

UDK 556.3:628.81/.84 (497.11 Niš)

ANALIZA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA U OKOLINI NIŠA

Miloš Trajković¹, Dragan Milićević², Slaviša Trajković³

Rezime: Na poljoprivrednim površinama u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, koja se nalaze u gradskoj opštini Crveni Krst na području grada Niša, poljoprivrednici se trenutno bave biljnom proizvodnjom, voćarstvom i vinogradarstvom bez navodnjavanja. Obzirom da, zbog relativno malih količina padavina i velikih gubitaka vode usled evaporacije i proceđivanja u tlo, vode nema dovoljno za zadovoljenje potreba poljoprivrednih kultura, neophodno je uvesti sistem navodnjavanja u cilju stvaranja boljih uslova i efikasnije proizvodnje poljoprivrednih kultura. U neposrednom okruženju ovih sela, nema značajnijih vodotoka koji bi mogli da se koriste kao izvorišta vode za navodnjavanje, pa su izvršena hidrogeološka istraživanja u okviru kojih su izvedena četiri istražna bunara, jedan u ataru sela Hum, dva u ataru sela Gornja Trnava i jedan u ataru sela Vele Polje.

U ovom radu je dat prikaz hidrogeoloških istražnih radova izvršenih za potrebe analize količina i kvaliteta podzemnih voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje i postupak određivanja značajnih hidrodinamičkih parametara koji definišu karakteristike vodonosne sredine i izdašnost bunara. Dobijeni rezultati ukazuju na relativno skromne količine i kvalitet podzemnih voda iz izvedenih bunara, koje samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem poljoprivrednih površina u atarima navedenih sela i na neophodnost obezbeđenja dodatnih količina vode za navodnjavanje iz novih bunara.

Ključne reči: izvorišta podzemnih voda, hidrogeološka istraživanja, navodnjavanje

ANALYSIS OF GROUND WATER WELLS FOR THE IRRIGATION OF FARMING LAND IN THE AREA OF NIS

Abstract: On agricultural land in the villages Hum, Gornja Trnava and Vele Polje, located in the city municipality Crveni Krst in the city of Niš, farmers are currently engaged in crop production, horticulture and viticulture without irrigation. Considering that, because of the relatively small quantities of rainfall and high water losses due to evaporation and decantation into the ground, the water is not enough to satisfy the needs of agricultural crops, it is necessary to introduce a system of irrigation in order to create better conditions and more efficient production of agricultural crops. In the directly environment of these villages, there is no significant water streams which could be used as a water sources for irrigation, so that the hydrogeological investigations carried out in the framework of which they are derived four exploratory wells, one in the village Hum, two in the village of Gornja Trnava and one in the village of Vele Polje.

This paper provides an overview of hydrogeological exploratory works carried out for the purposes of analyzing the quantity and quality of groundwater for irrigation of agricultural areas in the villages Hum, Gornja Trnava and Vele Polje and the procedure for the determination of significant hydrodynamic parameters that define the characteristics of the aquifer environment and well yield. The results indicate a relatively modest quantity and quality of groundwater from derived wells, which can only partially satisfy the need for irrigation of agricultural areas in domains of mentioned villages and the necessary provision of additional water for irrigation from new wells.

Keywords: groundwater sources, hydrogeological explorations, irrigation

¹ mast.inž.građ.Miloš Trajković, mr.milostrajkovic@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² dr Dragan Milićević, drgara@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

³ dr Slaviša Trajković, slavisa@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1. UVOD

Poljoprivreda grada Niša, po zvaničnim podacima doprinosi sa 8 % nacionalnom dohotku odnosno sa 1% ukupnoj zaposlenosti u Republici Srbiji. Osim toga, poljoprivreda obezbeđuje dovoljno hrane za lokalno stanovništvo kao i sirovine za lokalnu prehrambenu industriju i osnov je ruralnog razvoja u regionu.

Obzirom na umereno kontinentalne prilike, koje u zadnjih desetak godina karakterišu duži sušni periodi, naročito u letnjim mesecima potrebe za navodnjavanjem sve više dolaze do izražaja. Trenutno, navodnjavanje se vrši sporadično, malim motornim pumpama, bez rasprskavanja, a oko 15.000 ha poljoprivrednih površina prve, druge i treće bonitetne klase nalazi se na mestima pogodnim za navodnjavanje.

Hum, Gornja Trnava i Vele Polje su sela u gradskoj opštini Crveni Krst na području grada Niša. Šire područje sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje karakterizuju u najvećem delu poljoprivredne površine sa mestimičnim šumskim površinama. Pogodan položaj ovih sela na dodiru dveju različitih proizvodnih sredina (kotlinsko dno i kotlinski obod) orijentisalo je delatnost stanovništva prema ratarstvu i stočarstvu. Danas su u ovim selima uglavnom poljoprivredna ili mešovita domaćinstva. Prema popisu iz 2002. godine u Humu je živelo 1450 stanovnika, u Gornjoj Trnavi 309 stanovnika i u Vele Polju 537 stanovnika.

Na poljoprivrednim površinama u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, poljoprivrednici se trenutno bave biljnom proizvodnjom, voćarstvom i vinogradarstvom bez navodnjavanja. Obzirom da, zbog relativno malih količina padavina i velikih gubitaka vode usled evaporacije i proceđivanja u tlo, vode nema dovoljno za zadovoljenje potreba poljoprivrednih kultura, potrebno je uvesti sistem navodnjavanja vodom iz bušenih bunara i cevovoda pod pritiskom u cilju stvaranja boljih uslova i efikasnije proizvodnje poljoprivrednih kultura.

Uvođenjem navodnjavanja i primenom novih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji, ostvariće se naprednija i unosnija poljoprivreda, sa orijentacijom ka kvalitetu i bezbednosti hrane, čiji će proizvodi biti konkurentniji na tržištu. Osnovni ciljevi su da se područje orijentiše tržišnoj ekonomiji i proizvodnji visoko profitabilnih kultura, da se poveća ponuda domaćeg voća i grožđa na tržištu, kao i da se poveća zaposlenost i spreči odlazak stanovništva sa ovog područja.

U tom smislu meštani sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje u saradnji sa Upravom za poljoprivredu i razvoj sela grada Niša su preduzeli odgovarajuće

aktivnosti na pronalaženju adekvatnih izvorišta vode za navodnjavanje i na izradi tehničke dokumentacije sistema za navodnjavanje kap po kap za površine od oko 50 ha u atarima ovih sela na kojima će se gajiti voćarske (jabuka, šljiva, breskva, kajsija, trešnja, višnja) i vinogradarske kulture.

U neposrednom okruženju sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, nema značajnijih vodotoka koji bi mogli da se koriste kao izvorišta vode za navodnjavanje, pa su izvršena hidrogeološka istraživanja u okviru kojih su izvedena četiri istražna bunara, jedan u ataru sela Hum, dva u ataru sela Gornja Trnava i jedan u ataru sela Vele Polje.

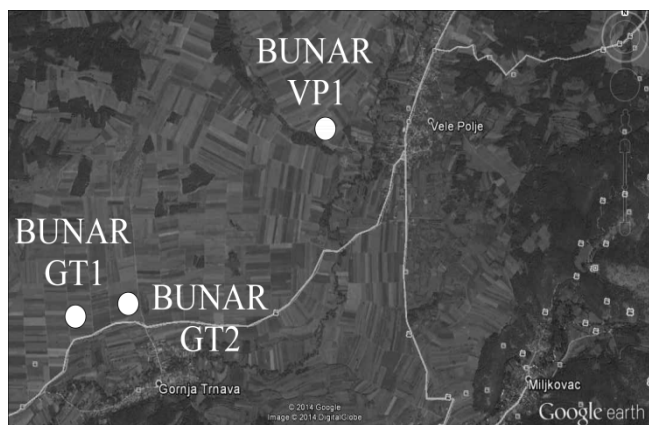
U ovom radu je dat prikaz hidrogeoloških istražnih radova izvršenih za potrebe analize količina i kvaliteta podzemnih voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, deo dobijenih rezultata i postupak određivanja značajnih hidrodinamičkih parametara koji definišu karakteristike vodonosne sredine i izdašnost bunara. Ostali rezultati, prilozi, analize i proračuni se zbog obimnosti ne prilažu, a nalaze se u arhivi Laboratorije za Sanitarnu tehniku Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu.

2. ISTRAŽIVANJE IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA NALOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

2.1. LOKACIJA BUNARA

Sela Gornja Trnava i Vele Polje se nalaze u južnom delu Aleksinačke kotline na 16, odnosno 24 km severozapadno od centra Niša, a selo Hum se nalazi na rubu Niške kotline na oko 6.5 km severno od centra Niša.

Izvedeni bunari za potrebe navodnjavanja se nalaze u atarima sela Gornja Trnava (2 bunara), Vele Polje (1 bunar) i Hum (1 bunar), a njihova lokacija se može videti na slikama 1 i 2.



Slika 1 –Satelitski snimak položaja bunara GT-1 i GT-2 u ataru sela Gornja Trnava i bunara VP-1 u ataru sela Vele Polje („Google Earth“ 2014.)



Slika 2–Satelitski snimak položaja bunara BH-1 u ataru sela Hum („Google Earth“ 2014.)

2.2. IZVEDENI ISTRAŽNI RADOVI

Istražni radovi na bunarima GT-1 i GT-2 u Gornjoj Trnavi, VP-1 u Vele Polju i BH-1 u Humusu izvedeni u dve faze:

- Prva faza, izrada istražne bušotine sa karotažnim merenjima,
- Druga faza, pretvaranje istražne bušotine u eksploatacioni bunar.

Radove na izradi istražne bušotine i pretvaranju istražne bušotine u eksploatacioni bunar je izvelo preduzeće Geosonda - istražno busenje d.o.o iz Beograda. Bušenje je izvedeno sa dve bušaće garniture Geo-500, direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida za bušenje.

Cilj karotažnih ispitivanja je bio litološko raščlanjavanje stuba bušotine, sa posebnim osvrtom na izdvajanje potencijalnih vodonosnih intervala. Primenjene su sledeće metode karotažnih ispitivanja: metoda specifične električne otpornosti, metoda tačkastog otpora, metoda sopstvenog potencijala, metoda prirodne radioaktivnosti i merenje temperature.

Karotažna ispitivanja istražnih bušotina izvedena su od strane „GEOING GROUP“ d.o.o. iz Beograda.

2.2.1. Istražni radovi na lokalitetu Gornja Trnava

Na lokalitetu Gornja Trnava izvedene su dve istražne bušotine IEBGT-1 i IEBGT-2, koje su pretvorene u eksploatacione bunare GT-1 i GT-2 (slika 1).

Bušotina IEBGT-1

Bušenje bušotine IEBGT-1 je izvedeno u periodu od 09.10.2013 - 17.10.2013 godine, do dubine od 94m sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u njoj su izvedena geofizička karotažna merenja sa pet metoda. Na osnovu dobijenih podataka sačinjen je litološki profili bušotine (tabela 1) i izdvojeni su šljunkovito-peskoviti slojevi sa slobodnom vodom, u intervalima dubina 57.00 m do 62,20 m i od 82,40 m do 88,80 m.

Analizom rezultata dobljenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja odnosno bušenju istražno eksploatacionog bunara dubine 94m.

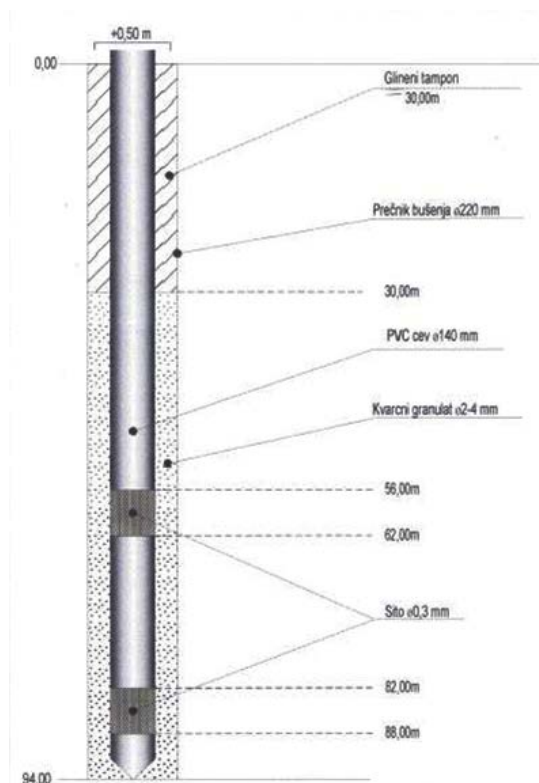
Tabela 1- Litološki profili bušotine IEBGT-1

Od	Do	Litološki opis
0.00	6.00	Nije mereno
8.00	16.60	Glina
16.60	20.00	Pesak šljunkovit
20.00	23.80	Glina
23.80	29.80	Šljunak peskovit
29.80	47.00	Glina
47.00	52.80	Glina peskovita
62.80	57.00	Glina
57.00	62.20	Pesak
62.20	82.40	Glina
82.40	88.80	Pesak
88.80	93.40	Glina

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 250 mm do dubine od 94 m.

Nakon završetka bušenja izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm i to (Slika 3):

- 94,00 - 88,00 taložnik
- 88,00 - 82,00 filter
- 82,00 - 62,00 nadfilterske cevi
- 62,00 - 56,00 filter
- 56,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 3–Bunarska konstrukcija bunara GT-1

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se zasipnju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi, kvarcnim granulatom 2-4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine, garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom u intervalu od 94,00 do 30,00m. Od 30,00m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku ugradnje zasipa u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 55m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 1,3$ l/sec sa sniženjem od 4 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je na 33 m.

Potapajuća pumpa ukupno je radila 9h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu.

Bunar je završen 20.10.2013 god.

Bušotina IEBGT-2

Bušenje bušotine IEBGT-2 je izvedeno u periodu 09.10.2013 - 17.10.2013 godine do dubine od 92 m sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u istoj su izvedena geofizička karotažna merenjasa pet operacija. Na osnovu dobijenih podataka sačinjen je litološki profili i izdvojeni su u plićem delu bušotine, šljunkovito-peskoviti slojevi, slabih filtracionih karakteristika, sloj peščara sa mogućim prisustvom prslina i kolektorskim karakteristikama i slojevi zaglinjenih peskova u najdubljem delu bušotine, sa umanjenim filtracionim karakteristikama.

Tabela 2- Litološki profili bušotine IEBGT-2

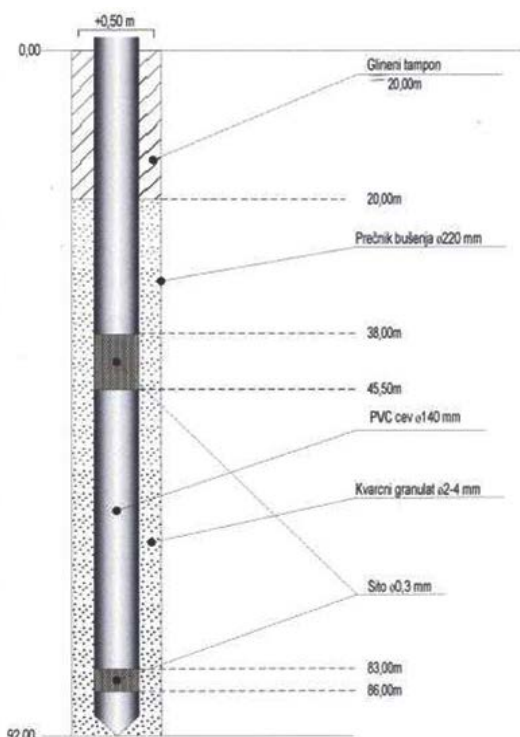
Od	Do	Litološki opis
0.00	8.00	Nije mereno
8.00	10.00	Glina
10.00	14.50	Pesak šljunkovit
14.50	24.20	Glina
24.20	29.80	Šljunak peskovit
29.80	38.50	Glina
38.50	44.50	Peščar
44.50	76.50	Glina peskovita
76.50	79.80	Pesak glinovit
79.80	82.70	Glina
82.70	86.30	Pesak glinovit
86.30	94.00	Glina

Analizom rezultata dobijenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja, odnosno bušenju istražno eksploatacionog bunara do dubine od 92m.

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 220 mm do dubine od 92,00 m.

Nakon završetka bušenja izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm i to (Slika 5):

- 92,00 - 86,00 taložnik
- 86,00 - 83,00 filter
- 83,00 - 45,50 nadfilterske cevi
- 45,00 - 38,00 filter
- 38,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 4 – Bunarska konstrukcija bunara GT-2

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se rasipanju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi kvarcnim granulatom 2-4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom od 92,00 do 20,00 m. Od 20 m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku zasipanja bunara, u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 56m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 0,6$ l/sec sa sniženjem nivoa od 7,00 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je 46,00 m.

Potapajuća pumpa ukupno je radila 12h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu vode.

Bunar završen 23.10.2013 god.

2.2.2. Istražni radovi na lokalitetu Vele Polje

Na lokalitetu Vele Polje izvedena je jedna istražna bušotina IEBVP-1, koja je pretvorena u istražni bunar VP-1 (slika 1).

Bušotina IEBVP-1

Bušenje bušotine IEBVP-1 je izvedeno u periodu od 24.10.2013 – 02.11.2013. godine do dubine od 91 m sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u istoj su izvedena geofizička karotažna merenja sa pet operacija. Na osnovu dobijenih karotažnih podataka sačinjen je litološki profil (tabela 4).

Teren kroz koji prolazi bušotina, prema prikazanom litološkom profilu, izgrađen je od: glinoviti i peskoviti tvorevina. Do dubine od 8,0 m nije vršeno registrovanje podataka. Od 8,0 m do 69,00 m registrovano je naizmenično smenjivanje glinoviti i peskoviti sedimenata. Slojevi peskova su pretežno glinoviti i slabijih filtracionih karakteristika ali je moguća pojava slobodne vode u ovim intervalima. Od 69,00 m do 75,00 m konstatovan je sloj peska koji se indicira visokim vrednostima električne otpornosti i otpora i nižim intenzitetom prirodne radioaktivnosti u odnosu na okolnu sredinu. Prema granulometrijskom sastavu ovaj interval ima postupan prelaz od sitnozrnim ka srednjezrnim frakcijama. Ispod 75,00 m do konačne dubine bušenja, konstatovani su glinoviti sedimenti.

Tabela 3- Litološki profili bušotine IEBVP-1

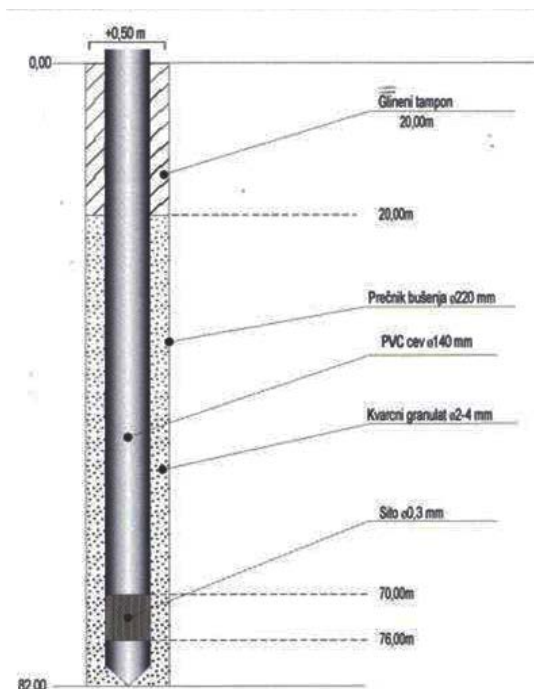
Od	Do	Litološki opis
0.00	8.00	Nile mereno
8.00	12.40	Glina
12.40	15.10	Pesak šljunkovit
15.10	20.10	Glina
20.10	22.00	Pesak glinovit
22.00	30.00	Glina
30.00	31.00	Pesak glinovit
31.00	34.00	Glina
34.00	35.20	Pesak glinovit
35.20	36.80	Glina
36.80	37.80	Pesak šljunkovit
37.80	45.00	Glina
45.00	47.30	Pesak glinovit
47.30	49.10	Glina peskovita
49.10	69.00	Glina
69.00	75.00	Pesak
75.00	91.00	Glina

Analizom rezultata dobijenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja, odnosno pristupiti bušenju istražno eksploatacionog bunara dubine 82 m.

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 250 mm do dubine od 82 m.

Nakon završetka bušenja, izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm (slika 5) i to:

- 82,00 - 76,00 taložnik
- 76,00 - 70,00 filter
- 70,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 5 – Bunarska konstrukcija IEBVP-1

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se zasipnju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi, kvarcnim granulatom 2 - 4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine, garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom u intervalu od 82,00 do 20,00 m. Od 20,00 m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku ugradnje zasipa u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 55 m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 0,6$ l/sec sa sniženjem od 7 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je 50 m.

Potapajuća pumpa je ukupno radila 19 h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu.

Bunar je završen 02.11.2013 god.

2.2.3. Istražni radovi na lokalitetu Hum

Na lokalitetu Hum izvedena je jedna istražna bušotina IEBH-1, koja je pretvorena u istražni bunar BH-1 (slika 2).

Bušotina IEBH-1

Bušenje bušotine IEBH-1 je izvedeno u periodu od 21.10.2013 – 25.10.2013 godine do dubine od 98 m, sa prečnikom bušenja od 150 mm.

Po završetku bušenja istražne bušotine u istoj su izvedena geofizička karotažna merenja sa pet operacija. Na osnovu dobijenih podataka sačinjen je litološki profili bušotine i izdvojeni su peskoviti slojevi sa različitim filtracionim karakteristikama, od kojih najpovoljnije filtracione karakteristike ima interval od 69.80 m do 77.50 m.

Tabela 4- Litološki profili bušotine IEBH-1

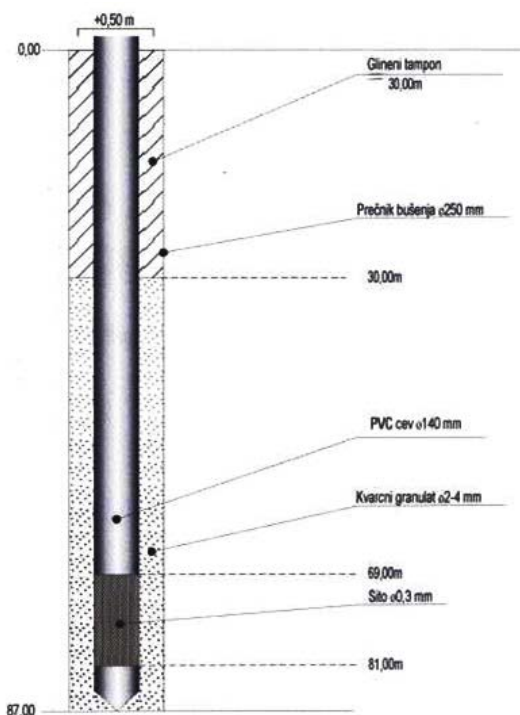
Od	Do	Litološki opis
0.00	8.00	Nije mereno
8.00	14.20	Glina peskovita
14.20	15.20	Glina
15.20	16.20	Pesak
16.20	20.20	Glina
20.20	21.20	Pesak
21.20	26.30	Glina
26.30	30.30	Pesak
30.30	69.80	Glina peskovita
69.80	77.50	Pesak
77.50	80.10	Glina
80.10	81.60	Pesak
81.60	86.00	Glina
86.00	90.40	Pesak
90.40		Glina peskovita

Analizom rezultata dobijenih bušenjem i karotažnim merenjima odlučeno je da se može preći na izvođenje radova po drugoj fazi istraživanja, odnosno pristupiti bušenju istražno eksploatacionog bunara dubine 87 m.

U drugoj fazi istraživanja bušenje bunara je izvedeno direktnim bušenjem, rotacionom metodom uz upotrebu čiste vode kao ispirnog fluida, proširenjem istražne bušotine na prečnik 250 mm do dubine od 87 m.

Nakon završetka bušenja, izvršena je ugradnja bunarske konstrukcije od PVC cevi (rumaplast 12,5 bara) prečnika 140 mm (slika 6) i to:

- 87,00 - 81,00 taložmk
- 81,00 - 69,00 filter
- 69,00 - +0,50 nadfilterske cevi



Slika 6 – Bunarska konstrukcija IEBH-1

Po završetku ugradnje bunarske konstrukcije pristupilo se zasipnju međuprostora između zida bušotine i bunarske cevi, kvarcnim granulatom 2 - 4 mm, uz istovremeno ispiranje bušotine, garniturskom pumpom, čistom vodom. Ispiranje garniturskom pumpom vršeno je sve dok bunar nije zasut kvarcnim granulatom u intervalu od 87,00 do 30,00 m. Od 30,00 m pa do površine terena bunar je zasut glinenim tamponom i priručnim materijalom.

Po završetku ugradnje zasipa u bunar je ugrađena potapajuća pumpa na dubini od 55 m, kako bi se pristupilo ispiranju i razradi bunara.

Testiranjem bunara je utvrđeno da je izdašnost bunara $Q = 0,8$ l/sec sa sniženjem od 15 m. Utvrđeni statički nivo podzemne vode je na 34 m.

Potapajuća pumpa je ukupno radila 19 h, a na kraju rada pumpe uzet je uzorak vode za skraćenu hemijsku analizu.

Bunar je završen 01.11.2013 god.

2.3. KVALITET VODE IZ BUNARA ZA NAVODNJAVANJE NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

Na osnovu raspoloživih skraćenih hemijskih analiza vode iz bunara, koje je uradio Rudarsko-geološki fakultet iz Beograda - Hidrohemijska laboratorija, izračunate su vrednosti SAR i EC i na osnovu Dijagrama za klasifikaciju voda je izvršena klasifikacija voda za navodnjavanje (Tabela 9). Raspoložive podatke o kvalitetu vode treba uzeti sa određenom rezervom s obzirom na uslove i period uzimanja uzorka.

Tabela 5- Klasifikacija podzemnih voda iz bunara za navodnjavanje

	Gornja Trnava GT-1	Gornja Trnava GT-2	Hum BH-1	Vele Polje VP-1
pHc	7	7.5	7.5	7.1
SAR _{KOR}	12.94	14.59	12.28	15.68
EC	400	790	780	590
Klasa	C2-S2	C3-S3	C3-S3	C2-S3

Gornja Trnava (bunar GT-1) – klasa C2-S2 - Srednji kvalitet vode za navodnjavanje. Korišćenje vode je sa predostrožnošću. potrebno je odvodnjavati i ispirati zemljište i/ili dodavati gips.

Gornja Trnava (bunar GT-2) – klasa C3-S3 - Loš kvalitet vode za navodnjavanje. Može se koristiti samo sa velikom predostrožnošću na lakim i dobro dreniranim zemljištima. Potrebno je neizostavno ispiranje i unošenje gipsa.

Hum (bunar BH-1) – klasa C3-S3 - Loš kvalitet vode za navodnjavanje. Može se koristiti samo sa velikom predostrožnošću na lakim i dobro dreniranim zemljištima. potrebno je neizostavno ispiranje i unošenje gipsa.

Vele Polje (bunar VP-1) – klasa C2-S3 - Osrednji do loš kvalitet vode za navodnjavanje. Isključuju se osetljive biljke i teška zemljišta. Korišćenje vode je sa velikom predostrožnošću na lakim i dobro dreniranim zemljištima sa ispiranjem i/ili unošenjem gipsa.

2.4. ANALIZA REZULTATA IZVRŠENIH ISTRAŽNIH RADOVA NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

U okviru izvršenih hidrogeoloških istraživanja izvedena su četiri eksploataciona bunara, jedan u ataru

sela Hum (optimalni režim rada sa kapacitetom 0.3 l/s), dva u ataru sela Gornja Trnava (optimalni režim rada sa kapacitetom 1.4 i 0.9 l/s) i jedan u ataru sela Vele Polje (optimalni režim rada sa kapacitetom 0.3 l/s).

Obzirom da se u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje planirane za navodnjavanje značajne poljoprivredne površine od od cca 50 ha (atar sela Hum cca 7.7 ha, atar sela Gornja Trnava cca 17.1 ha, atar sela Vele Polje cca 25 ha), relativno skromne količine (ukupno 2.9 l/s) i kvalitet podzemnih voda iz izvedenih eksploatacionih bunara samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem planiranih površina.

Iz tih razloga pre izrade tehničke dokumentacije sistema za navodnjavanje planiranih poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje predloženi su dopunski istražni radovi kojima bi se izvršila provera, pre svega, kapaciteta izvedenih eksploatacionih bunara.

3. DOPUNSKA ISTRAŽIVANJA IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA POTREBE NAVODNJAVANJANA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

3.1. PROBNO CRPLJENJE NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

Jedna od osnovnih karakteristika eksploatacionog bunara je njegova izdašnost, odnosno kapacitet. To je količina podzemne vode koja se može crpeti u jedinici vremena. Izdašnost bunara zavisi od konstrukcije bunara, karakteristika vodonosnog sloja i od opštih hidrogeoloških uslova vodonosne sredine.

U cilju provere rezultata dobijenih istražnim radovima i definisanja optimalnog kapaciteta izvedenih eksploatacionih bunara GT-1 i GT-2 u Gornjoj Trnavi, VP-1 u Vele Polju i BH-1 u Humu izvršena su naknadna testiranja, odnosno dopunski istražni radovi na bunarima. Dopunske istražne radove je izvelo preduzeće „Hidrogeocentar“ d.o.o. u periodu od 10.03.2014. godine do 24.03.2014. godine.

Na izvedenim eksploatacionim bunarima su izvedeni testovi probnog crpljenja, koji predstavljaju kontrolisane terenske eksperimente u cilju utvrđivanja hidrauličkih karakteristika toka vode u vodonosnom sloju.

Na osnovu analize rezultata prikupljenih tokom izvođenja kratkotrajnog opita crpenja proračunom se

određuju hidrogeološke karakteristike vodonosne sredine, kao i hidrogeološki parametri bunara i optimalni režim eksploatacije, dok se na osnovu rezultata prikupljenih tokom izvođenja dugotrajnog testa, vrši provera karakteristika dobijenim putem proračuna.

Za definisanje optimalnog kapaciteta eksploatacije podzemnih voda sa 4 izvedena eksploataciona bunara u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje, izvedenasu ukupno 4 kratkotrajna i 3 dugotrajna testa crpenja na bunarima.

Rezultati prikupljeni tokom izvođenja opita probnog crpenja obrađeni su grafoanalitičkim postupkom. Metoda obrade podataka opitnog crpenja u obliku dijagrama $S = f(\log t)$ poznata je u literaturi kao metoda Džekoba (Jacob) i primenjuje se na podatke opitnog crpenja sa konstantnim proticajem iz usamljenog savršenog bunara. Ovom metodom mogu se obraditi podaci koji se odnose na bunar i pijezometre koji se nalaze u tranzitnoj zoni strujnog polja.

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, metodom $S = f(\log t)$, određuju su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T (m^2/s) i koeficijent filtracije K (m/s), prema izrazima:

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{S_2 - S_1} \cdot \log \frac{t_2}{t_1} \quad [m^2/s] \quad (1)$$

$$K = \frac{T}{M} \quad [m/s] \quad (2)$$

Pri određivanju maksimalnog proticaja pri eksploataciji bunara prevashodno je potrebno voditi računa o obezbeđenju filtracione stabilnosti prifilterske zone bunara i obezbeđenju laminarnog režima strujanja. Na osnovu prvog uslova određuje se dozvoljena ulazna brzina po kriterijumu modifikovanog Ziharta, koji glasi:

$$V_d = \frac{\sqrt{K}}{30} \quad (3)$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost iznosi:

$$Q_{\max ul. brz.} = V_d \cdot M \cdot D_b \cdot \pi \quad (4)$$

Pored navedenih parametara, poseban značaj pri lociranju probno – eksploatacionih bunara ima radijus depresije R , koji se određuje preko formule Ziharta:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{K} \quad (5)$$

3.1.1. Testiranje bunara GT-1

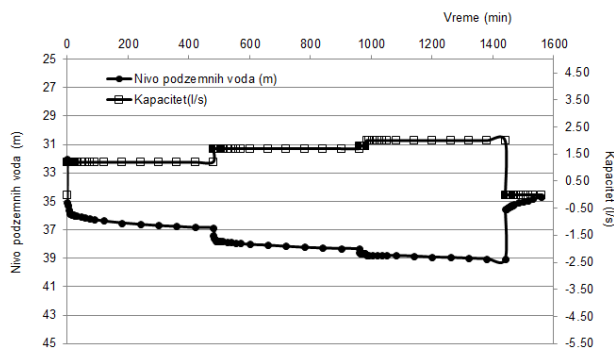
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 45 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 32,00 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta $Q_1 = 1,17$ l/s, $Q_2 = 1,66$ l/s i $Q_3 = 2,00$ l/s. Crpenje je započelo dana 10.03.2014. godine u 1800 i ukupno je trajalo 24 časa. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. U tabeli 5 su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 6- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru GT-1

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	1.17	4.87	480	0.240
Q ₂	1.66	6.33	480	0.262
Q ₃	2.00	7.06	480	0.283

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 2 časa.



Slika 7- Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru GT-1

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K:

$$T = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 3,43 \cdot 10^{-5} \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

prvo sniženje $Q_1 = 1,17$ l/s ($0,00117 \text{ m}^3/\text{s}$)

$S_1 = 3,8$ m

$S_2 = 4,8$ m

$$t_1 = 10 \text{ min}$$

$$t_2 = 480 \text{ min}$$

$$M = 10,5 \text{ m (ukupna debljina vodonosnog sloja)}$$

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 1,95 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max ul. brz.}} = 1,4 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (10,5 m)

D_b - prečnik bušenja (220 mm)

Nakon određivanja maksimalne količine vode potapajuća pumpa je nameštena za kapacitet $Q = 1,3$ l/s i dana 11.03.2014. godine u 20⁰⁰ je započet test u trajanju 45 časa. Nakon prestanka crpenja meren je povraćaj nivoa. Nakon 45 časa eksploatacije sa 1,3 l/s nivo podzemnih voda se nalazio na $H_d = 37,93$ m dubine, pri čemu je depresija iznosila $S = 5,93$ m.,

Radius depresije R, prema izrazu (5) iznosi:

$$R = 104,19 \text{ m}$$

3.1.2. Testiranje bunara GT-2

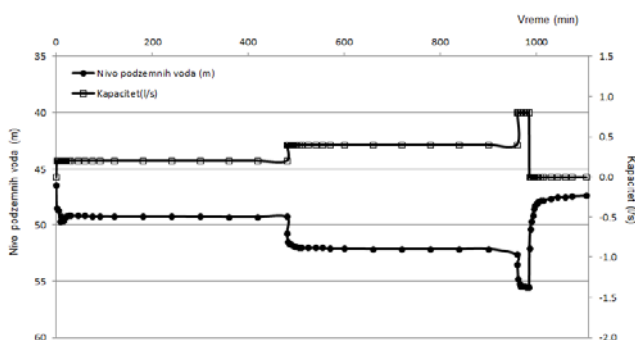
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 60 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 46,43 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta $Q_1 = 0,19$ l/s, $Q_2 = 0,43$ l/s i $Q_3 = 0,80$ l/s. Crpenje je započelo dana 18.03.2014. godine u 17⁰⁰ i ukupno je trajalo 16 časa i 25 minuta. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. Nakon 16 časa i 25 minuta kratkotrajnog testa, tj. prelaskom na $Q_3 = 0,8$ l/s došlo je do naglog zamućenja podzemnih voda. Ustanovljeno je da bunar nije ispran (i razrađen) od nečistoća. Iz bezbednosnih razloga test je prekinut. Treba napomenuti da je tokom prvog i drugog sniženja dolazilo do malog zamućenja podzemnih voda što nije smetalo eksploataciji podzemnih voda. U tabeli su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 7- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru GT-2

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	0,19	2,82	480	0,067
Q ₂	0,43	5,63	480	0,076
Q ₃	0,80	-	25	-

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 2 časa.



Slika 8–Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru GT-2

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K:

$$T = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

prvo sniženje Q₁ = 0,19 l/s (0,00019 m³/s)

S₁ = 2,7 m

S₂ = 2,85 m

t₁ = 10 min

t₂ = 480 min

M = 3 m (ukupna debljina vodonosnog sloja)

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 3,80 \cdot 10^{-4} \text{ m} / \text{s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max. ul. brz.}} = 0,9 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (3,0 m)

D_b – prečnik bušenja (250 mm)

3.1.3. Testiranje bunara VP-1

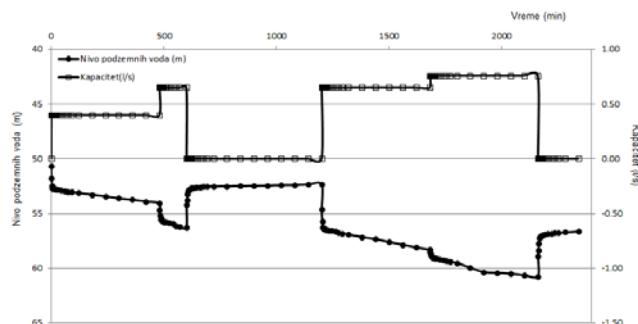
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 65 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 50,64 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta Q₁ = 0,40 l/s, Q₂ = 0,65 l/s i Q₃ = 0,76 l/s. Crpenje je započelo dana 14.03.2014. godine u 11⁰⁰ i ukupno je trajalo 26 časova, a po njegovom prestanku praćen je povratak nivoa vode u trajanju 13 časova. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. U tabeli su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 8- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru VP-1

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	0,40	3,41	480	0,117
Q ₂	0,65	5,65	600	0,085
Q ₃	0,76	10,11	480	0,075

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 13 časova.



Slika 9–Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru VP-1

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K:

$$T = 3,09 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K = 5,73 \cdot 10^{-6} \text{ m} / \text{s}$$

gde je:

prvo sniženje Q₁ = 0,4 l/s (0,0004 m³/s)

$S_1 = 2,5 \text{ m}$
 $S_2 = 3,4 \text{ m}$
 $t_1 = 200 \text{ min}$
 $t_2 = 480 \text{ min}$
 $M = 5,4 \text{ m}$ (ukupna debljina vodonosnog sloja)

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 7,98 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max ul. brz.}} = 0,31 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (5,4 m)
 D_b – prečnik bušenja (220 mm)

Nakon određivanja maksimalne količine vode potapajuća pumpa je nameštena za kapacitet $Q=0,44 \text{ l/s}$ i dana 16.03.2014. godine u 09⁰⁰ je započeo test u trajanju 48 časova. Posle 24 sati eksploatacije, nivo podzemnih voda je imao tendenciju opadanja, i usled toga je kapacitet smanjen na 0,22 l/s. Nakon prestanka crpenja meren je povraćaj nivoa. Nakon 24 časa eksploatacije sa 0,2 l/s nivo podzemnih voda se nije ustalio.

3.1.4. Testiranje bunara BH-1

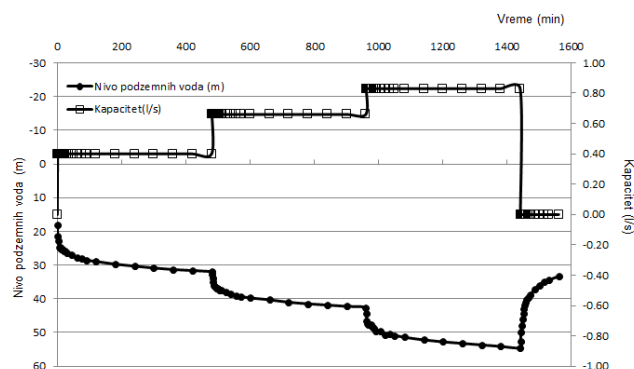
Crpenje je izvedeno električnom potapajućom pumpom koja se nalazila na dubini od 50 m. Pre izvođenja testa, izmeren je statički nivo podzemnih voda koji se nalazio na 18,20 m ispod površine terena.

Testiranje bunara izvedeno je sa tri kapaciteta $Q_1 = 0,40 \text{ l/s}$, $Q_2 = 0,66 \text{ l/s}$ i $Q_3 = 0,86 \text{ l/s}$. Crpenje je započelo dana 19.03.2014. godine u 19⁰⁰ i ukupno je trajalo 24 časova. Kapacitet pumpe je određen i kontrolisan zapreminskom metodom. U tabeli su prikazani podaci o kapacitetu crpenja, dužini trajanja opita i zabeleženoj depresiji.

Tabela 9- Kapacitet crpenja sa dužinom trajanja i zabeleženoj depresiji na bunaru BH-1

Sniženje	Q (l/s)	S (m)	t (min)	q (l/s/m)
Q ₁	0,40	13,75	480	0,029
Q ₂	0,66	24,35	480	0,027
Q ₃	0,83	36,30	480	0,023

Po prestanku crpljenja pristupilo se praćenju povratka nivoa vode u bunaru. Povratak nivoa je praćen ukupno 2 časa.



Slika 10–Rezultati kratkotrajnog opita probnog crpljenja na bunaru BH-1

Na osnovu rezultata opita probnog crpenja, prema izrazima (1) i (2), određene su filtracione karakteristike vodonosne sredine: koeficijent vodoprovodnosti (transmisibilnost) T i koeficijent filtracije K :

$$T = 1,76 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$K = 1,93 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

gde je:

prvo sniženje $Q_1 = 0,40 \text{ l/s}$ (0,0004 m³/s)

$S_1 = 6,4 \text{ m}$

$S_2 = 13,4 \text{ m}$

$t_1 = 10 \text{ min}$

$t_2 = 480 \text{ min}$

$M = 9,1 \text{ m}$ (ukupna debljina vodonosnog sloja)

Dobijena vrednost kritične (dozvoljene) brzine, prema izrazu (3) iznosi:

$$V_d = 4,63 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Maksimalna količina vode koja se može zahvatiti, a da se ne naruši filtraciona stabilnost, prema izrazu (4) iznosi:

$$Q_{\text{max ul. brz.}} = 0,31 \text{ l/s}$$

gde je:

M - debljina kaptiranog sloja (9,1 m)

D_b – prečnik bušenja (250 mm)

Nakon određivanja maksimalne količine vode potapajuća pumpa je nameštena za kapacitet $Q=0,30 \text{ l/s}$ i dana 20.03.2014. godine u 21⁰⁰ je započeo test. Nakon 10 sati utvrđeno je da se nivo tokom eksploatacije vraća, tj. ne opada. Pumpa je ugašena na 1 sat radi povratka, a u 8⁰⁰ povećan kapacitet na 0,5 l/s. Nakon prestanka crpenja, tj. 36 časova, meren je

povraćaj nivoa. Nakon 36 časova eksploatacije sa 0,5 l/s nivo podzemnih voda se nalazio na $H_d = 44,33$ m dubine, pri čemu je depresija iznosila $S = 26,13$ m.

Radijus depresije R , prema izrazu (5) iznosi:

$$R = 109,74 \text{ m}$$

3.2. ANALIZA REZULTATA DOPUNSKIH ISTRAŽNIH RADOVA NA LOKALITETU GORNJA TRNAVA, VELE POLJE I HUM

Obradom podataka za 4 kratkotrajna i 3 dugotrajna testa crpenja dobijeni su sledeći podaci:

Tabela 10- Kratkotrajni test crpenja

Oznaka bunara	T (m ² /s)	K (m/s)	V _d (m/s)	Q _{max} (l/s)
GT-1	3,60 * 10 ⁻⁴	3,43 * 10 ⁻⁵	1,95 * 10 ⁻⁴	1,40
GT-2	3,90 * 10 ⁻⁴	1,30 * 10 ⁻⁴	3,80 * 10 ⁻⁴	0,90
VP-1	3,09 * 10 ⁻⁵	5,73 * 10 ⁻⁶	7,98 * 10 ⁻⁵	0,30
BH-1	1,76 * 10 ⁻⁵	1,93 * 10 ⁻⁶	4,63 * 10 ⁻⁵	0,30

Tabela 11- Dugotrajni test crpenja

Oznaka bunara	Q (l/s)	H _d (m)	S (m)	R (m)
GT-1	1,3	37,93	5,93	104,19
VP-1	0,2	62,02	-	-
BH-1	0,5	44,33	26,13	109,74

Dopunska istraživanja su potvrdila relativno skromne količine (ukupno 2.9 l/s) podzemnih voda iz izvedenih eksploatacionih bunara, ali su ukazala na određene probleme u eksploataciji bunara (zamućenje bunara, nivo vode se ne ustaljuje posle dužeg vremenskog perioda, značajna depresija pri dugotrajnom testu crpljenja), posebno bunara GT-2 i VP-1, što ukazuje na neadekvatnu razradu bunara, pa se preporučuje da se izvrši adekvatna razrada bunara, pre njihovog puštanja u eksploataciju.

Dobijeni rezultati dopunskih istraživanja su potvrdili da se radio relativno skromnim količinama podzemnih voda iz izvedenih bunara, koje samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem poljoprivrednih površina u atarima sela Gornja Trnava, Vele Polje i Hum (cca 50 ha) i ukazali na neophodnost obezbeđenja dodatnih količina vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina iz novih izvorišta u budućnosti.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat prikaz hidrogeoloških istražnih radova izvršenih za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina u atarima sela Hum, Gornja Trnava i Vele Polje i postupak određivanja značajnih hidrodinamičkih parametara koji definišu karakteristike vodonosne sredine i izdašnost bunara i analizirane su količine i kvalitet podzemnih voda za navodnjavanje navedenih poljoprivrednih površina.

Dobijeni rezultati predstavljaju dobru osnovu i putokaz za dalja istraživanja neophodna za projektovanje sistema navodnjavanja na poljoprivrednim površinama u atarima sela Gornja Trnava, Vele Polje i Hum. U cilju dalje realizacije projekta navodnjavanja poljoprivrednih površina potrebno je izvršiti dodatne istražne radove kako bi se osigurali podaci o stanju tla (poroznost, mehanicki sastav zemljišta, vodne konstante potrebne za proračun norme zalivanja: poljski vodni kapacitet, lentokapilarna tačka, tačka trajnog venuca) i podzemnih voda (kapacitet bunara, pokazatelji kvaliteta vode za navodnjavanje) kao osnovnih elemenata za sprovođenje navodnjavanja, kao i podaci potrebni za hidrotehničko rešenje i projektovanje objekata.

Uzimajući u obzir dobijene rezultate istražnih radova i dopunskih istražnih radova, iako se oni moraju shvatiti kao preliminarni i kao putokaz za dalja istraživanja, može se zaključiti da su količina i kvalitet podzemnih voda iz izvedenih eksploatacionih bunara skromne i da samo delimično mogu da zadovolje potrebe za navodnjavanjem predmetnih poljoprivrednih površina i da je u budućnosti neophodno obezbediti dodatne količine vode za navodnjavanje iz novih izvorišta.

ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvojsistemapodrškeodlučivanjuzapotrebeintegralnogupravljanjavodnimresursimanaslivu", ev. Broj TR37018.

LITERATURA

[1] *Generalni projekat sa prethodnom studijom opravdanosti eksploatacije identifikovanih podzemnih voda za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih parcela na*

lokaciji sela Gornja Trnava, Hum i Vele Polje, PSG INŽENJERING“ NIŠ, 2014.

[2] *Izveštaj o izvedenim radovima na testiranju bunara na lokalitetu Gornja Trnava, Vele Polje i Hum za potrebe Uprave za poljoprivredu i razvoj sela iz Niša*, doo Hidrogeocentar Beograd, 2014.

[3] *Izveštaj o karotažnim ispitivanjima bušotine IEB-GT1 u selu Gornja Trnava kod Niša*, GEOING GRUP d.o.o., 2013.

[4] *Izveštaj o karotažnim ispitivanjima bušotine IEB-GT2 u selu Gornja Trnava kod Niša*, GEOING GRUP d.o.o., 2013.

[5] *Studija: Analiza mogućnosti korišćenja površinskih i podzemnih voda pogodnih za navodnjavanje poljoprivrednih kultura na teritoriji grada Niša*, Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi”, 2013.

[6] *Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na bušenju istražnih bunara na lokalitetu Gornja Trnava*, GEOSONDA – Istražno bušenje d.o.o., 2013.

[7] *Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na bušenju istražnog bunara na lokalitetu Hum*, GEOSONDA – Istražno bušenje d.o.o., 2013.

[8] *Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na bušenju istražnog bunara na lokalitetu Vele Polje*, GEOSONDA – Istražno bušenje d.o.o., 2013.

[9] Trajković, M.: *Seminarski rad: Analiza izvorišta podzemnih voda za potrebe navodnjavanja*, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2014.