
Maša Vulović

Hidrohemijske osobine površinskih i podzemnih voda na području planine Avale

Cilj istraživanja je određivanje kvaliteta površinskih i podzemnih voda na području planine Avale. Istraživanje je izvršeno u periodu od februara do juna 2017. godine. Koncentracije jona fosfata, nitrata, nitrita, sulfata i amonijuma određene su kolorimetrijskom metodom, koncentracije hlorida, hidrogenkarbonata, kalcijuma i magnezijuma određene su volumetrijskom metodom, dok je koncentracija natrijuma i kalijuma određena računski na osnovu zbira katjona i anjona u vodi. Mikrobiološka analiza rađena je pomoću agarne ploče. Rezultati hemijskih i mikrobioloških analiza pokazali su da je povećana koncentracija fosfata zastupljena na mestima prirodnog pražnjenja (izvorima), a u bunarima su veće koncentracije sulfata i nitrita. Mikrobiološki su neispravne vode sa dva od četiri ispitivana bunara, kao i voda sa izvora Vis, od četiri ispitivana izvora. U površinskim akumulacijama Bela reka i Resničko jezero povećane su koncentracije fosfata, sulfata, nitrita, nitrata. Utvrđeno je prisustvo aerobnih bakterija.

Uvod

Područje Avale je bogato podzemnim vodama, koje se koriste za vodosnabdevanje. Površinske akumulacije koje se nalaze u području Resnika i Ripnja stanovništvo koristi za navodnjavanje useva koji su u neposrednoj blizini naseljenih mesta. Ranijim istraživanjima nije obuhvaćen monitoring površinskih i podzemnih voda, tako da ne postoje podaci dugotrajnih os-

matranja njihovog kvaliteta i fizičkih svojstava. Zavod za javno zdravlje u Beogradu vrši analize na izvoru Sakinac, ali ne konstantno. Rezultati dostupnih analiza pokazuju da Sakinac u zimskom periodu odgovara standardima za piće, a u letnjem ne odgovara (Stefanović 1980). U letnjem periodu su povećane koncentracije nitritnih jona i povećan je broj aerobnih bakterija. Istraživanje je izvedeno u periodu od februara do juna 2017. godine, pri čemu je ispitivan kvalitet površinskih i podzemnih voda sa stanovišta njihove upotrebe.

Istražno područje izgrađeno je od tvorevina jurske starosti (serpentiniti, fliš), kredne starosti (krečnjaci, laporovite gline), miocenske starosti (peskovi, sljunkovi, gline) i kvartarnih aluvijalnih sedimenata (Nečić 1997) Na istražnom području zastupljeni su zbijeni i pukotinski tip izdani, kao i uslovno bezvodni deo terena. Zbijeni tip izdani se formira u peskovima i šljunkovima na području severoistočno od Pinosave, Belog potoka i Zuca, a mogu se naći i u predelu toka Topčiderske reke. Pukotinski tip formiran je u peščarima, laporcima i glincima i zastupljeni su na području zapadno i jugozapadno u predelu Rušnja i u centralnom delu planine Avale (Milutinović 1982). Uslovno bezvodni deo terena formiran je u glinama koje se nalaze na jugoistočnom delu ispitivanog područja kod Ripnja i Resnika. Površinske vode Avale pripadaju slivovima Topčiderske i Zavojničke reke (Bunjac 1992).

Maša Vulović (1999), Beograd, Jaroslava Černog 86, učenica 3. razreda Geološke i hidrometeorološke škole „Milutin Milanković” u Beogradu

MENTORI:

Olivera Josimović, dipl. inž. hidrogeologije, Beograd

Milenko Trijić, saradnik u nastavi, Geološka i hidrometeorološka škola „Milutin Milanković” u Beogradu

Geološke jedinice koje su zastupljene na području istraživanja mogu biti zaslužne za bržu infiltraciju zagađujućih supstanci u podzemne vode. Cilj istraživanja je bio stvaranje slike o kvalitetu voda na Avalskom području. Ispitivano je da li se podzemne vode mogu koristiti za piće, a da li se površinske mogu koristiti za navodnjavanje useva. Kvalitet ispitivanih voda određen je na osnovu anjona Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- i katjona Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ i $\text{Na}^+ + \text{K}^+$. Podzemne vode su i mikrobiološki ispitane metodom agarne ploče, i utvrđen je ukupan broj aerobnih bakterija u 1 mL.

Materijal i metode

Istraživanje je izvedeno hidrogeološkim i hidrohemijskim metodama. Podzemne vode koje se koriste za svakodnevne potrebe stanovništva (voda za piće) uzorkovane su iz bunara pojedinih domaćinstva i sa izvora.

Voda je uzorkovana jednokratno sa 10 stajnih tačaka (tabela 1, slika 1). Uzorci vode izvora Sakinac, Lovački izvor i Vranevac uzorkovani su krajem februara, vode bunara 5, 6 i 7 u aprilu, vode bunara 5, izvora Vis, jezera Bela reka i Resničkog jezera uzorkovane su krajem meseca maja.

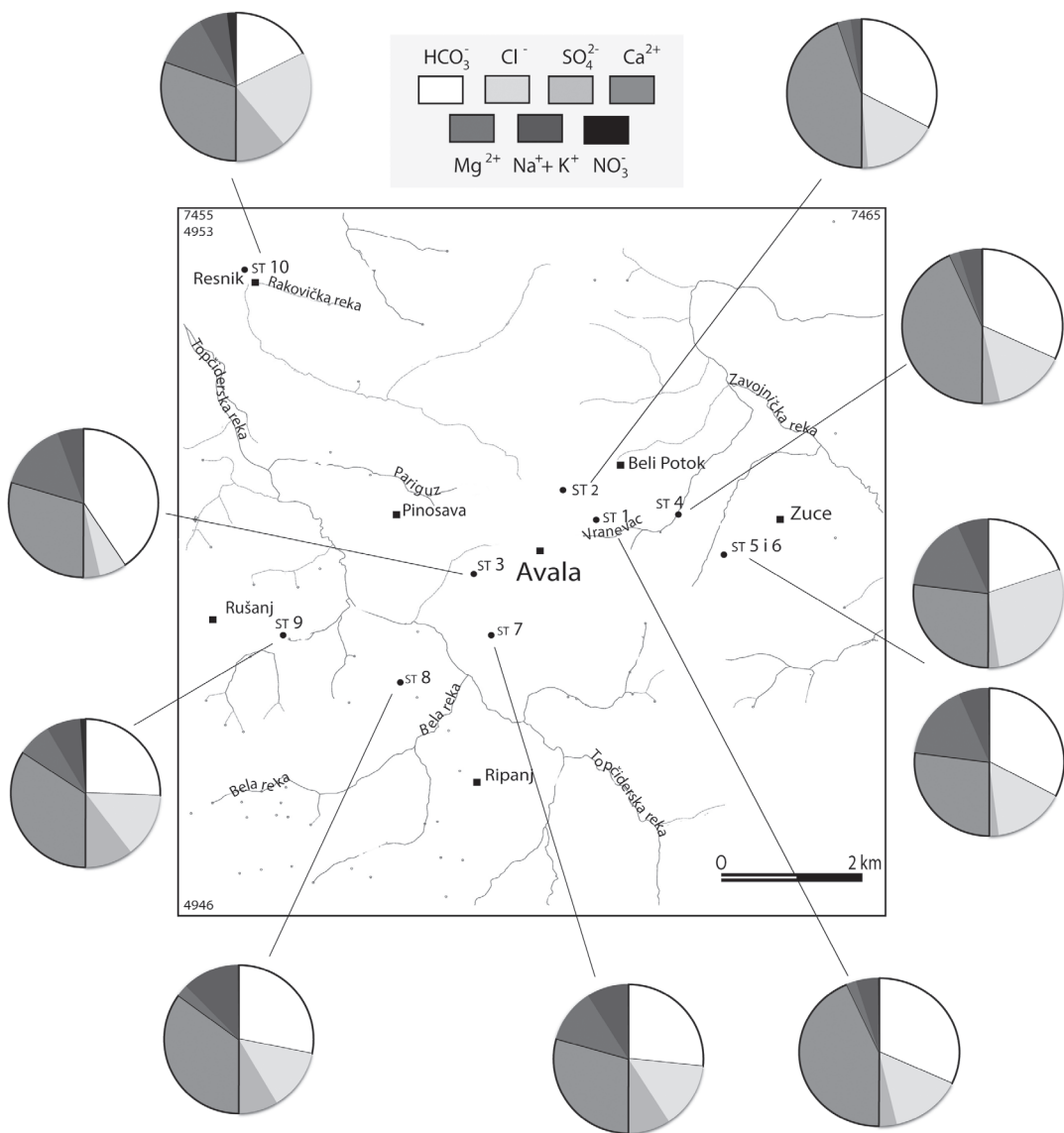
Na terenu su određene organoleptičke osobine vode (boja, miris, mutnoća), pH vrednost i specifična elektroprovodljivost. pH vrednost je određena potenciometrijski, a specifična elektroprovodljivost konduktometrom (AMT03). U laboratoriji su urađene hemijska i mikrobiološka analiza. Broj ukupnih aerobnih bakterija u uzorkovanoj vodi određen je mikrobiološkom analizom metodom agarne ploče. Koncentracije fosfata, nitrata, nitrita, sulfata i amonijum jona određene su kolorimetrijski, a koncentracije hlorida, bikarbonata, kalcijuma i magnezijuma volumetrijski. Koncentracija natrijuma određena je računski preko zbira katjona i anjona u vodi (zbir anjona u vodi mora biti jednak zbiru katjona).

Rezultati i diskusija

Kompletni rezultati urađenih analiza voda dati su u tabeli 1. Na osnovu dobijenih rezultata hidrohemijskih analiza, sve ispitivane vode na području Avale možemo svrstati u hidrogenkarbonatno-kalcijumske prema klasifikaciji Alekina (slika 1 prema modifikaciji Marković *et al.* 1985; Pavlovič 1977). Rezultati pokazuju povećane koncentracije fosfatnih, sulfatnih, nitratnih i nitritnih jona u uzorkovanim vodama.

Tabela 1. Glavni indikatori organskih zagađenja ispitivanih vodnih objekata. Vrednosti koje prelaze MDK su podebljane.

RB	Lokacija	Nadm. visina [m]	Konc. SO_4^- [mg/L]	Konc. SO_2^- [mg/L]	Ukupan broj bakterija [mL^{-1}]
Podzemne vode					
1	Izvor Vranevac	240	23.98	0.08	8
2	Lovački izvor – Beli potok	230	17.13	0.05	6
3	Izvor Sakinac	345	44.52	0.08	3
4	Izvor Vis – Rušanj	195	53.82	0.14	86
5	Bunar kod Darka – Beli potok	305	71.43	0.05	0
6	Bunar kod Zorana 1 – Zuce	210	81.21	0.05	0
7	Bunar kod Zorana 2 – Zuce	210	77.30	0.11	328
8	Bunar kod Kuzmanovića – Ripanj	200	77.33	0.05	684
Površinske vode					
9	Jezero Bela reka	410	53.82	0.06	–
10	Resničko jezero	200	34.74	0.05	–



Slika 1. Hemizam ispitivanih voda. Dokumentaciona karta istražnog područja, prema TK Smederevo 430-1-3, TK Beograd 429-2-4, 1 : 25 000 (Marković *et al.* 1985; Pavlovič 1977).

Figure 1. Chemical composite of the tested waters. Documentary card of of the investigated area, according to TM Smederevo 430-1-3, TM Belgrade 429-2-4, 1:25 000 (Marković *et al.* 1985; Pavlovič 1977).

U vodama svih bunara povećane su koncentracije sulfata ($71-81 \text{ mg/dm}^3$) (tabela 1) i nitrita ($0.05-0.11 \text{ mg/dm}^3$), a u bunarima 6 i 7 i koncentracije nitratnih jona ($1.99-2.04 \text{ mg/dm}^3$). U vodama sa izvora uočava se razlika u koncentraciji pojedinih jona. Izvori Sakinac, Vranevac i Lovvački izvor imaju povećane koncentracije fosfata (0.45 mg/dm^3) i nitrita ($0.05-0.08 \text{ mg/dm}^3$), a sulfati i nitrati su u granicama MDK za podzemne vode. U izvoru Vis povišene su koncentracije fosfata (0.23 mg/dm^3), kao i sulfata (54 mg/dm^3) i nitrita (0.14 mg/dm^3), što ukazuje na to da se voda ovog izvora ne može koristiti za svakodnevne potrebe stanovništva. Propisani MDK za podzemne vode iznosi 25 mg/dm^3 za sulfate, a za nitrite 0.03 mg/dm^3 (Pravilnik o higijeni ispravnosti vode za piće).

Mikrobiološka analiza je urađena samo za podzemne vode. Analiza je pokazala da je prisustvo aerobnih bakterija povećano u bunarima (7 i 8) i na izvoru Vis (tabela 1). Bunari se nalaze u dvorištima porodičnih kuća sa baštama i štalama koje se redovno održavaju, ali se stajsko đubrivo ne skladišti na posebna mesta, već se odlaže na tlo iza štala.

Površinske akumulacije Resničko jezero i jezero Bela reka imaju različite rezultate analiza, što je uslovljeno njihovim položajem u odnosu na naseljena mesta, kao i sastavom stena u okviru kojih su formirane. U Resničkom jezeru su utvrđene povećane koncentracije svih praćenih jona, kao i permanganatni broj (utrošak KMnO_4 iznosi 16 O/dm^3). U jezeru Bela reka zabeležena je povećana koncentracija sulfata (54 mg/dm^3) i nitrita (0.06 mg/dm^3). U Resničko jezero se uliva potok Pariguz koji prolazi kroz selo Pinosava koje nema kanalizacioni sistem, što može da bude razlog povećane koncentracije ovih jona. MDK sulfata u površinskim vodama iznosi 50 mg/dm^3 , a nitrita 0.05 mg/L (Pravilnik o higijeni ispravnosti vode za piće).

Zaključak

Na osnovu podataka dobijenih hemijskom i mikrobiološkom analizom može se zaključiti da površinske i podzemne vodena područja Avale nisu propisanog kvaliteta i da se ne mogu koristiti za potrebe stanovništva. U svim uzorcima površinskih i podzemnih voda koncentracije sul-

fata i nitrita su povećane. Zagađivači vode verovatno potiču od stajskog đubriva koje se koristi za đubrenje seoskih njiva. Stajsko đubrivo se neadekvatno skladišti u štalama, procedna voda direktno se infiltrira u zemljište, i na taj način zagađuje tlo i podzemne vode. Bez dodatne hemijske prerade, podzemne vode na Avali se ne mogu koristiti za piće zbog povećanja sulfatnih i nitritnih jona, a i mikrobiološki su neispravne.

Zahvalnost. Zahvalnost dugujem tehničaru Milenku Trijiću u pomoći oko laboratorijskog rada. Zahvaljujem se Dr. Dejanu Grujuću i Oliveri Josimović, dipl. inž. hidrogeologije za tumačenje rezultata. Zahvaljujem se Nikoli Kljajiću za pomoć oko prikaza rezultata, a Aleksi Vujinoviću za objašnjenje geološke građe istražnog područja. Takođe se zahvaljujem i mom ocu Milošu Vuloviću u realizaciji terenskog rada, kao i majci Oliveri i sestri Maji za pomoć oko prikupljanja literature.

Literatura

- Bunjac V. 1992. *Jedan vek vodovod i kanalizacija 1892-1992*. Beograd: JKP Beogradski vodovod i kanalizacija
- Milutinović M. 1982. *Paleohidrogeotermalni pojmovi Avale*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Marković B., Veselinović M., Anđelković J., Stevanović P., Roglić Č., Obradović Z. 1985. *Tumač za list OGK SFRJ L34-113*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Nečić A. 1997. *Avala planina kod Beograda (geološki vodič)*. Beograd: Nečić Aleksandar
- Pavlović Z. 1977. *Tumač za list OGK SFRJ L34-126 Smederevo*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Pravilnik o higijeni ispravnosti vode za piće, Sl.list. SRJ, br. 42/98 i 44/99.
- Stefanović P. 1980. *Istraživanje za potrebe malih slivova u prigradskim zonama*. Beograd: Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi

Hydrochemical Properties of Water on Avala Mountain

The aim of this study was the determination of ground and surface water quality in the area of the mountain Avala. The study was conducted from February to June 2017. The concentration of phosphate, nitrate, nitrite, sulfate and ammonium was determined with the colorimetric method. The concentration of sodium and potassium, chloride, bicarbonate, calcium and magnesium was determined with the volumetric method. Microbiological analysis was done with an agar plate. The results of the chemical and microbiological analysis showed that the concentration of phosphate is increased at places of natural discharge (springs). The concentration of sulfate and nitrates are increased in wells. Water from two of four wells is microbiologically defective, as well as water from the spring Vis. In the surface accumulations Bela reka lake and Resnicko lake the concentrations of phosphate, sulfate, nitrite and nitrate are increased and the presence of aerobic bacteria is determined. The area of Avala mountain has rich sources of ground water which are used for water supply. The surface accumulation which is located in the Resnik and Ripanj area is used by the local population for irrigation of crops. Previous research has not included monitoring of ground and surface waters, so there is no long-lasting observational data regarding their quality and physical properties. The analysis on the source Sakinac is done by the Institute of Public Health in Belgrade, but not on a regular basis. The results of their analysis show that the quality of source Sakinac corresponds to the standards for drinking water during winter periods, but not in summer periods. Also, in summer the concentration of nitrate as well as the number of aerobic bacteria is increased. 