povezana na vodovodni sistem ovog izvorišta povećao za svega 629 stanovnika, ovakvim trendom porasta broja stanovnika uz uštedu od 130 l/s na račun smanjenja gubitaka, izvorište “Vić bare” i u narednim godinama, postojećim režimom eksploatacije, može da obezbedi dovoljne količine vode za sve potrošače.

U Prostornom planu opštine i nekim drugim strateškim dokumentima glavno izvorište u sistemu vodosnabdevanja ostaje izvorište „Vić bare“ navodeći rezultate ranijih istraživača koji su konstatovali da se sa izvorišta može zahvatiti i do 750 l/s podzemnih voda. Iako je to verovatno fizički moguće, u ovim dokumentima ne govori se o načinu na koji se ove količine vode mogu zahvatiti i o održivoj eksploataciji.

Dosadašnje analize ukazuju da položaj izvorišta i intenzitet prihranjivanja izdani infiltracijom voda Save stvaraju veoma povoljne uslove za primenu metoda veštačkog prihranjivanja izdani, čime bi ovo izvorište i u budućnosti zadržalo primarni značaj. Obzirom na specifičnosti rešenja, realizacija zahteva sprovođenje kompleksnih istraživanja većeg obima i znatno veća materijalna ulaganja u odnosu sredstva koja su u proteklom periodu izdvajana uglavnom za bušenje bunara.

Ovakva rešenja već su ranije razmatrana (Soro A., Radovanovic M., 1997) , a na Departmanu za hidrogeologiju u toku je ispitivanje mogućnosti veštačkog prihranjivanja pri čemu je jedno varijantno rešenje izrada kanalskog sistema kojim bi se premostio meandar i povezao istočnu i zapadnu obalu. Cilj je da se i u centralnim delu izvorišta kanalskim dotokom rečne vode i infiltracijom kroz korito kanala izvrši dodatno prihranjivanje izdani. Preliminarni rezultati ohrabruju i upućuju na potrebu nastavka ovih istraživanja in situ.

Veštačko prihranjivanje izdani predstavlja veliki investicioni projekat kojim bi se u slučaju povoljnih rezultata dugoročno moglo rešiti pitanje budućeg vodosnabdevanja Obrenovca.

ZAKLJUČAK

Opadanje eksploatacije podzemnih voda na izvorištu “Vić bare” tokom poslednje decenije posledica je nepovoljnog hidrološkog stanja i prirodnih uslova geološke sredine, ali i velikih gubitaka u vodovodnom sistemu.

Rezultatima hidrodinamičkih ispitivanja utvrđene su ograničene mogućnosti dobijanja dodatnih količina zahvatanjem voda postojećim sistemom vodozahvata. Eksploatacijom iznad 370 l/s u postojećim uslovima prihranjivanja izdani prognozira se značajnije opadanje nivoa podzemnih voda sa pojavama efekata preforsirane eksploatacije

Zahvaljujući položaju i uticaju Save u prihranjivanju izvorišta postoje svi preduslovi za primenu metoda veštačkog prihranjivanja izdani, što predstavlja dugoročno rešenje vodosnabdevanja za Obrenovac i naselja opštine.

LITERATURA

- HAJDIN B., DOKMANOVIĆ P., STEVANOVIĆ Z., HAJDIN K., (2007): *State of art of Vić Bare Source for Obrenovac Water Supply*, Regional IWA Conference on groundwater management in the Danube river basin and other large river basins, Beograd p.p. 217-225.
- SORO A., RADOVANOVIĆ M., (1997): *Studija optimizacije rada i perspektive korišćenja podzemnih voda izvorišta "Vić bare"*. Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Zavod za hidrogeologiju i izučavanje režima podzemnih voda, Beograd.
- STEVANOVIĆ Z., HAJDIN B., (2008): *Elaborat o rezervama podzemnih voda izvorišta „Vić bare“ u Zabrežju za vodosnabdevanje Obrenovca*. Fond RGF, Departman za hidrogeologiju, Beograd.
- STEVANOVIĆ Z., HAJDIN B., (2011): *“Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta “Vić bare” i FV “Zabrežje” (postrojenje za preradu vode)”*. Fond RGF, Departman za hidrogeologiju, Beograd.