

DOI 10.51558/2303-5161.2025.13.13.17

Naučni rad

HIDROGEOLOŠKA TESTIRANJA BUNARA U GRUPNOM RADU IZVORIŠTA BARICE, OPĆINA ŽIVINICE

Dinka Pašić-Škripić¹, Meris Hajdarević²¹Redovni profesor, RGGF Tuzla, Univerzitet u Tuzli, Univerzitetska 2, BiH, dinka.pasic@untz.ba²Magistar, Služba za stambeno komunalne poslove, zaštitu okoliša i inspekcije općina Banovići, meris.hajdarevic11@gmail.com

Rezime

Vodoopskrba stanovništva pitkom vodom grada Živinice duži vremenski period nije na zadovoljavajućem nivou. Veća naselja posjeduju lokalne vodovodne sisteme, a grad Živinice sa prigradskim naseljima i naselje Dubrave, se snabdijeva pitkom vodom sa zajedničkog vodovodnog sistema Tuzle i Lukavca iz pravca pumpne stanice “Spreča” (izvorišta Toplica). Osnovni problemi u snabdijevanju pitkom vodom se odnose na nedostatne količine vode, mali rezervoarski prostor, niski pritisci u mreži, a što uslovljava česte restrikcije u vodoopskrbi.

U cilju poboljšanja snabdijevanja pitkom vodom navedenog prostora, izvedena su hidrogeološka istraživanja kako bi se zahvatile nove količine vode sa izvorišta “Barice”, Općina Živinice.

Izvršena su hidrogeološka i geološka kartiranja istražnog prostora, te izbušene pijezometrijske bušotine i bunari. Imajući u vidu da se pijezometri i bunari prihranjuju iz istih vodonosnih slojeva, na osnovu mjerenja nivoa podzemnih voda prilikom izrade novih bunara, primjećen je uticaj smanjenja nivoa vode na okolnim hidrogeološkim objektima prilikom opitnog crpljenja bunara, te je izvršeno testiranje bunara u grupnom radu.

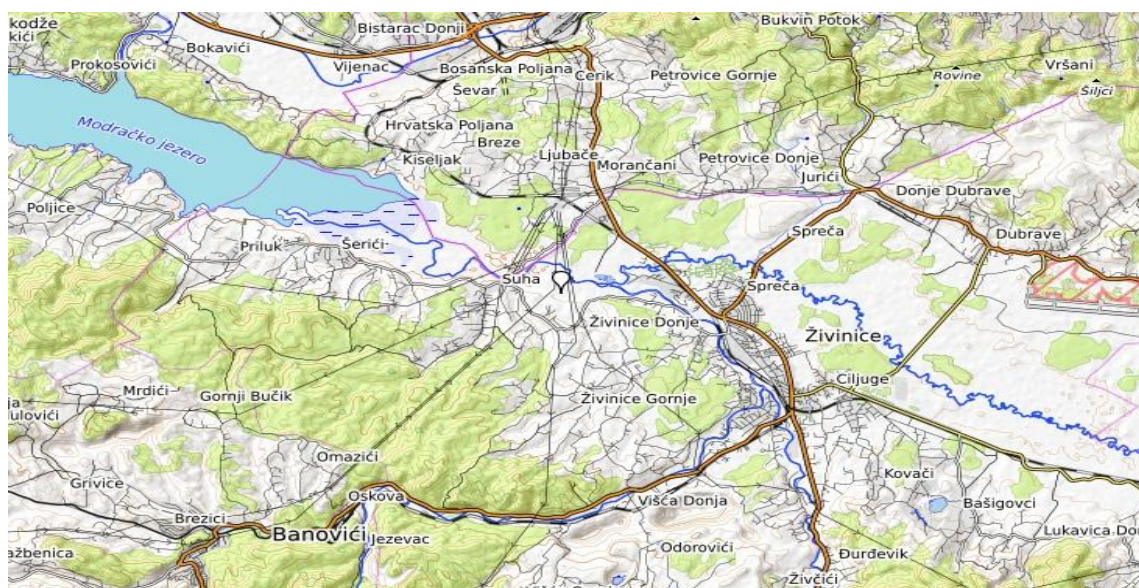
Ključne riječi: hidrogeološka testiranja, vodozahvatni objekti, opitno crpljenje bunara, kapacitet izvorišta, vodosnabdijevanje

UVOD

Istražni prostor obuhvata površinu od 15 km² i nalazi se na oko 2 km od grada Živinice. Teren je pretežno ravničarski, i obuhvata dio Sprečkog polja sa apsolutnim visinama od 203 do 209 m.nm. Ovakav reljef sa izraženim strmim nagibima u južnom dijelu, uslovio je razvijenu hidrografsku mrežu povremenih ili stalnih vodotoka čiji su pravci toka uglavnom orijentisani pravcem jug – sjever.

U centralnom dijelu terena u dijelu pliocen-kvartarnih naslaga, gdje teren iz strmog prelazi u blago zatalasani, formiran je veći broj paralelnih riječnih dolina usječenih skoro do jurskih naslaga. Istražni prostor pripada slivnom području rijeke Spreče koja je glavni recipijent Tuzlanskog kantona. Prema podacima mjerenja nizvodno od istražnog prostora (Modrac), najmanji srednji mjesečni protoci rijeke Spreče su u mjesecu septembru (6,69 m³ /sec) , a

najveći u februaru ($30,5\text{m}^3/\text{sec}$), dok srednji godišnji proticaj iznosi ($16,3\text{m}^3/\text{sec}$). Kratkotrajna osmatranja nivoa podzemne vode na izvedenim pijezometrima u toku istraživanja u periodu od 1989. do 2019. godine pokazuju četiri izdvojena vodonosna sloja (izdani).



Slika 1. Geografski položaj BBS-1A, BBS-2A, BBS-5

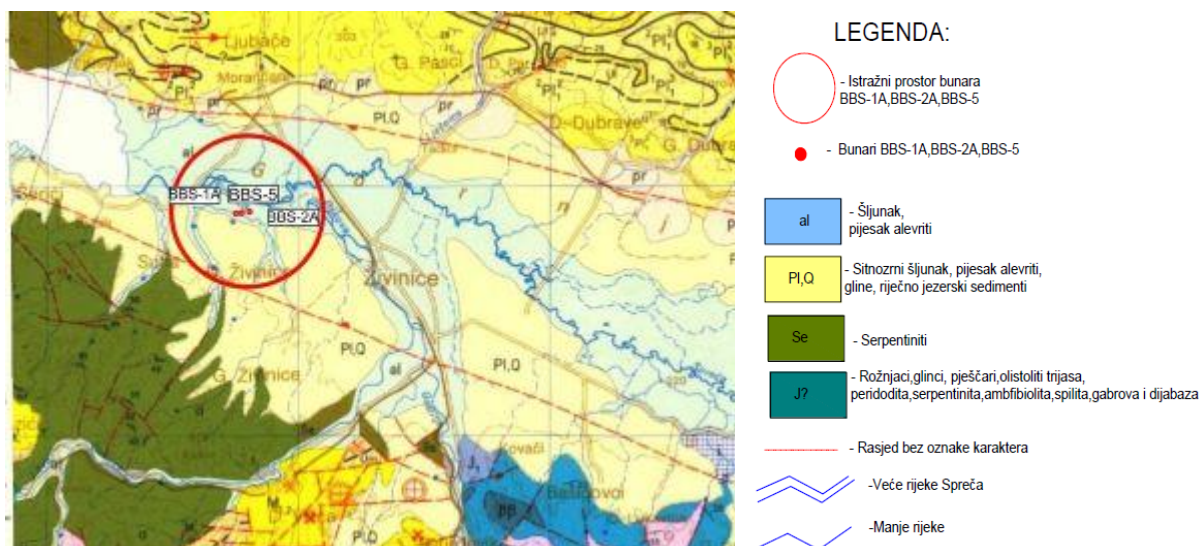
Izvedeni bunari prihranjuju se iz istih vodonosnih slojeva, te je prilikom opitnih crpljenja bunara primjećen međusobni uticaj i smanjenje nivoa vode, a pri crpljenju većim kapacitetima od $24,00\text{ l/s}$ dolazilo je do obaranja dinamičkog nivoa i isti nije mogao postići približno ustaljenje. U istom vremenskom intervalu praćen je nivo vode na ostalim dostupnim hidrogeološkim objektima.

Kopani bunar pored puta, neposredno pored bunara kojima se snabdijevaju MZ Barice, koji je okarakterisan kao arteška izdan kapaciteta $2,48\text{ l/s}$, prilikom crpljenja bunara u grupnom radu kapacitetima većim od 15 l/s , potpuno presuši.

Bunari koji rade pod nepovoljnim režimom, trpe štetu pribunarske zone, kao i bunarske pumpe koje rade punom snagom i kapacitetom. S obzirom na opisani režim rada bunara, može vrlo brzo doći do kolmacije bunara i pribunarske zone, a zbog prekoračenja dozvoljenih ulaznih brzina do turbulentnog režima tečenja, što rezultira smanjenje izdašnosti i ubrzano „starenje“ bunara.

1. OPŠTE GEOLOŠKE KARKTERISTIKE PODRUČJA

Istražni prostor Barice, pripada geotektonskoj jedinici centralna ofiolitska zona sa raznovrsnim ultrabazičnim stijenama masiva Konjuha, jurske starosti, a pretežno su prekrivene sa pliocen-kvartarnim i aluvijalnim naslagama.



Slika 2. Geološka karta šire razmjere 1: 100 000 urađena na osnovu OGK list Tuzla.

JURA

Razvijen je dio donje jure i dijabaz –rožnačka formacija koja, vjerovatno odgovara srednjoj, a i gornjoj juri. Istražni prostor pripada centralnoj ofiolitskoj zoni, u koje spadaju raznovrsne ultrabazične stijene masiva Konjuha i Ozrena (šira okolina Banovića), na krajnjem jugozapadnom dijelu. U okviru jurskih naslaga na ovom razmatranom području obuhvaćene su stijene pretežno peridotita i veoma malo serpentinita.

Peridotiti (P)

Javljaju se južno od Banovića kao sjeverozapadni ultramafitski masiv Konjuha. Odnos peridotita sa drugim magmatskim članovima i sedimentima je tektonski sa kataklaziranim i manjim ili većim milonitiziranim zonama. Prema J. Pamiću (1964) peridotiti sa ostalim ultramafitima su intrudovani kao čvrsta i hladna tijela u jurske sedimente što tumači odsustvom strukturnog sklada sa okolnim stijenama i podkata kontaktnog metamorfizma.

Serpentiniti (Se)

U sastavu serpentinita ulaze serpentin, zatim brojni drugi sekundarni minerali kao hlor, talk, limonit, ponekad karbonati, kvarc, opal i kalcedon. Česti su reliktni netransformisani primarni minerali, kao što su olivin i pirokseni. Na istražnom prostoru su prisutni samo u Gornjim Živinicama na prostoru naselja Šabanovići i Rahmanovići.

PLIO-KVARTAR (Pl,O)

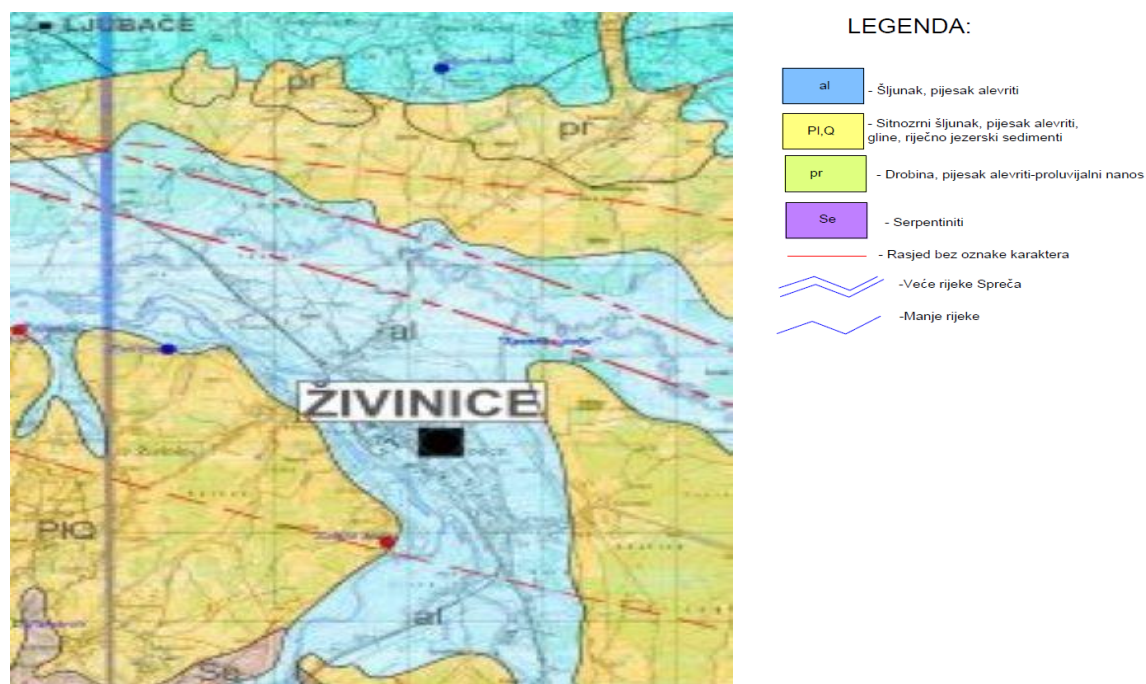
Pliocenske naslage, na Tuzlansko-Živiničkom području su predstavljene pontom, koji se dijeli na donji pont (novorojski kat) i gornji pont (portoferijski kat). Značajnija sedimentacija vrši se jedino u sprečkoj tektonskoj depresiji. Obod tektonskog rova, koji se izdiže neotektonskim pokretima, postaje distribuciono područje terigenog materijala, od kojeg su stvorene debele naslage klastičnih stijena, akvatično-riječno-jezerskog porijekla. U sastavu dominiraju glinovito-pjeskoviti sedimenti; alevroliti, laporovite i laporovito-pjeskovite gline, pijesak i šljunak.

KVARTAR**Riječni sedimenti (al)**

Ove tvorevine izdvojene su u dolini Spreče i njenih pritoka. Uz tok Spreče u Sprečkom polju, riječni nanos je izdvojen u jednom nivou kao prikoritski aluvijum (inundaciona terasa). Saglasno geološkoj građi basena riječnog sliva i energiji toka, u nanosu dominiraju sitnozrni sedimenti povodanjskih facija alevrolitsko-glinovitog i pjeskovitog sastava nad šljunkovito-pjeskovitim nanosom – facija korita. Značajno učešće šljunka i pijeska zapaža se kod ušća većih lijevih pritoka kao što je Oskova. U odnosu na riječne nanose ostalih tokova nanos Oskove se bitno razlikuje po granulometrijskom i mineraloško-petrološkom sastavu, zbog drugačije geološke osnove sliva i većeg gradijenta pada toka.

2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Sprečko polje predstavlja prostranu zatvorenu depresiju, dužine oko 40 km i prosječne širine pet kilometara, smješteno na južnom dijelu tuzlanskog neogenog bazena. Depresija je uslovljena poznatim Sprečanskim rasjedom, pružanja SZ-JI, između eocenskog horsta Majevica i Trebovca na sjeveru i ofiolitske zone na jugu. Uže područje Sprečkog polja kao izvorišta za vodosnabdijevanje Tuzle, ograničeno je na područje od ušća Spreče u jezero Modrac (Maline) do ušća Gribaje u Spreču, u dužini oko 10 km. Duboka depresija je uslovila debele naslage aluvijalnog nanosa rijeke Spreče, čiji sastav odražava kolebanje u intenzitetu i karakteru sedimentacije i pravcima donosa materijala. U šljunkovitim partijama je pretežno prisutan materijal rožnačkog porijekla (dijabaz rožna formacija ofiolitskog kompleksa na jugu) a u pjeskovito-glinovitim partijama materijali kvarcnog sastava i minerali glina, porijeklom iz klastita neogenog bazena na sjeveru.



Slika 3. Hidrogeološka karta sa legendom izvorišta Barice

Izvorište “Barice” je locirano duž lijeve obale rijeke Spreče, nizvodno od ušća Oskove i predstavlja dio južnog oboda aluvijalnog hidrogeološkog kompleksa Sprečkog polja. Ograničeno je sa sjeverne strane meandriranim koritom Spreče, a sa južne strane pliocen-kvartarnom terasom.

Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, uže područje “Barice-Maline” je u osnovi izgrađeno od:

- pliocen kvartarnih terasnih naslaga glinovito-pjeskovito-šljunkovitog sastava i
- šljunkovito-pjeskovito-glinovitih aluvijalnih naslaga doline Spreče i Oskove.

Filtracione karakteristike

Dosadašnjim istraživanjima su filtracione karakteristike određivane uglavnom na osnovu opitnih crpljenja na pijezometarskim bušotinama. Ovi objekti su izrađeni u različito vrijeme, različitim konstruktivno tehničkim karakteristikama i crpljeni različitim metodama, pa su i to datatni razlozi za neujednačenost rezultata.

Navedenim istraživanjima dobivene su slijedeće srednje vrijednosti filtracionih parametara transmisivnosti (T), koeficijenta filtracije (k), specifične izdašnosti (μ) i koeficijenta pijezoprovodnosti (a).

$$\begin{aligned} T &= 2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} & \mu &= 0,044 \\ k &= 1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s} & a &= 3,11 \times 10^{-1} \end{aligned}$$

Uočava se da su vrijednosti filtracionih parametara dobivenih za područje Barice u granicama vrijednosti šireg područja (izuzev područja Malina), te se za orjentacione proračune mogu koristiti njihove srednje vrijednosti.

Hidrodinamičke karakteristike

U užem području "Barice" hidrodinamičko stanje je još uvijek vjerovatno neporemećeno, kako zbog udaljenosti (oko 5 km), tako i zbog vjerovatne hidrauličke odvojenosti rijekom Sprečom kao hidrogeološkom granicom sa konstantnim nivoom.

Kratkotrajna osmatranja nivoa podzemne vode na izvedenim piježometrima u toku istraživanja u periodu od 1989. do 2019. godine pokazuju četiri izdvojena vodonosna sloja (izdani) i to:

I vodonosni sloj (plitka freatska izdan - sa slobodnim nivoom) do dubine 6,0 metara,

II vodonosni sloj (I arteška izdan - pod pritiskom) dubine od 8,0 m do 21,5 metara,

III vodonosni sloj (II arteška izdan - pod pritiskom) dubine od 15,0 do 30,0 metara i

IV vodonosni sloj (III arteška izdan - pod pritiskom) dubine preko 53,0 metra.

Ovo ukazuje na složene uslove hranjenja i dreniranja. Prihranjivanje je podzemnim priticaem iz šireg okruženja i starijih pliocen-kvartarnih sedimenata bočno i po dubini. Slab arteški nivo ukazuje na niži hipsometrijski položaj područja prihranjivanja. Viši arteški pritisak na visokom području (kote 207), a niži u području korita Spreče (kote približno 203) ukazuje na posredno dreniranje u području rijeka Spreče i Oskove. Nedostatak kontinuiranih osmatranja nivoa podzemne vode kod ovih izdani onemogućava detaljniju interpretaciju hidrodinamičkih odnosa.

Izrada piježometrskih bušotina

Nakon interpretacije rezultata prethodnih istraživanja i detaljnog hidrogeološkog kartiranja, izvršeno je lociranje istražnih bušotina PBBS-3, PBBS-5 i PBBS-1A, PBBS-2A.

Kod određivanja lokacija bušotina vodilo se računa i o postojećem stanju izvedenih objekata vodosnabdijevanja na području izvorišta „Barice“, jer su na istražnom području izvorišta postojala dva bunara. Jedan bunar na lokalitetu Mišića koji je izveden u periodu 1989. godine i drugi bunar (označen kao PB-3) na lokalitetu Ravan, za potrebe vodosnabdijevanja naselja Suha. Kod određivanja lokacija, pored ostalog, je vođeno računa o tri postojeća bunara na području izvorišta „Barice“, koja su u tom trenutku imala izgrađenu vodovodnu infrastrukturu. Zbog toga, nakon usaglašavanja, kao najpovoljnije lokacije za izvođenje istražnih bušotina su definisane na parcelama K.O. Živinice Donje (PBBS-5) , (PBBS-1A) (PBBS-2A).

Izvođenje bunara BBS-4, BBS-5, BBS-1A, BBS-2A

Nakon izvođenja piježometara i prethodno navedenih radova urađen je Preliminarni izvještaj u kome je predloženo izvođenje tri bunara dubine po 35 metara.

Bunari se izvedeni kao istražni sa normalnim profilima i sa mogućnošću da se koriste za trajnu eksploataciju. Konceptijom je predviđeno zahvatanje trećeg vodonosnog sloja. Dubina bunara je identična i iznosi 35 metara.

Bunari su bušeni rotacionom metodom direktnim ispiranjem sa čistom vodom. Bušenje je započeto prečnikom Φ 600 mm do dubine 10,0 metara i sukcesivno je ugrađivana zaštitna kolona Φ 508/495 mm, odnosno standardna čelična cijev. Uvodna kolona je tamponirana glinom po cijeloj dužini prstenastog prostora bušotine.

Cilj ugradnje zaštitne kolone je izoliranje gornjih vodonosnih slojeva. Nakon ugradnje zaštitne kolone do 10,0 metara, bušenje je nastavljeno dlijetom prečnika Φ 400 mm do dubine od 35 metara.

Nakon dostizanja dubine od 35,00 metara na bunarima BBS-4, BBS-1A, u bušotine je ugrađena bunarska konstrukcija koja se sastoji od zaštitno eksploatacione kolone Φ 273/260 mm sa filterima u nizu, promjera Φ 250/202 mm i taložnikom. Filteri su motani žičani, širine otvora oko 1,0 mm. Spajanje cijevi je izvedeno pomoću standardnih prstenova varenjem.

Nakon dostizanja dubine od 35 metara na bunarima BBS-5, BBS-2A je ugrađena bunarska konstrukcija koja se sastoji od PVC eksploatacione kolone Φ 225/200 mm sa filterima u nizu, promjera Φ 225/200 mm i taložnikom. Filteri su šlicani, širine otvora oko 2,0 mm. Spajanje cijevi je izvedeno pomoću navoja, a nakon ugradnje zaštitno eksploatacione i filterske konstrukcije izvršeno je zasipavanje prstenastog prostora bušotine granuliranim filterskim zasipom veličine zrna Φ 4-8 mm do dubine oko 10 metara. Ostali prstenasti prostor do vrha tamponiran je glinom. Razrada i osvajanje bunara izvedeno je metodom zračnog ispiranja (aerliftovanje), u potrebnom vremenskom periodu do izbistrenja i izbacivanja nepoželjnih čestica.

Testiranje bunara je obavljeno opitnim crpljenjem upotrebom „STTEP TESTA“ sa tri crpne količine, Test Constant, i mjerenja povrata Recovery testa sa kratkim prekidima. Preliminarnim testiranjem su ustanovljeni slijedeći kapaciteti:

Bunar BBS-4 - $Q = 1,20$ l/s

Bunar BBS-1A - $Q = 6,20$ l/s

Bunar BBS-5 - $Q = 6,80$ l/s

Bunar BBS-2A - $Q = 6,50$ l/s

3. PRELIMINIRNA POJEDINAČNA OPITNA CRPLJENJA NA BUNARIMA BBS-5, BBS-1A, BBS-2A

Opitno crpljenje bunara BBS-5

Zbog specifičnosti lokacije koju karakteriše subarteški pritisak vode opitno crpljenje izvedeno je kombinovanom metodom, sa potapajućom pumpom, snage 5,5 kW, ugrađene na pocinčanim cijevima prečnika $\varnothing$ 2 cola, na dubini od 10 metara.

U sklopu opitnog crpljenja primjenjena je metoda stepenastog sniženja nivoa (STEP-TEST) sa tri crpne količine i to: $Q_1 = 4,00$ l/s, $Q_2 = 6,00$ l/s i $Q_3 = 6,80$ l/s.

Pri tome su dobiveni slijedeći parametri:

- Statički nivo prije početka crpljenja je 0,2 metra,
- Kapacitet crpljenja je 6,80 l/s,
- Dinamički nivo vode u bunaru 4,50 metra,
- Sniženje u bunaru 4,30 metra i
- Specifični kapacitet 1,58 l/s/m.

Nakon izvršenog step testa izvršeno je osmatranje povrata na statički nivo (RECOVERY test) u potrebnom vremenskom periodu.

Po izvršenom osmatranju povrata na statički nivo izvršen je test Constant sa $Q_{\max} = 6,80$ l/s, kao i mjerenje povrata na statički nivo po završenom testu Constant.

Opitno crpljenje na bunaru BBS-1A

Zbog subarteškog pritiska vode, opitno crpljenje izvedeno kombinovanom metodom sa potapajućom pumpom, snage 5,5 kW, ugrađene na pocinčanim cijevima prečnika Ø 2 cola, na dubini od 10 metara.

U sklopu opitnog crpljenja primjenjena je metoda stepenastost sniženja nivoa (STEP-TEST) sa tri crpne količine i to: $Q_1 = 4,00$ l/s, $Q_2 = 6,00$ l/s i $Q_3 = 6,20$ l/s.

Pri tome su dobiveni sl.parametri:

Statički nivo prije početka crpljenja je 0,2 metra,

- Kapacitet crpljenja je 6,20 l/s,
- Dinamički nivo vode u bunaru 7,80 metara,
- Sniženje u bunaru 7,60 metara i
- Specifični kapacitet 0,81 l/s/m.

Nakon izvršenog step testa izvršeno je osmatranje povrata na statički nivo (RECOVERY test) u potrebnom vremenskom periodu.

Po izvršenom osmatranju povrata na statički nivo izvršen je test Constant sa $Q_{\max} = 6,20$ l/s, kao i mjerenje povrata na statički nivo po završenom testu Constant.

Opitno crpljenje bunara BBS-2A

Subarteški pritisak vode uslovio je opitno crpljenje izvedeno kombinovanom metodom sa potapajućom pumpom, snage 5,5 kW, ugrađene na pocinčanim cijevima prečnika Ø 2 cola, na dubini od 17 m.

U sklopu opitnog crpljenja primjenjena je metoda stepenastost sniženja nivoa (STEP-TEST) sa tri crpne količine i to: $Q_1 = 4,00$ l/s, $Q_2 = 6,00$ l/s i $Q_3 = 6,50$ l/s.

Dobiveni su parametri:

Statički nivo prije početka crpljenja je 0,2 metra,

- Kapacitet crpljenja je 6,50 l/s,
- Dinamički nivo vode u bunaru 9,0 metara,
- Sniženje u bunaru 8,80 metra i
- Specifični kapacitet 0,73 l/s/m.

Nakon izvršenog step testa izvršeno je osmatranje povrata na statički nivo (RECOVERY test) u potrebnom vremenskom periodu.

Po izvršenom osmatranju povrata na statički nivo izvršen je test Constant sa $Q_{\max} = 6,50$ l/s, kao i mjerenje povrata na statički nivo po završenom testu Constant.

4. OPITNO CRPLJENJE BUNARA U GRUPNOM RADU

Cilj crpljenja bunara u grupnom radu, bio je da se odrede hidrauličke karakteristike i eksploatacioni parametri bunara kroz međusobni uticaj (kapacitet, sniženje, hidraulički gubici) po uobičajenim metodama. Obzirom da se radi o objektima predviđenim za dugotrajan rad i imajući u vidu da se svi bunari prihranjuju iz istih vodonosnih slojeva, opitno crpljenje se izvelo u dva dijela.

Prvi dio sa jednom količinom trajalo je do približnog ustaljenja nivoa u bunarima (± 3 cm).

Crpljenje je započeto sa zadatom količinom Q_1 tako da je naredna količina iznosila $Q_2 = 1,5$ do $2 \times Q_1$, a zadnja količina Q_3 obezbijedila je maksimalno dozvoljeno sniženje i to 2,0 m iznad vrha pumpi u bunarima. Nakon ustaljenja za treću količinu obustavljeno je crpljenje i osmatran povrat nivoa podzemne vode do statičkog nivoa.

Nakon ovog testiranja kada su dobiveni preliminarni rezultati, obavljeno je produženo crpljenje sa jednom konstantnom količinom. Pojedinačni crpni kapaciteti na bunarima su:

$$Q_1 = 5,0 \text{ l/s}, Q_2 = 6,50 \text{ l/s} \text{ i } Q_3 = 8,00 \text{ l/s}$$

Tokom opitnog crpljenja vršeno je kontinuirano mjerenje nivoa podzemne vode na crpnim bunarima i okolnim pijezometrima. Osmatranje povratka NPV do statičkog nivoa, izvedeno je samo nakon zadnje crpne količine. Kod opitnog crpljenja kao osmatračke tačke korišteni su postojeći bunari (minimalno 2).

Nakon stepenastog testa sniženja u trajanju od 36 sati odredila se crpna količina za produženo crpljenje sa konstantnom količinom. Tokom opitnog crpljenja sa konstantnom količinom vršeno je kontinuirano mjerenje nivoa podzemne vode na crpnom bunaru i osmatračkim tačkama.

Prilikom obavljanja probnog crpljenja registrovani su svi relevantni podaci, a naročito:

- kapacitet crpljenja na bunaru, (vodomjer ili normirana blenda),
- statički NPV prije početka crpljenja na crpnom bunaru i osmatračkoj tački,
- dinamički NPV u toku crpljenja i vrijeme uzimanja podataka, te
- stanje ispravnosti crpnog sistema (pumpa, komande napajanja i dr.).

Prilikom opitnog crpljenja bunara u grupnom radu vršeno je mjerenje nivoa vode u okolnim pijezometrima i bunarima, te prilikom crpljenja sva tri bunara kapacitetom od 5 l/s primjećeno je da se nivo vode u bunarima nije uspio ustaliti, konstantno je dolazilo do pada nivoa u bunarima i pijezometrima, tako da je za 3 sata mjerenja, nivo vode opadao oko 20 cm za 1 (jedan) sat. Zbog toga je smanjen kapacitet vode na bunaru BBS-2A na 4,50 l/s jer je na istom konstantovano najviše sniženje i to do – 7,70 metara.

Nakon smanjenja kapaciteta na bunaru BBS-2A na 4,50 l/s, nastavljeno je opitno crpljenje bunara u grupnom radu sa kapacitetima od 5,0 l/s na bunarima BBS-5, BBS-1A.

5. OCJENA KAPACITETA IZVORIŠTA

Nakon obavljenog crpljenja bunara u grupnom radu izvorišta Barice-Maline, nužno je primjeniti odgovarajuću hidrogeološku šematizaciju i određene pretpostavke uobičajene za analitička rješenja procesa filtracije podzemne vode.

Na osnovu prikaza hidrogeoloških odnosa u području izvorišta i usvojene koncepcije zahvatnih objekata, može se usvojiti da je izvorište dvoslojna homogena i izotropna porozna sredina, u režimu pod pritiskom, sa dvije uslovno paralelne granice (sloj traka). Jedna granica (južna) je slabo propusna pliocenkvertarna - šljunkovito pjeskovita terasa i zbog pojednostavljenja proračuna se usvaja granični uslov $Q = 0$ (nepropusna granica). Druga granica (sjeverna) može biti tretirana dvojako.

U prvom slučaju, ako je korito Spreče i Oskove u hidrauličkoj vezi sa vodonosnim slojevima onda važi granični uslov $h = \text{cons.}$ Ukoliko ova hidraulička veza nije ostvarena (zbog izolatorskog sloja gline) onda je polje filtracije uslovno neograničeno. Ova dilema treba da se razjasni dodatnim istraživanjima, a za sada se proračun proveo po II varijanti graničnih uslova ($h = \infty$).

Proračun kapaciteta se proveo za nestacionarni režim filtracije i vremena

$$t = 4 \text{ dana}$$

Obzirom da se radi o produženom periodu crpljenja, odnosno trajnoj eksploataciji, gdje je parametar:

$$\mu = r^2/4at \leq 0,05$$

eksponencijalna forma „bunarske funkcije” $W(u)$ treba aproksimirati logaritamskom sa dovoljnom tačnošću rezultata (greška <10%)

$$W(u) = Ei\left(-\frac{r^2}{4at}\right) \cong \ln \frac{2,25 T t}{r^2 \mu}$$

Prema tome, za proračun kapaciteta pojedinačnog savršenog bunara u datim hidrogeološkim uslovima i za zadato sniženje primjenit će se izraz

$$Q = \frac{4 \pi T}{S} \left[\frac{2,25 T t}{r^2 \mu} - \ln \frac{2,25 T t}{4a^2 \mu} + \ln \frac{2,25 T t}{4b^2 \mu} \right]$$

Primjenjujući granični uslov $h = \infty$ obrazac za proračun je slijedeći:

$$Q = \frac{4 \pi T}{S} \left[\ln \frac{2,25 T t}{r^2 \mu} + \ln \frac{2,25 T t}{4 b^2 \mu} \right]$$

Ulazne vrijednosti pojedinih parametara:

$$Ssr = 5,88 \text{ m}, T = 2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} = 241,9 \text{ m}^2/\text{dan}, r = 0,10 \text{ metara}$$

$$\mu = 0,044, t = 4 \text{ dana}, b = 300 \text{ metara}$$

gdje je:

$$Q - \text{kapacitet bunara (m}^3/\text{s)}$$

- T - koeficijent transmisivnosti (m^2/s)
S - sniženje u bunaru (zadato)
r - poluprečnik bunara
 μ - specifična izdašnost
b - udaljenost bunara od nepropusne granice ($Q=0$)
t - vrijeme crpljenja

Filtracioni parametri T i μ su uzeti kao srednje vrijednosti za područje filtracije.

Iz čega proizilazi:

$$Q = 15,07 \text{ l/s}$$

Proračun je izvršen na osnovu opitnog crpljenja, međutim potrebno je voditi računa da se na izvoristu nalazi već 7 bunara koji međusobno imaju uticaj jedan na drugi. Činjenica je da bunari nemaju mogućnost crpljenja preko 5 l/s po jednom bunaru, a isti su izvedeni i prilagođeni uslovima koji vladaju u području Barica.

Na osnovu procjene na izvoristu Barice može se obezbijediti 30-40 l/s vode na svim bunarima, odnosno usvaja se kapacitet izvorista:

$$Q_{izv.} = 30 \text{ l/s}$$

Dobijeni podaci ukazuju da se daljim istražnim radovima potvrde usvojene pretpostavke, preciznije definišu prostorni i filtracioni parametri područja filtracije i tehnički i hidraulički korektno izvedu novi vodozahvatni bunari.

ZAKLJUČAK

Izvorište "Barice" locirano je duž lijeve obale rijeke Spreče, nizvodno od ušća Oskove i predstavlja dio južnog oboda aluvijalnog hidrogeološkog kompleksa Sprečkog polja. Ograničeno je sa sjeverne strane meandriranim koritom Spreče, a sa južne strane pliocen-kvartarnom terasom.

Na osnovu rezultata dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja, područje „Barice“ u osnovi je izgrađeno od:

- pliocen-kvartarnih terasnih naslaga glinovito-pjeskovito-šljunkovitog sastava i
- šljunkovito-pjeskovito-glinovitih aluvijalnih naslaga doline rijeka Spreče i Oskove.

Podzemne vode na izvoristu „Barice“ su kalcijско – magnezijског tipa, a fizičko – hemijske i bakteriološke analize vode pokazuju ispravnost u skladu sa Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Sl. Novine BiH 40/10).

Izvorište u hidrogeološkom pogledu ima povoljne prirodne uslove zaštite, ali bez obzira na to potrebno je uspostaviti poseban režim kontrole kvaliteta vode, te projektovati nove zone sanitarne zaštite ili redizajnirati postojeće, izvedene elaboratom iz 2011. godine.

Imajući u vidu da se izgrađeni bunari prihranjuju iz istih vodonosnih slojeva, prilikom opitnih crpljenja bunara primjećen je međusobni uticaj smanjenja nivoa vode, pri crpljenju većim kapacitetima od 24,00 l/s, te je dolazilo do obaranja dinamičkog nivoa i isti nije mogao postići

približno ustaljenje. Istovremeno praćen je nivo vode na ostalim dostupnim hidrogeološkim objektima.

Kopani bunar pored puta, neposredno pored bunara kojima se snabdijevaju vodom stanovnici MZ Barice, koji je okarakterisan kao arteška izdan kapaciteta 2,48 l/s, prilikom crpljenja bunara u grupnom radu kapacitetom većim od 15 l/s, u potpunosti presuši.

U takvim uslovima bunari koji su u funkciji rade pod nepovoljnim režimom, koji je štetan za bunare i pribunarske zone, kao i bunarske pumpe koje rade punom snagom i kapacitetom.

Opisani režim rada bunara može vrlo brzo dovesti do kolmacije bunara i pribunarske zone, a zbog prekoračenja dozvoljenih ulaznih brzina, te turbulentnog režima tečenja što rezultira smanjenju izdašnosti i ubrzanim „starenjem“ bunara.

Zbog toga se predlaže kapaciteti crpljenja $Q_{\max} = 15,00$ l/s, za sva tri bunara.

Na osnovu izvedenih zaključaka o hidrogeološkim odnosima na području vodozahvatnih objekata, kao i usvojene koncepcije vodozahvatnih objekata, može se zaključiti da je istražno područje dvoslojna homogena i izotropna porozna sredina, sa režimom pod pritiskom i sa dvije uslovno paralelne granice. Južna granica je slabo propusna, pliocen-kvartarna i šljunkovito-pjeskovita terasa, te se zbog pojednostavljenja proračuna uzima granični uslov $Q=0$ (nepropusna granica). Sjeverna granica se može tretirati na dva načina. U prvom slučaju, za uslov da su korita rijeka Spreče i Oskove u hidrauličkoj vezi sa vodonosnim slojevima, važi granični uslov $h=\text{const}$. Ako ova hidraulička veza nije ostvarena, zbog glinovitog sloja kao izolatora, onda je polje fitracije uslovno neograničeno.

LITERATURA

1. Hajdarević M. Elaborat o izvedenim radovima na bunarima BBS-5, BBS-1A, BBS-2A. „Geoservis“ d.o.o Živinice, 2019.
2. Hajdarević, M.: Elaborat o testiranju bunara u grupnom radu na lokalitetu Barice-Maline, grad Živinice, Geoservis d.o.o., Živinice, 2020.
3. Hajdarević, M.: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi podzemnih (pitkih) voda na izvoru „Barice“ u Živinicama Geoservis d.o.o., Živinice, 2021.
4. Žigić, I.; Pašić-Škripić, D. i drugi: Studija ranjivosti prostora Tuzlanskog kantona, (hidrogeološki dio), Bosna-Soil Services company, 2008.
5. Pašić-Škripić, D.; Žigić, I.: Planiranje i zaštita od voda jezera Modrac, VII Naučni skup «Metalni i nemetalni materijali», ISBN 978-9958-785-10-8, COBISS.BH-ID 16628486, str.599-604, Zenica, 2008.
6. Pašić-Škripić, D.; Žigić, I.: Ugroženost podzemnih voda kod izgradnje i eksploatacije saobraćajnica, VII Naučno-stručni simpozij «Metalni i nemetalni materijali» Zenica, ISBN 978-9958-785-10-8, COBISS.BH-ID 16628486, str.611-615, Zenica, 2008.
7. Pašić-Škripić, D.; Žigić, I.; Srkalović, D.: Ranjivost podzemnih voda područja sjeveroistočne Bosne, Zbornik sa 38. ISBN 978-86-904241-6-0, COBISS.SR-ID 16754124, str.243-249, Zlatibor-Srbija Konferencije o korištenju i zaštiti voda, „Voda 2009.“ Zlatibor, 2009.
8. D.Pašić-Škripić., I.Žigić., D.Srkalović., 2010.: Ecological Aspects of Traditional Drinking Water Supply by Shallow Wells in Northwest Bosnia, 14.International

Research/Expert Conference, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology TMT 2010, ISBN 1840-4944, str. 333-337, Mediterranean Cruise, 2010.

9. Pašić-Škripić, D.: Hidrogeologija, Univerzitetski udžbenik, RGGF, Univerzitet u Tuzli, 2023.
10. Žigić, I.: Hidrogeološka istraživanja, Univerzitet u Tuzli, 2005.g.
11. Žigić, I.; Pašić-Škripić, D. i drugi: Studija ranjivosti prostora Tuzlanskog kantona, (hidrogeološki dio), Bosna-Soil Services company, 2008.
12. Žigić, I.; Pašić-Škripić, D.: Ranjivost podzemnih voda u stijenama intergranularne poroznosti tuzlanskog bazena, Zbornik sa savjetovanja, 1840-4073, str.523-530, Neum, 2008.
13. Žigić, I.; Pašić-Škripić, D.: Ranjivost vodnog tijela podzemnih voda sjeverozapadnog dijela Tuzlanskog područja, Zbornik sa 6. naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Kvalitet“ 2009, ISSN 1512-9268, str. 541-547, Neum, 2009.
14. Žigić, I.; Pašić-Škripić, D.: Studija karakterizacije podzemnih voda sliva rijeke Save, na teritoriji FBiH, Zavod za vodoprivredu, Sarajevo, 2009.
15. Žigić, I.; Pašić-Škripić, D.: Elaborat o projektiranju zona sanitarne zaštite izvorišta Barice, Općina Živinice, Vodoprivredno preduzeće Spreča d.o.o., Tuzla, 2011.
16. Izvještaj hidrogeoloških istraživanja područja Barice – Općina Živinice sa konceptijskim rješenjem formiranja izvorišta, „Geoprojekt“ d.o.o., Tuzla, 2006