

HIDROGEOLOGIJA I VODOPRIVREDNA PROBLEMATIKA NA PODRUČJU KOSMAJA, MLADENOVCA, SMEDEREVA I SMEDEREVSKE PALANKE

Tanja PETROVIĆ PANTIĆ, Mihajlo MANDIĆ, Katarina SAMOLOV
Geološki zavod Srbije, Rovinjska 12, Beograd

REZIME

Prilikom izrade Osnovne hidrogeološke karte (OHGK) list Smederevo 1:100.000, deo istraživanja je posvećen stanju vodosnabdevanja stanovništva i industrije. Vodosnabdevanje se vrši isključivo podzemnom vodom. Veća izvorišta se nalaze u Mladenovcu ($Q_{\max}=130$ L/s), Radincu ($Q=114$ L/s), Smederevskoj Palanci ($Q=63,6$ L/s + 70 L/s sa izvorišta Trnovče), Sopotu ($Q=40,5$ L/s), dok se veliki deo stanovništva vodosnabdeva sa izvorišta koja su van područja karte, kao što su Smederevo (izvorište Šalinac), Aranđelovac, Grocka, Beograd. U Radincu voda se zahvata iz aluvijalnih naslaga, u Mladenovcu iz neogenih sedimenata, u Smederevskoj Palanci iz aluvijalnih i neogenih sedimenata, dok se vode za vodosnabdevanje Sopotahvataju iz krečnjaka. Seosko stanovništvo se uglavnom vodosnabdeva zahvatanjem podzemnih voda kopanim bunarima (individualno vodosnabdevanje) tako da u 22 naselja nema organizovanog vida vodosnabdevanja. U isto toliko naselja pored ovog vida vodosnabdevanja, deo stanovništva priključen je na gradski ili lokalni vodovod. U okviru lokalnih vodovodnih sistema, podzemne vode se zahvataju kopanim ili bušenim bunarima ili se kaptiraju izvori i koriste za vodosnabdevanje. U 30 naselja, postoje lokalni vodovodi. Ispitivanjem osnovnih makrokomponentata u 74 uzorka podzemne vode, uočeno je da 55,5% uzoraka imaju odgovarajući kvalitet vode za piće, dok je u ostalim vodama kvalitet narušen povišenim sadržajem Fe, Mn, NH_4 , $KMnO_4$. Kvalitet voda iz kopanih bunara retko se ispituje, ali ove vode su veoma ugrožene zbog izloženosti površinskom zagađenju, neposrednoj blizini septičkih jama, kao i štala za uzgajanje stoke. Priključivanjem na vodovodnu mrežu, mnoga domaćinstva su kopane bunare pretvorila u septičke jame. Problem predstavljaju i vode koje se dreniraju sa obradivih površina na koja su nanešena razna mineralna đubriva, kao i zagađeni površinski vodotokovi. Proračunom rezervi podzemnih voda

utvrđene su eksploatacione rezerve od oko 3900 L/s. Izuzev opštine Smederevo, u svim ostalim područjima lista javljaju se problemi sa nedovoljnom količinom vode.

Gljučne reči: vodosnabdevanje, vodoprivreda hidrogeologija, stanovništvo, kvalitet voda, rezerve vode

1. UVOD

Pod pojmom vodosnabdevanja stanovništva podrazumeva se obezbeđenje visoko kvalitetne vode u opštem smislu za domaćinstva; za industriju; za ostale korisnike kojima se registruje i naplaćuje voda (komercijala) i javne potrebe kao što su ustanove, škole, bolnice, banke, restorani, pranje ulica i zalivanje zelenih površina, fontane itd [1].

Listom OHGK Smederevo 1:100.000 obuhvaćeno je područje dela centralne Srbije koje se prostire između $44^{\circ}40'$ i $44^{\circ}20'$ severne geografske širine i $20^{\circ}30'$ i $21^{\circ}00'$ istočne geografske dužine (slika 1). Na području lista, u severoistočnom delu nalazi se grad Smederevo sa 64.175 stanovnika dok su još veća naseljena mesta Mladenovac (23.609 stanovnika) i Smederevska Palanka (23.601 stanovnika) koja se nalazi u jugoistočnom delu lista. Na površini celog lista od 1463 km^2 ukupan broj stanovnika je oko 241.412 (svi podaci o stanovništvu daju se na osnovu popisa iz 2011).

Na ovom području *detaljna hidrogeološka istraživanja* su uglavnom posvećena rešavanju vodosnabdevanja naselja. Tu spadaju istraživanja za potrebe vodosnabdevanja Mladenovca [2,3,4,5], Smederevske Palanke [5,6,7], zatim vodosnabdevanja železare Smederevo i okolnih naselja [8]. Veliki broj izveštaja o izradi bunara nalaze se u okviru fondovske dokumentacije Geološkog zavoda Srbije. *Eksploataciona istraživanja* su rađena u cilju rešavanja problema vodosnabdevanja pojedinačnih potrošača, što je rezultiralo izradom brojnih vodozahvatnih objekata.

2. VODOSNABDEVANJE NASELJA

Na području istraživanja prisutno je 6 opština. U daljem tekstu biće naveden način vodosnabdevanja naselja u okviru opština kojima pripadaju, dok je u tabeli 1 dat pregled načina vodosnabdevanja po naseljima i opštinama.

Opština Smederevo (21 naselje, 91666 stanovnika)

Grad Smederevo raspolaže sa dva izvorišta: Šalinac i Godomin. Oba izvorišta se nalaze van terena okonturenog listom OHGK Smederevo. Voda se zahvata iz aluvijalnih peskovito-šljunkovitih naslaga i to izvorište Šalinac iz aluvijona Velike Morave, a izvorište Godomin iz aluvijona Dunava. Sa izvorišta Šalinac voda se zahvata za vodosnabdevanje Smedereva i okolnih sela: Vučak, Landol, Seone, Petrijevo, Udovice. Prosečna dnevna proizvodnja vode je 280 L/s, a maksimalna je 380 L/s. Izvorište Godomin, raspolaže sa oko 25 istražno-eksploatacionih bunara dubine do 15 m. Izvorište nije u funkciji od otvaranja izvorišta Šalinac, zbog nerentabilnosti održavanja dva izvorišta ali i zbog neposredne blizine brojnih industrijskih postrojenja, koji predstavljaju potencijalnu opasnost za zagađenje podzemnih voda. Zbog povećanih potreba za vodom tokom letnjih meseci, planira se aktiviranje bunara B-4, koji daje 50 L/s podzemne vode.

Na području opštine Smederevo, postoji i izvorište Radinac, kojim upravlja železara Smederevo. Voda se koristi za snabdevanje vodom za piće i industrijske potrebe železare i za vodosnabdevanje sela: Lipe, Radinac, Vranovo i Ralja. Vode sa izvorišta Radinac zahvataju se iz šljunkovito-peskovitih kvartarnih naslaga reke Ralje. Eksploatacija podzemne vode vrši se pomoću 4 bušena i jednog kopanog bunara. Ukupno se eksploatiše 114 L/s vode, 80 L/s koristi železara, dok preostala količina vode odlazi za vodosnabdevanje četiri sela.

Lokalni vodovodi postoje u sledećim naseljima: Badljeвица, Binovac, Vodanj, Vrbovac, Drugovac, Kolari, Lunjevac, Malo Orašje, Mihajlovac, Seone, Suvodol. U ovim selima, u okviru izvorišta se nalazi jedan do dva eksploatacionih bunara koji zadovoljavaju potrebe pomenutih naselja. Tokom 2015. godine vodovod Smederevo je preuzeo objekte lokalnih vodovoda sa opštine Smederevo radi održavanja i eksploatacije [9].

Iako na području Smedereva uglavnom postoji gradska i lokalna vodovodna mreža, veliki broj stanovništva i dalje zahvata vodu kopanim bunarima. U selu Dobri Do

urađen je bunar za vodosnabdevanje, ali zbog strukture naselja (više zaseoka) vodovodna mreža nije uspostavljena, pa su kopani bunari i dalje jedini vid vodosnabdevanja.

U 2013. godini sa izvorišta u Smederevu ukupno je zahvaćeno $20951 \cdot 10^3$ m³ vode, sa gubicima od 15,17 % [10].

Opština Mladenovac (21 naselje, 53096 stanovnika)

Problemi vodosnabdevanja na području Mladenovca i okoline prisutni su decenijama. Mladenovac poseduje vodovodnu mrežu koja vodosnabdeva varoš Mladenovac i sela Kovačevac, Vlaška, Granice i Rajkovac. Mladenovačko izvorište čine izvorišta u Vlaškoj (Kokorin), Rajkovcu, Seravi, Mladenovcu, Koraćici, Seltersu i Granicama, kao i potencijalna izvorišta Međulužje, Kovačevac (Brestovica) i bunari samci. Veliki broj izvorišta uslovljen je malim kapacitetima na bunarima i njihovom brzom propadanju. Ukupno je izvedeno 85 eksploatacionih i istražno-eksploatacionih bunara, od kojih su samo 42 objekata uključena u eksploataciju, sa maksimalnim kapacitetom od 130 L/s. Dosta bunara je propeskarilo ili je kapacitet smanjen usled mikrobiološke inkrustracije. Vode se zahvataju iz neogenih sedimenata.

Lokalni vodovodi postoje u Senaji, Šepšinu, Duboni, Ameriću, Koraćici, Velikoj Ivanči i Velikoj Krsni, kojima upravljaju mesne zajednice ili grupe građana. Za ove vodovode voda se zahvata iz kopanih i bušenih bunara i sa prirodnih izvora. U pomenutim mestima, pored lokalnih vodovoda, deo domaćinstava i dalje koristi vodu iz kopanih bunara, čiji kvalitet ne odgovara potrebnom za piće. Sela Markovac, Pružatovac, Mala Vrbica, Međulužje, Jagnjilo i Rabrovac se vodosnabdevaju isključivo preko kopanih bunara.

U 2013. godini ukupno je zahvaćeno $1817 \cdot 10^3$ m³ vode, sa gubicima od 25,8 % [10].

Smederevska Palanka (11 naselja, 44361 stanovnika)

Gradsko izvorište Smederevske Palanke nalazi se na lokalitetima Rudine, Singer i Buline vode. Ukupno je u eksploataciji 12 bunara koji zahvataju vode iz srednjevskih do krupnozrnih peskova neogena, dok pojedini bunari kaptiraju i peskove aluvijona. Početkom 2012. minimalna izdašnost na gradskom izvorištu iznosila je 22 L/s, dok je u julu 2012. godine maksimalno zahvaćeno 73 L/s. Utvrđene ukupne rezerve na gradskom izvorištu iznose 6 L/s [7].

Tabela 1. Spisak naselja na području OHGK list Smederevo 1:100.000 i načini vodosnabdevanja

PБ	Naselje	gradski vodovod	lokalni vodovod	individualno vs.	PБ	Naselje	gradski vodovod	lokalni vodovod	individualno vs.
<i>Opština Smederevo</i>					<i>Opština Smederevska Palanka</i>				
1	Badljeвица		*		1	Azanja		*	*
2	Binovac		*		2	Bačincac			*
3	Vodanj		*		3	Vlaški Do			*
4	Vranovo	*			4	Glibovac			*
5	Vrbovac		*	*	5	Grčac			*
6	Vučak	*			6	Kusadak			*
7	Dobri Do			*	7	Mramorac			*
8	Drugovac		*		8	Pridvorice			*
9	Kolari		*		9	Ratari			*
10	Landol	*			10	Selevac		*	*
11	Lipe	*			11	Sm. Palanka	*		
12	Lunjevac		*		12	Vodice		*	
13	Malo Orašje		*		<i>Opština Sopot</i>				
14	Mihajlovac		*		1	Babe		*	
15	Petrijevo	*		*	2	Drlupa	*		
16	Radinac	*			3	Dučina	*		*
17	Ralja	*			4	Đurinci	*		
18	Seone		*		5	M. Ivanča	*		
19	Smederevo	*			6	M. Požarev.	*		
20	Suvodol		*		7	Nemenikuće	*		
21	Udovice	*	*	*	8	Parcani	*		
<i>Opština Mladenovac</i>					9	Popović	*		
1	Amerić		*	*	10	Ralja	*		
2	Beluće			*	11	Rogača	*		*
3	Beljevac			*	12	Ropočevo	*	*	
4	Velika Ivanča		*	*	13	Sopot	*		
5	Velika Krsna		*	*	14	Stojnik		*	*
6	Vlaška	*			<i>Opština Aranđelovac</i>				
7	Granice	*			1	Kopljare	*		*
8	Dubona		*		2	Misača	*		*
9	Jagnjilo			*	3	Orašac	*		*
10	Kovačevac	*			4	Ranilović	*		*
11	Koraćica		*		5	Stojnik	*		*
12	Mala Vrbica			*	<i>Opština Topola</i>				
13	Markovac			*	1	Jelenac			*
14	Međulužje			*	2	Maskar			*
15	Mladenovac	*			<i>Opština Grocka</i>				
16	Mladen. celo	*			1	Begaljica	*		*
17	Pružatovac			*	2	Brestovik		*	
18	Rabrovac			*	3	Vrčin	*		
19	Rajkovac	*			4	Dražanj		*	*
20	Senaja		*	*	5	Živkovac			*
21	Crkvine			*	6	Zaklopača			*
22	Šepšin		*	*	7	Kamendol			*
<i>Opština Beograd</i>					8	Pudarci		*	
1	Ripanj	*	*		9	Umčari		*	*

Zbog nedovoljnih količina vode za potrebe grada, projektom „Morava 68“ otvoreno je izvoriste Trnovce za potrebe vodosnabdevanja Smederevske Palanke i

Velike Plane. Izvoriste se nalazi u okviru opštine Velika Plana (OHGK list Požarevac) i obuhvata 18 istražno-eksploatacionih bunara, dubine oko 16 m, kojima se

zahvataju vode iz šljunkovito-peskovitih naslaga reke Velike Morave. Kapacitet izvorišta je 120 L/s, od čega se 70 L/s distribuiraju cevovodom do Smederevske Palanke.

U 2013. godini ukupno je zahvaćeno $3712 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ vode, sa gubicima od čak 52,1% [10].

U okolnim selima, najveći broj domaćinstava koristi vodu iz kopanih bunara. U Azanji je urađena bušotina dubine 123 m, koja se koristi za vodosnabdevanje vrtića, škole, doma zdravlja, dok ostatak ističe na česmi. u centru sela. Zbog bakteriološke neispravnosti, poslednjih godina ova voda nije za piće. U centru sela postoje dva kopana bunara koja vodosnabdevaju uži centar Azanje, dok ostala domaćinstva poseduju kopane ili bušene bunare za vodosnabdevanje. U Selevcu postoji bunar za vodosnabdevanje 75 korisnika, među kojima je škola, dom zdravlja, policija. Ostatak sela se individualno vodosnabdeva preko kopanih i bušenih bunara. U selu Vodice, postoji lokalni vodovod sa oko 330 priključaka. Voda se zahvata iz dva bunara.

Sopot (14 naselja, 18377 stanovnika)

Opština Sopot se vodosnabdeva preko 11 bunara maksimalne izdašnosti 40 L/s. Glavni izvor vodosnabdevanja je Jak izvor izdašnosti 8 do 9 L/s. Vode se zahvataju iz krečnjaka iz više vodonosnih horizonata, ukupne debljine do 24 m. Na gradski vodovod su uglavnom priključena sva naselja sa područja opštine Sopot (naselje Sopot, Đurinci, Popović, Nemenikuće, Ralja, Nestorovac, Parcani, Mala Ivanča, Mali Požarevac, deo Ropočeva, Drlupe, Dučine, Rogače) dok mnoga domaćinstva koriste i kopane bunare za vodosnabdevanje. U 2013. godini ukupno je zahvaćeno $1289 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ vode, sa gubicima od 5% [10].

Vodna zadruga „Izvor“ u naselju Babe zahvata vodu sa izvora Pruten u količini od 25 L/s. Na ovaj vodovodni sistem priključeno je 1550 korisnika iz naselja Babe, Stojnik i delom iz Ropočeva.

Arandelovac (5 naselja, 4598 stanovnika) i Topola (2 naselja, 479 stanovnika)

Pet naselja koja pripadaju opštini Arandelovac se nalaze na području lista OHGK Smederevo. Ova naselja imaju gradski vid vodosnabdevanja sa vodovoda Arandelovca (korišćenjem površinske akumulacije Garaši), dok mnoga domaćinstva koriste vodu iz kopanih bunara. Naselja Jelenac i Maskar sa opštine Topola koriste za vodosnabdevanje vodu iz kopanih bunara.

Grocka (8 naselja, 13080 stanovnika)

JKP Grocka upravlja vodovodnim sistemima, rezervoarima i bunarima u naseljima: Umčari, Pudarci, Vrčin i Begaljica. Iz četiri bunara u Umčarima zahvata se oko 14 L/s podzemne vode iz panonskih peskova, čime se obezbeđuje vodosnabdevanje Umčara i Pudaraca [11]. U Begaljici se nalazi jedan bunar „Leskovac“. Vrčin ima izvorište sa četiri bunara čime je obezbeđeno vodosnabdevanja dela naselja. 2013. god uključen je bunar IBV-4 u rad sa 4 L/s čime je smanjen broj domaćinstava koji je za vodosnabdevanje koristio vodu iz kopanih i bušenih bunara. Naselje Brestovik koristi dva bunara za vodosnabdevanje kojima upravlja vodna zadruga „Izvor“ Brestovik. Dobijeno je 7 L/s vode što zadovoljava potrebe 660 korisnika. Bunar u Dražnju daje 6 L/s vode što zadovoljava potrebe naselja.

Naselje Ripanj sa oko 11088 stanovnika poseduje više manjih lokalnih vodovoda, na koje je priključeno nekoliko domaćinstava. Tokom 2014. godine Ripanj je priključen na beogradski vodovod.

3. HIDROGEOLOŠKA KARTA

Osnovna hidrogeološka karta (OHGK) za list Smederevo je rezultat višedecenijskih istraživanja. Cilj izrade OHGK je prikaz rasprostranjenja i karakteristika podzemnih voda, prostiranje akvifera i njegovih karakteristika, prikaz hidrogeoloških svojstava terena, kao i prikaz hidrometeoroloških podataka, geomorfologije terena i stratigrafije. Karta sadrži litološki sastav stena i stratigrafsku pripadnost, hidrogeološka svojstva i funkciju stena, podatke o dinamici podzemnih voda, o termalnim i mineralnim svojstvima voda, hemijskom svojstvu voda, kao i prikaz vodnih građevina [12]. Uz grafički prikaz OHGK, izrađuje se i odgovarajući tumač. Poseban segment izrade karte i tumača posvećen je vodosnabdevanju naselja.

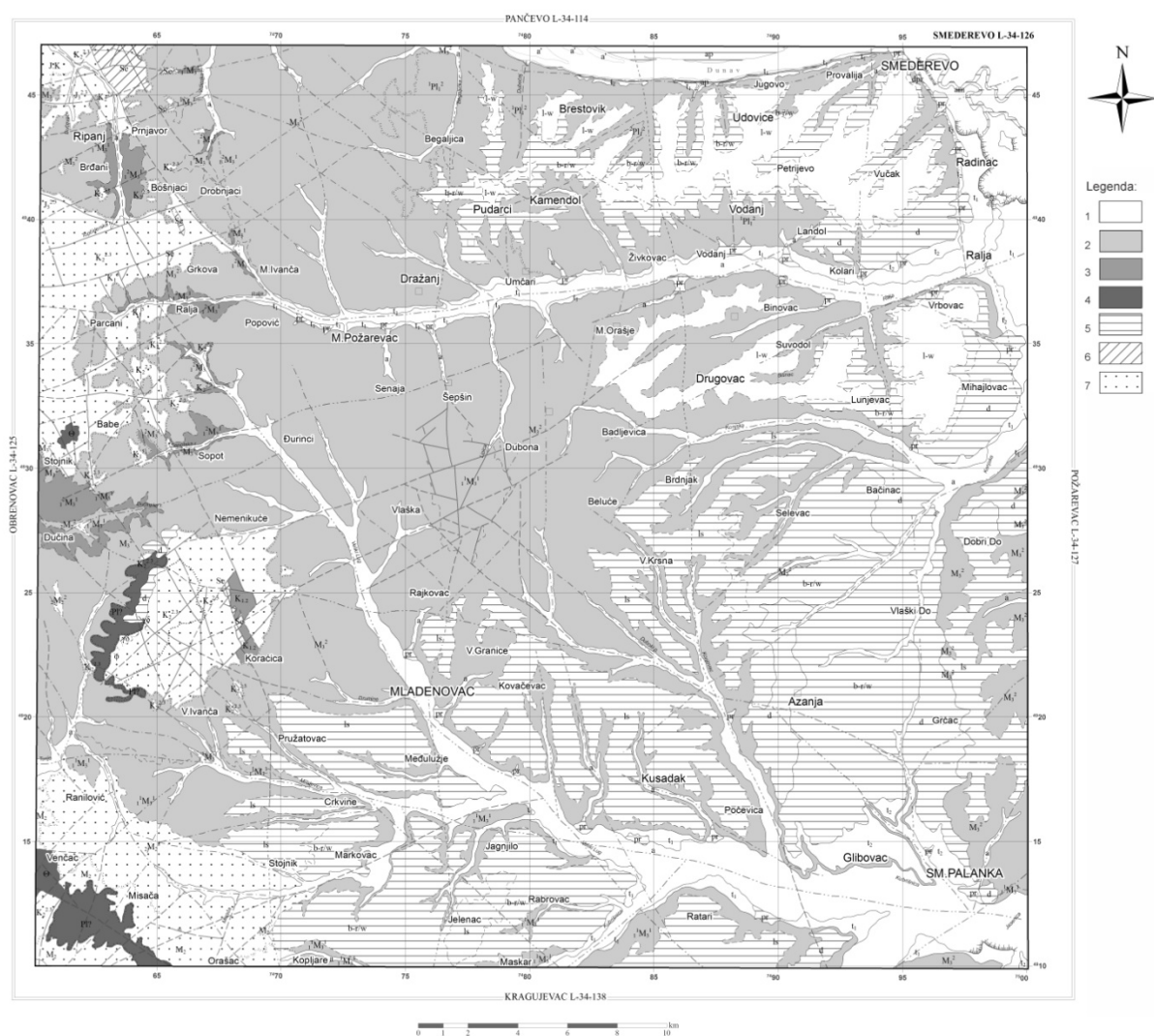
Sa hidrogeološkog aspekta, u pogledu vodosnabdevanja najznačajnije su propusne stene, odnosno kvartarne naslage (terasne naslage, kopneni les, aluvijum, sprudovi i plaže), prekvartarne naslage (peskovi, peščari, peskovite gline i šljunkovi), karbonatne stene (krečnjaci) i u manjoj meri čvrste stene poput piroklastita i konglomerata. U okviru ovih stena nalaze se i veća izvorišta gradskog i lokalnog vodovoda. Kvartarne naslage su prisutne u severoistočnom i jugoistočnom delu karte u dolinama reka Ralje, Jezave, Velikog Luga, Jasenice, Kubršnice. Debljina aluvijalnih naslaga je promenljiva i kreće se od 1 m u manjim

tokovima do 15 m u zoni Radinca. Sa aspekta zaštite podzemnih voda, ovi tereni su podložni infiltraciji zagađenja sa površine terena i iz površinskih tokova i smatraju se vrlo ugroženim.

Prekvartarne naslage (pliocenske i miocenske) su dominantne na terenu, naročito u centralnom delu, a imaju i značajno rasprostranjenje ispod kvartarnih naslaga. U okviru ove sredine registrovan je veliki broj objekata i pojava, naročito u sredinama gde nema organizovanog vodosnabdevanja. Zbog postojanja slabopropusnog pokrivača ovi tereni se svrstavaju u delimično ugrožene. Karbonatne stene su prisutne u

zapadnom delu istražnog područja. Na površini nemaju veliko rasprostranjenje dok su bušenjem konstatovani ispod miocenskih sedimenata (Popović, Đurinci, Nemenikuće), koji im pružaju određen stepen zaštite od zagađivanja.

Nepropusni tereni zauzimaju veliki deo prostora. Predstavljene su kvartarnim naslagama (facije povodnja i mrtvaja, proluvijum, deluvijum, lesoidi kao i peskovite i šljunkovite gline i glinoviti pesak), intruzivnim i visokometamornim stenama (granit monconiti, serpentiniti) i izmenama klastičnih i klastičnih i karbonatnih stena sa prisutnim smenama manje ili više



Slika 1. Uprošćena OHGK list Smederevo (Legenda: 1. kvartarne naslage; 2. prekvartarne naslage; 3. karbonatni sedimenti; 4. ostale čvrste stene; 5. kvartarne nepropusne naslage; 6. intruzivne i metamorfne naslage; 7. izmena klastičnih i klastičnih i karbonatnih stena)

vodopropusnih stenskih masa (gline, peskovi, peščari i šljunkovi, glinci, laporci, peščari, šljunkovi i konglomerati, fliš, peskoviti laporci, laporoviti krečnjaci, i dijabaz rožnačka formacija).

Kvartarne nepropusne naslage zauzimaju znatno prostranstvo na površini terena, dok su debljine nekoliko metara, maksimalno do 15 m. U okviru nepropusnih terena voda se zahvata samo za potrebe individualnog vodosnabdevanja, uglavnom kopanim bunarima, dok su izvori u ovim stenama malobrojni i male izdašnosti. Jedino se u okviru šarenih peskovitih i šljunkovitih glina i glinovitog peska (gornji pleistocen) pojavljuje 18 izvora izdašnosti od 0,06 L/s do 1,05 L/s.

Na hidrogeološkoj karti (slika 1) dat je prikaz pomenutih naslaga, sa tim da su vodopropusne stene predstavljene nijansama od bele do crne, a vodonepropusne naslage su predstavljene šrafurom.

4. KVALITET VODA

Na području lista Smederevo za piće se koriste isključivo podzemne vode. Pošto je reč o pijaćim vodama, kvalitet je razmatran u odnosu na Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće [13].

Za sagledavanje kvaliteta podzemnih voda, korišćeni su rezultati 74 hemijske analize. Vode su zahvaćene sa izvora, iz bušenih i kopanih bunara. Mineralizacija voda je od 81 do 5562 mg/L. U deset uzoraka voda, utvrđena je mineralizacija >1000 mg/L, dok je u petnaest uzoraka utvrđena elektroprovodljivost veća od 1000 μ S/cm. To su vode iz Palanačkog kiseljaka, iz Selters banje, iz dubokih bušotina u Dražnju, Popoviću, sa izvora u Selevcu, Rałji, Smederevu (Buline vode, Zmaj) i pojedinih kopanih bunara. pH vrednosti su od 6 do 8, srednja vrednost je 6,92.

Po hemijskom sastavu vode su pretežno $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, često sa povišenim sadržajem Mg. U 20 % uzoraka Mg se javlja u koncentracijama većim od 50 mg/L, najčešće u uzorcima vode iz serpentinita ($\text{HCO}_3\text{-Mg}$). Povišen sadržaj K (iznad 12 mg/L) javlja se u 4 uzorka vode. U tabeli 2 dat je prikaz hemijskog sastava prema izdvojenim sredinama na karti.

Posmatrajući kvalitet voda na osnovu mineralizacije, osnovnog hemijskog sastava, NO_2 , NO_3 , As, KMnO_4 , Fe, Mn i NH_4 jona, 55,5% uzoraka se svrstava u vode odgovarajućeg kvaliteta za piće, prema Pravilniku [13], dok je u ostalim uzorcima povišen sadržaj jednog ili više parametara.

U okviru javnih vodovoda kvalitet voda se redovno ispituje. Slična je i situacija sa lokalnim vodovodima. Problematični su uzorci voda iz kopanih bunara koji se retko ispituju a domaćinstva ih redovno koriste. Ove vode podložne su zagađivanjima zbog blizina septičkih jama (neregulisane kanalizacione mreže), objekata za domaće životinje, prodora stajskog đubriva i insekticida sa obradivih površina.

Tabela 2. Prikaz hemijskog sastava podzemnih voda u zavisnosti od vrste stena

Vrsta stena		Broj analiza	Formula Kurlova
Propusne stene	Kvartarne naslage	14	$M_{0,81} \frac{\text{HCO}_{78}^3 \text{Cl}_{13} \text{SO}_9^4}{\text{Ca}_{46} \text{Mg}_{31} \text{Na} + \text{K}_{23}}$
	Prekvartarne naslage	37	$M_{0,61} \frac{\text{HCO}_{89}^3 \text{Cl}_6 \text{SO}_5^4}{\text{Ca}_{44} \text{Mg}_{28} \text{Na} + \text{K}_{28}}$
	Karbonatne stene	4	$M_{0,63} \frac{\text{HCO}_{76}^3 \text{SO}_{12}^4 \text{Cl}_{12}}{\text{Ca}_{53} \text{Mg}_{36} \text{Na} + \text{K}_{11}}$
	Ostale čvrste stene	3	$M_{0,22} \frac{\text{HCO}_{73}^3 \text{SO}_{22}^4 \text{Cl}_5}{\text{Ca}_{65} \text{Mg}_{19} \text{Na} + \text{K}_{16}}$
Nepropusne stene	Kvartarne nepropusne stene	6	$M_{0,61} \frac{\text{HCO}_{82}^3 \text{Cl}_{13} \text{SO}_5^4}{\text{Ca}_{58} \text{Mg}_{32} \text{Na} + \text{K}_{10}}$
	Intruzivne i visokometamorfne stene (serpentiniti)	2	$M_{0,44} \frac{\text{HCO}_{76}^3 \text{SO}_{16}^4 \text{Cl}_8}{\text{Mg}_{60} \text{Ca}_{31} \text{Na} + \text{K}_9}$
	Izmena klastičnih i karbonatnih stena	8	$M_{0,48} \frac{\text{HCO}_{70}^3 \text{Cl}_{20} \text{SO}_{10}^4}{\text{Ca}_{61} \text{Mg}_{24} \text{Na} + \text{K}_{15}}$

4. REZERVE PODZEMNIH VODA

Na području Srbije 75% stanovništva isključivo se vodosnabdeva podzemnim vodama [14]. Na području lista Smederevo podzemne vode su jedini vid vodosnabdevanja.

U okviru istražnog područja registrovano je ukupno 1032 vodnih objekata (izvora, kopanih i bušenih bunara, strukturnih bušotina i pijezometara). U odnosu na površinu obuhvaćenu kartom koja iznosi 1464 km^2 , gustina objekata koji su analizirani je 0,7 objekta po km^2 . U cilju proračuna rezervi podzemnih voda, za pomenute objekte prikupljeni su podaci o izdašnostima i nivoima podzemnih voda. Za odabrane objekte vršen je i jednogodišnji monitoring da bi se utvrdile oscilacije ovih parametara. Parametri koji su nedostajali su preuzeti iz literature, kao što su specifična izdašnost kopanih bunara [15], efektivna poroznost i koeficijent karstifikovanosti [16,17,18]

Eksploatacione rezerve podzemnih voda obuhvataju one količine voda koje su eksploabilne, a da pri tome ne dolazi do narušavanja kvaliteta podzemnih voda. Računate su kao ukupne količine voda dobijene sa izvora, iz bušenih i kopanih bunara, koje su zahvaćene na različite načine i aktivno se koriste.

U eksploatacione rezerve svrstava se i količina od oko 12 L/s termalnih i mineralnih voda koje su prisutne na području istraživanja (Selters, Koraćička banja, Karadorđe i Palanački kiseljak). Ukupne eksploatacione rezerve iznose oko 3900 L/s, od čega je oko 1755 L/s zahvaćeno iz neogenih naslaga.

Pod obnovljivim rezervama podzemnih voda podrazumevaju se količine voda koje ističu iz akvifera preko svih registrovanih izvora uvećane za količinu vode iz kopanih bunara i kapacitete bušenih bunara izraženo u L/s. Obnovljive rezerve predstavlja i količina vode koja se može zahvatiti preko vodozahvatnih

objekata, što se izračunava kao zapremina pornog prostora u zoni kolebanja nivoa podzemnih voda i iskazuje u 10^6 m^3 (tabela 3).

Pod stalnim rezervama podrazumevamo količinu vode koja je uvek, dakle i u periodima ekstremnih sezonskih minimuma, prisutna u granicama definisanog vodonosnog kompleksa, u prirodnom, neporemećenim uslovima (eksploatacijom ili drugim vidovima veštačkih intervencija). U slučaju prve izdani, stalne rezerve predstavljaju količinu (zapreminu) slobodne podzemne vode koja ispunjava porne prostore u vodonosnoj steni ispod višegodišnjeg minimalnog nivoa izdani.

U slučaju akvifera pod pritiskom, statičke rezerve predstavljaju količinu slobodne podzemne vode koja ispunjava porne prostore u vodonosnom sloju (horizontu, kompleksu), uz napomenu da su vodonosni slojevi pod pritiskom uvek u potpunosti zasićeni slobodnom podzemnom vodom.

Tabela. 3. Prikaz eksploatacionih, obnovljivih i stalnih rezervi podzemnih voda na području OHGK list Smederevo

Vrsta stena		Eksploatacione rezerve	Obnovljive rezerve		Stalne rezerve
		Q (L/s)	Q (L/s)	$\cdot 10^6 \text{ (m}^3\text{)}$	$\cdot 10^6 \text{ (m}^3\text{)}$
Propusne stene	Kvartarne naslage	860	3	91,34	239,16
	Prekvartarne naslage	1755	22	13,1	175,23
	Karbonatne stene	105	11	4,33	212,90
	Ostale čvrste stene	65	0,5	0,23	6,55
	Ukupno iz propusnih stena	2790	36,5	109,0	633,84
Nepropusne stene	Kvartarne nepropusne stene	840	8	1,83	10,26
	Intruzivne i visoko-metamorfne stene (serpentiniti)	35		0,1	
	Izmena klastičnih i karbonatnih stena	230	10	37,95	
	Ukupno iz nepropusnih stena	1105	18	39,88	10,26
U K U P N O		3895	54,5	148,88	644,1

5. PROBLEMI VODOSNABDEVANJA I ALTERNATIVNA IZVORIŠTA

Na području istraživanja vodosnabdevanje je problematično u većini naselja. Glavni problemi su nadeksploatacija, starenje bunara, kvalitet podzemnih voda i veliki gubici na vodovodnoj mreži. Vodovod Mladenovac se decenijama bori sa nedovoljnom količinom voda, naročito u letnjim mesecima. Nakon nekoliko godina bunari kolminiraju i propeskare pri čemu se smanjuju filtracione karakteristike bunara, tako

da se broj bunara uključen u vodosnabdevanje menja iz godine u godinu. Drugi problem je kvalitet koji često nije zadovoljavajuć u pogledu sadržaja Fe, Mn, NH_4 .

Regionalni vodovod Makiš-Mladenovac planiran je u cilju rešavanja problema vodosnabdevanja naselja Grocke, Sopota i Mladenovca. Radovi na ovom vodovodu su započeti 1991, a 2015. nastavljani posle trogodišnje pauze. Problemi vodosnabdevanja bili bi rešeni izgradnjom vodovoda, s tim što su neophodna velika finansijska ulaganja. Pošto je neizvestan

završetak ovog projekta, neophodno je na drugi način obezbediti dovoljne količine vode za piće naročito za naselja u kojima ne postoji organizovan sistem vodosnabdevanja. Rešenje može biti u izgradnji lokalnih vodovoda. U tom slučaju mora se obezbediti adekvatna briga o izvoristima, kontrola stanja bunara i same mreže, i stabilan kvalitet vode koji bi se redovno kontrolisao. Smederevska Palanka je priključenjem na vodovod Trnovče povećala količine voda za potrebe grada, međutim gubici na mreži od oko 52,1% [10] i dalje predstavljaju veliki problem, pa su česte i restrikcije vode u toku leta.

Problem veoma velikih gubitaka je izrazit kod svih većih vodovoda i njegovim saniranjem bi se u velikoj meri ublažili trenutno prisutni problemi. Iako grad Smederevo ima zadovoljavajuće količine vode, aktiviranjem izvorišta Godomin obezbedile bi se dodatne količine voda čime bi se omogućilo priključenje na mrežu većeg broja korisnika na širem području. Iz aluvijalnih sedimenata Ralje mogu se eksploatirati količine voda do 100 L/s. Problem vodosnabdevanja seoskih domaćinstava u centralnom području karte, mogao bi da se reši izgradnjom jednog ili više lokalnih vodovodnih sistema, iz vodopropusnih neogenih sedimenata. Očekivane količine vode su do 10 L/s, a kvalitet voda morao bi biti redovno kontrolisan.

Upoređivanjem eksploatacionih rezervi podzemnih voda po pojedinim opštinama sa potrebama naselja i industrije koje se iskazuju u pojedinim strateškim planskim dokumentima vodoprivrede Srbije, dolazi se do zaključka da su vodni bilanci već sada veoma napregnuti, a to će postajati sve izraženije u budućnosti.

ZAHVALNOST

Zahvaljujemo se sadašnjim i bivšim inženjerima i tehničarima Geološkog zavoda Srbije (ranije Geozavoda i Geološkog instituta Srbije) koji su učestvovali na izradi OHGK list Smederevo 1:100.000 i nadležnim Ministarstvima (trenutno Ministarstvo energetike i rudarstva) na finansiranju istraživanja.

LITERATURA

- [1] Grupa autora: Vodoprivredna osnova Republike Srbije, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" Beograd, 2001.
- [2] Vilimonović J.: Novo izvoriste podzemnih voda Rajkovac kod Mladenovca. Vesnik zavoda za geol. i geofiz. istaž., serija B, knj. VII, Beograd, 1967.
- [3] Vilimonović J.: Hidrogeološka istraživanja na izvorištu „Kovačevac“ kod Mladenovca. Fond Geozavoda – Institut za hidrogeološka i geotehnička istraživanja, Beograd, 1968.
- [4] Vilimonović J.: Hidrogeološka istraživanja na izvorištu „Koračićka Banja“ i u dolini potoka Bataševo (istočno od Mladenovca), Fond Geozavoda – Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd, 1973.
- [5] Hajdin B.: Hidrogeološke odlike sliva Jasenice i Kubrišnice sa aspekta korišćenja podzemnih voda za vodosnabdevanje. Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Univerziteta u Beogradu, 1996.
- [6] Stevanović Z., Prohaska S., Filipović B.: Hidrogeološki uslovi i odnos povrinskih i podzemnih voda u zoni izvorišta za vodosnabdevanje Smederevske Palanke, IX Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knjiga 1, Priština, 1987.
- [7] Živanović S.: Elaborat o rezervama podzemnih voda na „gradskom izvorištu“ u Smederevskoj Palanci, „Geo Inženjering BGP“ doo Beograd, 2013.
- [8] Lukić V.: Elaborat o rezervama podzemnih voda izvorišta Radinac – opština Smederevo, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2009.
- [9] Sl. list grada Smedereva, br. 7/2011. Odluka o gradskom vodovodu i kanalizaciji, 2011.
- [10] Čeranić, M., Dostanić D., Vignjević A., Topuzović M., Kržalić Milenković B.: Eko-bilten 585, Republički zavod za statistiku, Republika Srbija, ISSN 0354-3641, 2013
- [11] Đokić V., Nikolić J., Lazić B., Lazić V.: Projekat detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe vodosnabdevanja stanovništva i industrije na području opštine Grocka, „HydroGeoCentar“ doo, Beograd, 2008
- [12] Petrović Pantić T., Veljković Ž., Samolov K.: Creating the basic hydrogeological maps (BHGM) with purpose of managing the groundwater resources in Serbia, IWA Young Water Professionals, Belgrade 17-19. September 2015.
- [13] Sl. list SRJ br. 42/98 i 44/99. Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće
- [14] Polomčić, D., Stevanović, Z., Bajić, D., Hajdin, B., Ristić Vakanjac, V., Dokmanović, P., Milanović, S.: Vodosnabdevanje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima u Srbiji, Vodoprivreda 0350-0519, 44 (258-260) p. 225-231, 2012

- [15] Komatina M.: Hidrogeologija Šumadije, Rasprave zavoda za geološka i geofizička istraživanja, Vol XVII, Beograd, 1976.
- [16] Becinski, P. A.: Novyj metod opredelenija koefficienta vodoodtaczny vodonosnyh plastov. Gidrotehnika i Melioracija, 6, Sofia, 1960.
- [17] Johnson A. I.: Specific yield – compilation of specific yields for various materials. US Geological Survey Water Supply Paper, pp 74, 1962.
- [18] Dragišić V, Živanović V.: Opšta hidrogeologija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet, Beograd, 2014.

WATERSUPPLY IN THE AREA OF KOSMAJ, MLADENOVAC, SMEDEREVO AND SMEDEREVSKA PALANKA

by

Tanja PETROVIĆ PANTIĆ, Mihajlo MANDIĆ, Katarina SAMOLOV
Geological survey of Serbia, Rovinjska 12, Beograd

Summary

Groundwater is the main source of water supply in the area of sheet Smederevo, scale 1: 100.000. Major problems of water supply system are overexploitation, well aging, ground water quality and great losses on water supply network. Larger groundwater sources are located in Mladenovac (Neogene sediments with $Q_{max}=130$ L/s), Radinac (alluvial deposits with $Q=114$ L/s), Smederevska Palanka (alluvial sandy- gravel deposits and Neogene sediments $Q=63$, 6 L/s and $Q=70$ L/s from Trnovče spring) and Sopot (limestone with $Q=40$, 5 L/s). Part of the population is supplied with water from Smederevo, Arandelovac and Grocka, but these sources do not belong to BHGM sheet Smederevo. The rest of population is supplied with groundwater from dug wells and connected to municipal or local water supply system. Within the local supply system, groundwater is extracted from dug and drilled wells or from tapped spring.

From hydrogeological point of view, in terms of water supply, the most important are Quaternary sediments (terraces, terrestrial loess, alluvium, reefs and beaches), Neogene sediments (sand, sandstone, sandy clays and gravel) and carbonate rocks (limestones). Larger sources of municipal and local supply system are from these sediments. However, impermeable rocks occupy great part of the area and they are composed of Quaternary deposits, intrusive and high metamorphic rocks and changes in clastic and carbonate rocks. According to groundwater protection, these sediments are subjected to infiltration of pollution from the surface

flows and are considered vulnerable. Within the public water supply, water quality is regularly tested. Problem may occur in water samples from dug wells which are rarely tested but regularly used by household. These waters are exposed to pollution from septic tanks, stables, manure and insecticides from arable land. From 74 ground water samples it was observed that 55,5 % of samples has adequate water quality, whilst other has deteriorated water quality and higher content of Fe, Mn, NH_4 , $KMnO_4$.

In the researched area covered by the map sheet of 1464 km^2 , 1032 water object had been registered (springs, dug and drilled wells, drill holes and piezometers). According to the results from observation and from collecting data, the exploitable reserves of groundwater for this area were calculated. Exploitable reserves are the quantities of groundwater, which from the technoeconomic and environmental aspects can be rationally abstracted from a particular basin, where that basin, in a given mode of exploitation, should keep a stable water quality for a certain period. These reserves are calculated as total amount of water from springs, dug and drilled wells. Total exploitable reserves are 3900 L/s, where 1755 L/s is extracted from Neogene sediments. With the exception of Municipality of Smederevo, in all other areas of sheet there are problems with insufficient water.

Key words: watersupply, BHGM, Smederevo, population, water quality, groundwater reserves

Redigovano 07.11.2016.