

*Originalan naučni rad  
Original scientific paper  
UDC: 626.811(497.6 Sarajevo)*

## **PRILOG METODOLOGIJI REVITALIZACIJE BUNARA U VODONOSNIKU POD PRITISKOM NA PRIMJERU BUNARA „CC WELL“ COCA-COLA – SARAJEVO**

Ferid Skopljak<sup>1</sup>, Mirza Bašagić<sup>2</sup>, Boris Filipović<sup>3</sup>, Božo Svetina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Federalni zavod za geologiju, E. mail: fskopljak@yahoo.com*

<sup>2</sup>*Građevinski fakultet Sarajevo.*

<sup>3</sup>*FIL.I.S. d.o.o. Zagreb*

### **SAŽETAK**

U radu je prikazana metodologija revitalizacije bunara izvedenog u krečnjačkom vodonosniku pod visokim pritiskom na primjeru bunara "CC Well" u izvorištu "Olimpija" Coca-Cola Beverages -Sarajevo.

Cilj revitalizacije bio je pretvoriti istražno-eksploatacioni bunar u trajni eksploatacioni vodozahvat koji će omogućiti dugotrajnu eksploataciju ovog objekta, uz zadržavanje postojećeg kapaciteta i kvaliteta zahvaćenih podzemnih voda sa eliminacijom svih eventualnih negativnih uticaja na režim i kvalitet podzemnih voda u pribunarskoj zoni.

Poseban inovativni doprinos i prilog metodologiji revitalizacije bunara u specifičnim geološko-tehničkim uslovima, autori ovog rada su dali prilikom projektovanja "pakera" koji je omogućio izoliranje vodonosnika pod visokim pritiskom od dijela konstrukcije bunara u kojem je izvršena cementacija, te tehnologije izvođenja cementacije. Ovaj rad je prilog metodologiji revitalizacije bunara izvedenih u krečnjačkom vodonosniku pod visokim pritiskom i može poslužiti kao primjer izvođenju ovakve vrste hidrogeoloških radova.

*Ključne riječi: revitalizacija bunara, paker, inox konstrukcija, cementacija*

## **A CONTRIBUTION TO THE METHODOLOGY OF THE REVITALIZATION OF WELLS AQUIFER IN PRESSURE ON THE EXSAMPLE WELLS "CC WELL" COCA-COLA- SARAJEVO**

### **ABSTRACT**

This paper presents a methodology for rehabilitation of wells built in the limestone aquifer under high pressure in the case of wells, "CC Well," the source "Olimpija" Coca-Cola Beverages to Sarajevo.

The aim of the revitalization was converted exploration-exploitation exploitation well in the permanent water intake that will allow long term exploitation of this facility, while retaining the existing capacity and quality of groundwater abstracted from the elimination of all possible negative impacts on the regime and the quality of groundwater in the phreatic zone.

Special contributions from innovative methodology revitalize wells in specific geological and technical conditions, the authors have made in designing the "packers" that enabled the isolation of the aquifer under high pressure from the construction of wells in which the cementing is done, and the technology of cementation. This

paper is a contribution to the revitalization of the methodology performed well in the limestone aquifer under high pressure and can serve as an example of performing this type of hydrogeological work.

Key words: *rehabilitation of wells, packer, stainless steel construction, cementing*

## UVOD

U toku 2004. godine autori ovog rada su izradili projekat i izvršili revitalizaciju bunara "CC Well" u izvorištu "Olimpija" Coca-Cola Beverages -Sarajevo.

Cilj revitalizacije bunara bio je pretvoriti istražno-eksploatacioni bunar u trajni eksploatacioni vodozahvat (bunar) ugradnjom bunarske konstrukcije izgrađene od visoko kvalitetnih materijala koji će omogućiti dugotrajnu eksploataciju ovog objekta, uz zadržavanje postojećeg kvaliteta podzemnih voda. Revitalizacijom bunara se zahtijevala eliminacija eventualnih negativnih uticaja na režim i kvalitet podzemnih voda, jer je prethodno bila ugrađena čelična konstrukcija. Također, zahtijevano je da se dugoročno onemoguće eventualni prodori podzemnih voda drugačijeg sastava u gornjim intervalima bunara.

Revitalizacija je u osnovi obuhvatila operacije kalibriranja bunara, cementaciju uvodnih kolona, ugradnju bunarske konstrukcije od inox materijala i cementaciju bunarske konstrukcije iznad vodonosnika, do površine terena.

Potrebno je naglasiti da je izvođenju operacija revitalizacije bunara (koje su inače veoma osjetljive zbog mogućih havarija i narušavanja filtracione i statičke stabilnosti bunara) prethodilo stručno-tehničko i naučno analiziranje svih detalja i faza njihovog provođenja.

Poseban doprinos metodologiji izvršavanja ovako delikatnih zadataka, autori su dali prilikom projektovanja "pakera" koji je omogućio izoliranje vodonosnika pod visokim pritiskom od dijela konstrukcije bunara u kojem je izvršena cementacija, te metodologije izvođenja cementacije. Ovaj rad je prilog metodologiji revitalizacije bunara izvedenih u krečnjačkom vodonosniku pod visokim pritiskom i može poslužiti kao primjer izvođenja ovakve vrste radova u sličnim ili istim hidrogeološkim sredinama.

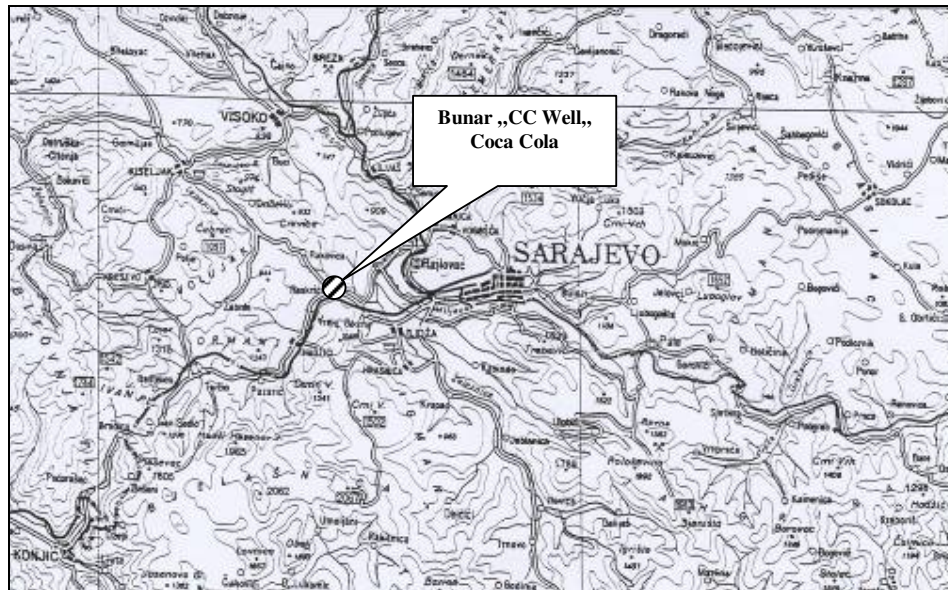
## KARAKTERISTIKE BUNARA PRIJE REVITALIZACIJE

Bunar "CC Well" je situiran u krugu kompanije Coca-Cola HBC Sarajevo, na lokalitetu Mostarsko raskršće, cca 10 km zapadno od Sarajeva, slika 1.

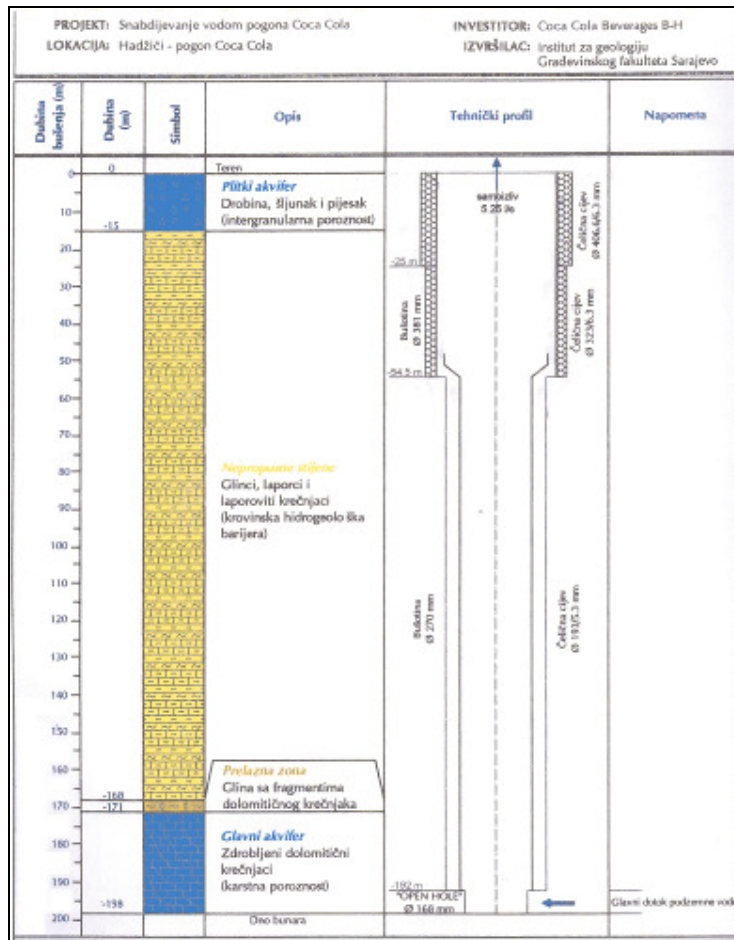
Istražno-eksploatacioni bunar "CC Well" dubine 198,00 m izveden je u decembru 2002. godine. U intervalu bunara od 171,0-198,0 m u krečnjačkom vodonosniku trijasko starosti, odnosno podini praktično nepropusnog fliša gornje krede, zahvaćene su podzemne vode veoma dobrog kvaliteta.

Bušenje istražno-eksploatacionog bunara izvedeno je slijedećim metodama i promjerima:

0,00 - 17,00 m	udarna metoda bušenja sa laviranjem zaštitne kolone - Ø 800 mm;
17,00 - 24,5 m	reversna metoda bušenja - Ø 550 mm;
24,50 - 54,50 m	udarno-rotaciona metoda bušenja sa zrakom - Ø 381 mm;
54,50 - 192,00 m	direktna metoda bušenja sa isplakom - Ø 219 mm i proširenje Ø 270 mm,
192,00 - 198,00 m	direktna metoda bušenja sa čistom vodom - Ø 168 mm, slika 2.



Slika 1. Geografski položaj bunara "CC Well", M 1: 500.000  
 Figure 1 The geographical location of wells, "Well CC, M 1: 500,000



Slika 2. Geološko-tehnički profil bunara "CC Well" prije revitalizacije (F.Skopljak;M.Bašagić,2003)  
 Figure 2 Geolog.-technical profile of the well "CC Well" before revitalization (F. Skopljak; M. Bašagić, 2003)

U bunar je ugrađena slijedeća konstrukcija:

0,00 - 23,00 m	čelična kolona Ø 406 / 6,3 mm;
0,00 - 54,50 m	čelična kolona Ø 323 / 6,3 mm;
53,00 - 192,00 m	čelična kolona Ø 193,7 / 6,3 mm,
192,00 - 198,00 m	"open hole" bunar.

Bunarom su zahvaćene podzemne vode pod pritiskom koji je na ušću bunara imao vrijednost od  $P = 0,7$  bara i samoizliv na ušću od  $Q_{sam} = 5,25$  l/s. Testiranjem izdašnosti 2002. godine utvrđen je specifični kapacitet bunara  $q = 1,3$  l/s/m uz optimalni kapacitet eksploatacije  $Q_{ex.} = 32$  l/s .

## OPIS IZVEDENIH RADOVA

### Kalibriranje bunara i izrada pakera

Kalibriranje bunara je izvedeno sa ciljem provjere unutarnjeg promjera ranije ugrađene zaštitne kolone Ø 193,7/6,3 mm i pripreme "pakera" odgovarajućeg promjera. Za ovu operaciju pripremljeni su kalibratori promjera Ø 185 mm, Ø 180 mm i Ø 175 mm, slika 3.

U toku provjere unutarnjeg promjera bunara kalibratorima Ø 185 mm i Ø 180 mm, utvrđeno je da su isti "zapeli" na dubini 54,0 m, odnosno 60,0 m. Tek je kalibrator promjera Ø 175 mm nesmetano spušten na dubinu 190,0 m čime su utvrđene mjere za izradu "pakera".



Slika 3. Paker (F. Skopljak 2004)  
Figure 3 Packer (F. Skopljak 2004)

Izrada i ugradnja pakera imala je funkciju "brtvljenja" bunara na dubini od 190 m u toku cementacije "nove" bunarske konstrukcije. Paker je izrađen od INOX cijevi promjera Ø 127 mm, dužine 1,05 m,

sa tri reda gumenih brtvi i dva reda "stezaljki" vanjskog promjera  $\varnothing$  181 mm. U stezaljke je utisnuta plastična glina, što zajedno sa gumenim brtvama omogućuje potpuno brtvljenje zaštitne kolone  $\varnothing$  193,7/6,3 mm na dubini 190 m.

### **Cementacija međuprostora uvodnih kolona**

Cementacija prstenastog međuprostora između uvodnih kolona  $\varnothing$  406 mm i  $\varnothing$  323 mm izvršena je sa ciljem sprječavanja eventualnih prodora podzemnih voda iz aluviona u gornje intervale bunara. Mjerenjem je utvrđeno da u prstenastom međuprostoru nema taloga do dubine od 25,5 m.

Cementacija je izvršena uz prethodno snižavanje nivoa vode u bunaru crpljenjem i ugradnjom šljunčanog tampona. Šljunčani tampon frakcije 1- 16 mm, ugrađen je u intervalu 25,15 - 25,5 m. Cementacija intervala 0,0 - 25,15 m izvršena je pumpom visokog pritiska "odozdo prema gore", sve do pojave cementne mase na ušću bunara. Ukupno je utrošeno 930 litara cementacione smjese.

U toku cementacije, na dubini cca 18 m primjećeno je kratkotrajno "mućenje" vode, što ukazuje da je kolona  $\varnothing$  323 mm imala pukotinu na varenom spoju. Preko ove pukotine najvjerovatnije se ranije ostvarivala hidraulička veza vode iz bunara i prstenastog međuprostora između eksploatacione i uvodne kolone. Cementacijom uvodnih kolona, ova hidraulička veza je potpuno eliminirana.

Provjerom tvrdoće cementne mase na ušću bunara nakon 24 sata, konstatirano je uspješno cementiranje prstenastog međuprostora uvodnih kolona.

### **Ugradnja eksploatacione bunarske konstrukcije**

Nakon pripreme i dezinfekcije cijevnog materijala, opreme i pribora, u bunar je ugrađena "nova" bunarska konstrukcija, kako slijedi:

0,00 - 48,0 m	cijevi $\varnothing$ 219,1 / 5 mm sa navojem - INOX AISI 316 L;
48,0 - 51,16 m	redukcija $\varnothing$ 219,1 / 127 mm - INOX AISI 316 L;
51,5 - 188,8 m	cijevi $\varnothing$ 127 / 5 mm sa navojem - INOX AISI 316 L;
188,8 - 190,45 m	paker INOX AISI 316 L sa gumenim brtvama.

Ugradnja bunarske konstrukcije započela je ugradnjom pakera "umetnutog" u cijev  $\varnothing$  193,7/6,3 mm koja ima funkciju da se osloni na "šešir" redukcije ranije ugrađene bunarske konstrukcije. Stezaljke pakera i prostor između gumenih brtvi i cijevi  $\varnothing$  193,7 ispunjeni su plastičnom glinom, te zajedno spuštene do dubine 54,0 m. Daljnje spuštanje pakera vršeno je spajanjem sa cijevima  $\varnothing$  127 mm i  $\varnothing$  219,1 mm do konačne dubine ugradnje od 188,8 - 190,45 m.

Ugradnja cijevi  $\varnothing$  127 / 5 mm u intervalu od 51,5 - 188,8 m izvršena je navijanjem i varenjem obujmica za fiksiranje cijevi. S obzirom da je paker dobro brtvio kolonu 193,7 mm, ugradnja cijevi  $\varnothing$  127 / 5 mm je bila otežana zbog pritiska vode iz bunara.

Na prijelazu cijevi  $\varnothing$  127 / 5 mm i  $\varnothing$  219,1 mm (interval 48,0 - 51,16 m) ugrađena je redukcija  $\varnothing$  219,1 / 127 mm.

Ugradnja cijevi  $\varnothing$  219 / 5 mm u intervalu od 0,00 - 48,0 m vršena je navijanjem uz varenje spojeva. Usljed visokog pritiska vode na spojevima, varenje spoja bilo je omogućeno snižavanjem nivoa vode u bunaru. Snižavanje nivoa vode je vršeno podizanjem centrifugalne pumpe na vrh tornja bušaće garniture.



Istovremeno sa ugradnjom bunarske konstrukcije, uz cijevi  $\varnothing$  219,1 i 127 mm na odstojanju 1,0 mm, izvršena je ugradnja čeličnih cijevi  $\varnothing$  21,25/3,25 mm za utiskivanje cementne smjese. Cijevi za cementaciju su ugrađene u tri reda sa ispustima u tri nivoa i to na dubinama od 183,8 m, 176,8 m i 62,8 m.

### **Cementacija ugrađene bunarske konstrukcije**

Cementacija "nove" bunarske konstrukcije izvršena je nakon pripreme cementacione mase i opreme.

Receptura za cementacionu smjesu izrađena je prema API- normama, klasa G. Kvalitet cementacione smjese, vrijeme vezivanja cementa i tvrdoća su prethodno ispitani i atestirani u laboratoriji INA Naftaplin - Zagreb. Za pripremu 1 m<sup>3</sup> cementne smjese utrošeno je 1.325 kg cementa marke "Geodur" - Ahnovo i 583 litra vode. Ukupno je na licu mjesta pripremljeno 5 m<sup>3</sup> cementacione smjese.

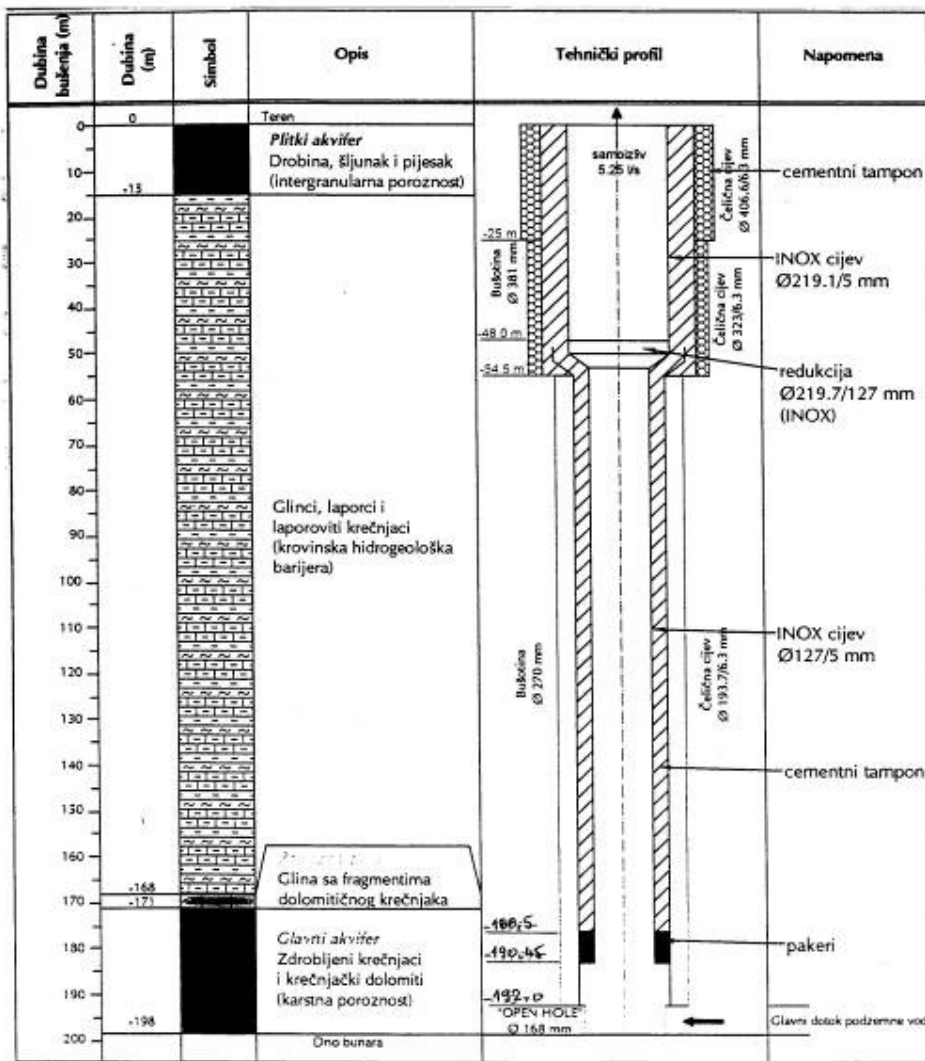
Cementacija je izvršena pod pritiskom "odozdo prema gore", kroz ugrađene cijevi za cementaciju. Cementaciona smjesa je u mikseru održavana u izmješanom i viskoznom stanju i ubacivana u bazen zapremine 1 m<sup>3</sup> iz kojeg je preko pumpe utiskivana u cjevovode za cementaciju na potrebnu dubinu. Za utiskivanje cementacione smjese korištena je visokotlačna pumpa "Cometria P 3", Slika 4. Brzina cementacije, odnosno pritisak i protok, regulirani su preko ventila i manometra.



Slika 4. Oprema za cementaciju (F. Skopljak 2004)  
Figure 4 Cementing equipment (F. Skopljak 2004)

Cementacija je vršena u trajanju 3 sata i 10 minuta, odnosno, sve dok se cementaciona masa nije pojavila na ušću bunara. Ukupno je ugrađeno 4,5 m<sup>3</sup> cementacione smjese. Profil eksploatacionog bunara nakon revitalizacije dat je na slici 5.

Tokom cementacije vršeno je kontinuirano crpljenje bunara i praćenje fizičkih osobina vode (mutnoća, suspendovane materije i dr.). Nije primjećeno prodiranje cementacione smjese u bunar, što ukazuje da je cementacija izvršena uspješno. Također, izvođenjem radova na pretvaranju istražno-eksploatacionog u eksploatacioni bunar "CC Well" zadržan je samoizliv bunara i kvalitet podzemnih voda izvorišta "Olimpija", slika 6.



Slika 5. Geološko-tehnički profil eksploatacionog bunara "CC Well" nakon revitalizacije (F. Skopljak, M. Bašagić 2004)

Figure 5 Geological-technical profile of exploitation wells "CC Well" after revitalization (F. Skopljak, M. Bašagić 2004)



Slika 6. Samoizliv bunara CC Well nakon revitalizacije (F. Skopljak 2004)

Figure 6 Samoizliv bunara CC Well nakon revitalizacije (F. Skopljak 2004)

### **Izdašnost bunara nakon revitalizacije**

Izdašnost bunara nakon revitalizacije proračunata je na osnovu podataka opitnog crpljenja izvršenog 2006. godine, pri čemu su dobiveni podaci, kako slijedi:

Hidrogeološki parametri akvifera

- koeficijent vodoprovodnosti  $T = 3,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s};$
- koeficijent filtracije  $k = 1,16 \times 10^{-5} \text{ m/s};$
- koeficijent pijezoprovodnosti  $a = 1,02 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{s}.$

Izdašnost bunara

- pritisak na ušću bunara iznosi  $P = 0,7 \text{ bara};$
- samoizliv bunara je  $Q_{\text{sam}} = 10,6 \text{ l/s};$
- specifični kapaciteta bunara  $q = 1,50 \text{ l/s/m};$
- optimalni kapacitet eksploatacije  $Q = 32 \text{ l/s}; S = 21,3 \text{ m}.$

### **ZAKLJUČAK**

Tokom 2004. godine urađen je projekat i revitalizacija bunara "CC Well" u izvorištu "Olimpija" Coca-Cola Beverages -Sarajevo. Cilj revitalizacije bunara bio je pretvoriti istražno-eksploatacioni bunar u trajni eksploatacioni vodozahvat (bunar).

Revitalizacija je obuhvatila operacije kalibriranja bunara, cementaciju uvodnih kolona, ugradnju bunarske konstrukcije od inox materijala i cementaciju bunarske konstrukcije iznad vodonosnika, do površine terena. Ugrađena bunarska konstrukcije od visoko kvalitetnih materijala će omogućiti dugotrajnu eksploataciju ovog objekta, uz zadržavanje postojećeg kvaliteta podzemnih voda.

Podaci dobiveni opitom crpljenja nakon revitalizacije, pokazuju da je revitalizacija bunara kvalitetno urađena, a optimalni kapacitet eksploatacije je  $Q = 32 \text{ l/s}.$

### **LITERATURA**

1. Bašagić M., Skopljak F.: Projekat - hidrogeološka istraživanja pitkih voda krečnjačkog akvifera na području Mostarskog raskršća u Blažuju kod Sarajeva, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo, 2003.
2. Bašagić M., Skopljak F.: Izvještaj o izvođenju bunara "CC Well" u krugu kompanije Coca-Cola Beverages B-H d.o.o Sarajevo, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo, 2003.
3. Bašagić M., Skopljak F.: Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi pitkih podzemnih voda krečnjačkog akvifera u području Mostarskog raskršća, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo, 2003.
4. Skopljak F., Bašagić M.: Revitalizacija bunara "CC Well" Coca-Cola Beverages B-H d.o.o Sarajevo, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo, 2004.