

Uslovi formiranja i kvalitet podzemnih voda javnih česmi grada Beograda

Analize voda javnih česmi Sv. Petka na Kalemegdanu, Hajdučke česme, Miljkovačke česme, česme Sv. Petka u Rakovici i Sakinac na Avali za period 2011-2012. godina, izvedene od strane Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd, interpretirane su na osnovu podataka o geološkoj građi i hidrogeološkim uslovima terena, kao i podacima o padavinama, kako bi se dobile preciznije pretpostavke o uslovima i režimu formiranja i dreniranja posmatranih podzemnih voda. Korišćena je dostupna fondovska dokumentacija o ovim česmama, kao i postojeće studije i katastri vodnih pojava i objekata na teritoriji Beograda, kako bi se stekao jasniji uvid u geološku građu terena na kome se česme nalaze. Meteorološki podaci su preuzeti iz Meteoroloških godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda. Zaključili smo da su vode svih ispitivanih česmi malomineralizovane, uglavnom hidrokarbonatne klase kalcijumske ili kalcijumsko-magnezijumske grupe. Koncentracije nitrata i utrošak $KMnO_4$ kao indikatora mogućeg zagađenja su ispod granica maksimalnih dozvoljenih koncentracija voda za piće. Karakteristično za sve izvore jeste da se mikrobiološka neispravnost dešava u vreme velikih padavina, verovatno kao posledica loše izvedene kaptaže i mešanja atmosferilija sa podzemnim vodama. Dobar indikator koji bi mogao da potvrdi ovu pretpostavku bi bile vrednosti mutnoće merene nakon intenzivnih padavina.

Uvod

Grad Beograd na svojoj teritoriji ima 142 javne česme, od čega se 117 snabdeva vodom iz vodovoda, dok 25 javnih česmi kaptiraju podzemne vode. Istražno područje obuhvata centralni i južni deo grada, slivna područja pet kaptiranih izvora na opštinama

Stari Grad, Rakovica i Voždovac. Kroz Beograd protiču reke Sava, Dunav i Topčiderska reka kao stalni tokovi, kao i nekoliko povremenih tokova. Reljef je na severu ravničarski, dok je prema jugu pretežno brdski, nastao radom endogenih i egzogenih sila. Najviša tačka je vrh Avale sa nadmorskom visinom od 511 m, dok je najniža tačka Ada Huja sa nadmorskom visinom od 70 m. Klima na istražnom području je umereno kontinentalna, gde je februar najhladniji mesec sa prosečnom srednjemesečnom temperaturom od $-1^{\circ}C$ i jul najtopliji mesec sa prosečnom srednjemesečnom temperaturom od $25.5^{\circ}C$, dok srednjogodišnja temperatura vazduha iznosi $13.6^{\circ}C$. Mesec sa najmanjom količinom padavina je avgust sa 9.25 mm vodenog taloga, dok se u maju izluči prosečno 97.35 mm vodenog taloga. Srednjogodišnja suma padavina iznosi 531.65 mm vodenog taloga (prema podacima Republičkog Hidrometeorološkog zavoda za 2011-2012. godinu).

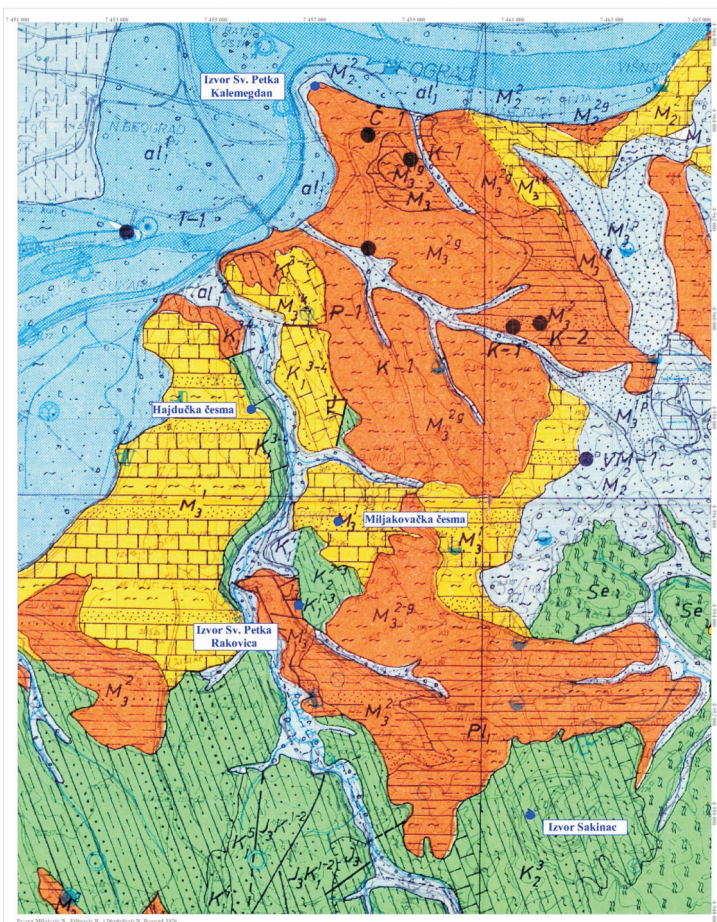
Na osnovu Tumača za OGC L 34-113 list Beograd i Hidrogeološke studije o stanju i uslovima sanacije javnih česmi na prirodnim izvoristima u okolini Beograda, utvrđeno je da geološku građu terena na užem području istraživanja, u neposrednoj okolini osmatranih javnih česmi, sačinjavaju tvorevine kredne, miocenske i kvartarne starosti.

KREDA. Donjokrednu seriju čine breče, konglomerati, peščari, laporci i tufiti, u faciji peščara i kalkarenita na lokalitetu Sveta Petka u Rakovici. Gornjokredna serija je predstavljena peskovitim krečnjacima, laporcima, glincima i rede peščarima (lokalitet Hajdučka česma), a uži lokalitet Miljkovačkog izvora izgrađen je od karbonatnih peščara i glinca. Područje izvora Sakinac na Avali izgrađeno je od gornjokrednih krečnjaka i laporaca koji su tektonski oštećeni usled proboja eruptivnih žica.

Danica Šarenac (1995), Beograd, Džona Kenedija 9, učenica 2. razreda Devete gimnazije „Mihailo Petrović Alas” u Beogradu

Matija Barudžija (1995), Beograd, Borska 90, učenik 2. razreda Vazduhoplovne akademije

MENTOR: Dejan Nešković, dipl. inž., Departman za Hidrogeologiju, Rudarsko-Geološki fakultet Univerziteta u Beogradu



Slika 1.
Lokacija javnih česmi na
interpretacionoj hidrogeološkoj
karti Beograda
(prema podacima
Milojević *et al.* 1976)

Figure 1.
Location of springs on an
interpretational hydrogeological
map of Belgrade

MIOCEN. Donjomiocensku seriju kod lokaliteta Javna česma Sveta Petka u manastiru Rakovica čine breče, konglomerati, peščari, laporci i tufiti u faciji peščara i kalkarenita. Srednjomiocenska serija izgrađena je od peskova, glinovitih peskova, prašinih peskova, lapora i peskovitih lapora tortonske starosti (lokalitet Javna česma Sveta Petka na Kalemegdanu). Gornjomiocensku seriju kod Miljkovačkog izvora čine krečnjačko peskovite facije sarmatske starosti na kontaktu sa brečama, konglomeratima i laporcima, sa glinovito-laporovitim sedimentima panona.

KVARTAR. Kod lokaliteta Sveta Petka na Kalemegdanu mogu se naći lesne naslage kvartarne starosti.

Za uže istražno područje karakteristični su karstno-pukotinski i pukotinski tipovi izdani. Svi izvori su kaptirani, a vodu lokalno stanovništvo koristi za piće. Lokacije osmatranih kaptaža su date na inter-

pretacionoj hidrogeološkoj karti (slika 1) dok su osnovni podaci o lokaciji, geološkim i hidrogeološkim uslovima i mehanizmima formiranja i isticanja podzemnih voda, te hemizam dati u tabeli (tabela 1).

Briga o stanju javnih česmi na području Beograda je poverena Javnom komunalnom preduzeću „Beogradski vodovod“. Fizičke karakteristike, hemijski i mikrobiološki sastav podzemnih voda sa česmi koje su predmet ovog istraživanja od 2003. godine ispituje i kontroliše Gradski zavod za javno zdravlje Beograd. Uzorkovanje na ovih pet tačaka se vrši jednom mesečno.

Materijal i metode

Za obavljanje ovog istraživanja, korišćene su analize podzemnih voda javnih česmi Sv. Petka na Kalemegdanu, Hajdučka česma, Miljkovačka čes-

Tabela 1. Lokacija, geološke i hidrogeološke karakteristike kaptiranih izvora (prema podacima u Geološki institut Srbije 2007)

Naziv izvora	Sveta Petka	Hajdučka česma	Miljakovački izvor	Sveta Petka	Sakinac
Lokacija	Kalemegdan	Košutnjak	Miljakovac	Rakovica	Avala
Opština	Stari Grad	Rakovica	Rakovica	Rakovica	Voždovac
Geologija	Tortonski sprudni krečnjaci u tektonskom odnosu prema mladim sedimentima panona (M32)	Urgonski krečnjaci	Krečnjačko-peskovita facija sarmata	Sarmatski krečnjaci nakontaktu sa „neokomskim flišem”	Kredni fliš
Primarna izdan	Sprudni krečnjaci	Bankoviti krečnjaci	Krečnjaci	Krečnjaci	Krečnjaci
Tip poroznosti	Pukotinski	Karstno-pukotinski	Karstno-pukotinski	Pukotinski	Pukotinski
Mehanizam isticanja	Uzlazno-gravitaciono-prelivni	Gravitaciono-uzlazno-kontakti	Uzlazno-gravitacioni	Uzlazno-gravitaciono-prelivni	Uzlazni
Režim isticanja	Stalni izvor	Stalni izvor	Stalni izvor	Stalni izvor	Stalni izvor
Tip vode prema hemizmu	HCO ₃ -Cl, Ca	HCO ₃ , Ca-Mg	HCO ₃ , Ca-Mg	HCO ₃ , Mg-Ca	HCO ₃ -Cl, Ca

sma, Sv. Petka Rakovica i Sakinac za period 2011.-2012. godine, izvedene od strane Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd. Obradeno je po 24 analize za svaku javnu česmu. Analize su rađene u akreditovanoj laboratoriji uz korišćenje standardnih metoda. Rezultati analiza su dostavljeni bez podataka o merenoj nesigurnosti. Meteorološki podaci su preuzeti iz Meteoroloških godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda za 2011. i 2012. godinu. Takođe, korišćena je sva dostupna fondovska dokumentacija o predmetnim česnama, kao i postojeće Studije i Katastri vodnih pojava i objekata na teritoriji Beograda, kako bi se stekao jasniji uvid u geološku građu terena na kome se česme nalaze. Izvršeno je geološko i hidrogeološko rekognosciranje terena na kome se česme nalaze.

Ulazni podaci, u vidu numeričkih vrednosti za padavine, temperaturu vazduha i vode, mutnoću, pH vrednost, elektroprovodljivost, suvi ostatak, hloride, nitrata i utrošak KMnO₄ su statistički obrađeni, a rezultati su interpretirani uvažavajući podatke o geološkoj građi i hidrogeološkim uslovima terena, kako bi se dobile što je moguće preciznije pretpostavke o uslovima i režimu formiranja i dreniranja posmatranih podzemnih voda. Ograničenja u interpretaciji se odnose na kvalitet ulaznih podataka, odnosno, na dinamiku uzorkovanja. Kako je uzorkovanje obav-

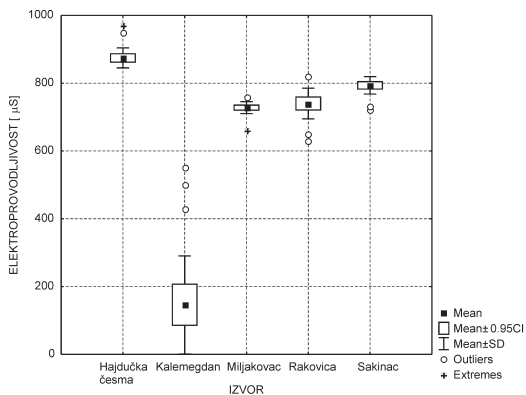
ljano jednom mesečno, za potrebe komparativnih analiza korišćeni su podaci o srednjomesečnim temperaturama vazduha i mesečnoj sumi padavina, što umnogome smanjuje osetljivost analize, pogotovo kada su u pitanju parametri koje karakteriše velika migrativnost i reaktivnost u podzemnim vodama. Drugo ograničenje se odnosi na samu tehnologiju kaptiranja, što je onemogućilo vršenje kontinualnog osmatranja proticaja, a samim tim i onemogućilo kvalitetnu analizu dreniranja pomenutih izvora.

Rezultati i diskusija

Parametarska analiza

Inicijalno je za svaki parametar, na svakoj česmi, određena srednja vrednost, potom varijansa, odnosno standardna devijacija. To je učinjeno kako bi se odredila disperzivnost merenih parametara, što posredno ukazuje na stabilnost određenog parametra po vremenu.

Sa grafika (slika 2) se vidi da su vrednosti elektroprovodljivosti na najvećem broju česama u opsegu između 700 i 900 μ S, sem na izvoru Sv. Petka Kalemegdan, gde je srednja vrednost elektroprovodljivosti 146 μ S a vrednost standardne devijacije 141. Niska elektroprovodljivost i velika vrednost stan-

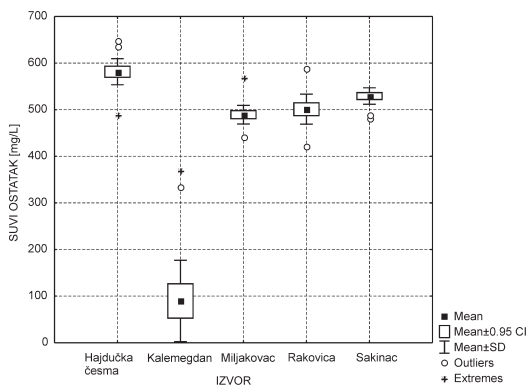


Slika 2. Elektroprovodljivost

Figure 2. Conductivity

dardne devijacije ukazuju na plitku izdan sa dominantnim atmosferskim uticajem.

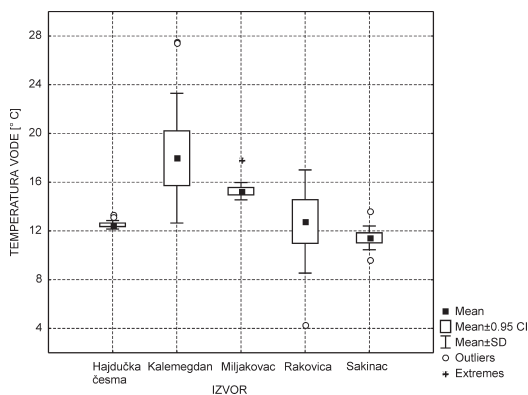
Isti zaključak se može izvesti posmatrajući grafik vrednosti suvog ostatka na 105°C, uzevši u obzir da je elektroprovodljivost srazmerna mineralizaciji (slika 3).



Slika 3. Suvi ostatak

Figure 3. Mineralization

Kada se uporede vrednosti temperature podzemnih voda na ispitivanim česma (slika 4), na kaptažama Hajdučka česma, Miljakovačka česma i Sakinac primećujemo određenu stabilnost u vremenskom intervalu od dve godine, što ukazuje na uzlazni režim strujanja podzemnih voda. Sa druge strane, uz

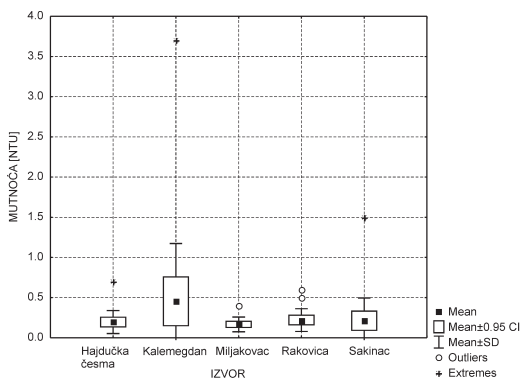


Slika 4. Temperatura vode

Figure 4. Water temperature

očekivanu veliku disperzivnost raspodele temperature na izvoru Sv. Petka Kalemegdan, ovde se uočava i veliko temperaturno kolebanje na izvoru Sv. Petka Rakovica, što ukazuje na pliću cirkulaciju i veću zavisnost od kolebanja temperature vazduha.

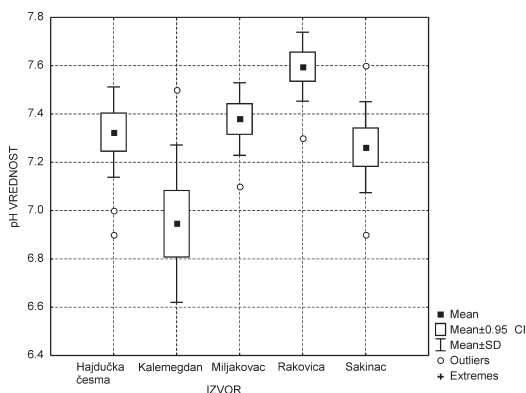
Raspored vrednosti mutnoće za osmatrane javne česme je prikazan na grafiku (slika 5). Srednje vrednosti na čitavom području istraživanja nemaju velika odstupanja, ali ono na šta je moguće ukazati je da povišena disperzivnost mutnoće na izvorima Sv. Petka Kalemegdan i Sakinac proističe od turbulentnog režima strujanja podzemne vode, što može biti posledica brze propagacije padavina ili razvijenog sistema kanala u izdani koja se drenira na ovim izvo-



Slika 5. Mutnoća

Figure 5. Turbidity

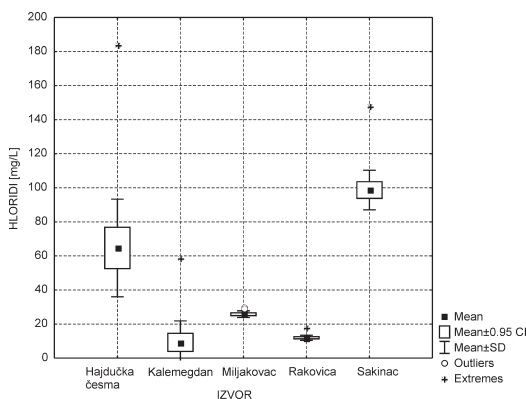
rima. Uzevši u obzir geološku građu terena u okolini izvora, odnosno miocenske sprudne krečnjake kod izvora Sv. Petka i flišne tvorevine kod izvora Sakinac, mogućnost postojanja razvijenog sistema kanala je malo verovatna. Logičnije objašnjenje je brza propagacija padavina u slučaju velikih padavina koje sa sobom nose lebdeći i suspendovani nanos, s obzirom na plitko zaleganje izdani.



Slika 6. pH vrednost

Figure 6. pH value

Sa grafika (slika 6) se može videti da sve ispitivane vode imaju neutralnu pH vrednost, odnosno da se ona kreće u opsegu 6.5-7.5. Primećena su povremena odstupanja prema kiseljoj sredini (izvor Sv.



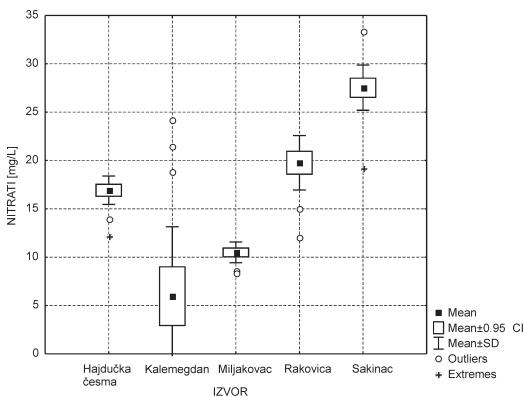
Slika 7. Koncentracija hlorida

Figure 7. Chloride concentration

Petka Kalemegdan) i prema alkalnoj sredini (izvor Sv. Petka Rakovica).

Koncentracije hlorida u podzemnim vodama na ispitivanim česnama variraju u velikom dijapazonu. Najniža osrednjena vrednost koncentracije hlorida iznosi 9.25 mg/L (Sv. Petka Kalemegdan) a najviša 98.69 (Sakinac) (slika 7). Relativno male vrednosti standardne devijacije na svim izvorima sem Hajdučke česme ukazuju na to da hloridi prisutni u vodi mogu biti geološkog porekla, dok se na osnovu samo ovih podataka ne može sa sigurnošću objasniti kolebanje koncentracije hlorida na Hajdučkoj česmi.

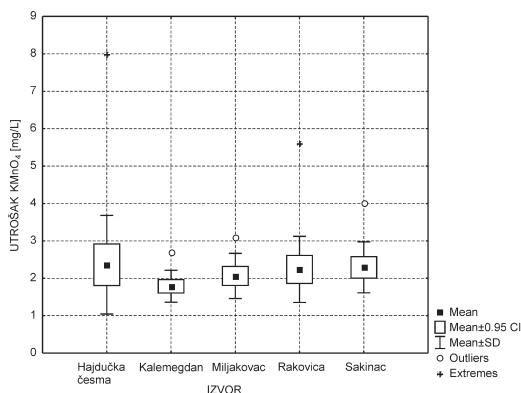
Kao i kod hlorida, u podzemnim vodama na ispitivanim česnama primećuje se veliki dijapazon varijacije koncentracija nitrata. Najniža srednja vrednost nitrata iznosi 6.46 mg/L (Sv. Petka Kalemegdan) a najviša 27.53 (Sakinac) (slika 8). Relativno male vrednosti standardne devijacije na svim izvorima sem izvora Sv. Petka Kalemegdan, ukazuju na to da nitrati prisutni u vodi mogu biti geološkog porekla, dok se na osnovu do sada donetih zaključaka u vezi sa izvorom Sv. Petka na Kalemegdanu može pretpostaviti da do kolebanja nitrata u podzemnim vodama na ovom izvoru dolazi usled osetljivosti izdani na spoljne faktore, poput temperature i padavina.



Slika 8. Koncentracija nitrata

Figure 8. Nitrate concentration

Utrošak KMnO_4 ukazuje na prisustvo organskih materija u podzemnim vodama. Međutim, sem organskih materija koje za svoju oksidaciju troše kalijum-permanganat, u određenim uslovima i pojedine neorganske materije, poput nitrata, mogu za svoju oksidaciju koristiti kalijum-permanganat. Kao što se



Slika 9. Utrošak KMnO_4

Figure 9. KMnO_4 usage

može videti na slici 9, koncentracije KMnO_4 u ovim podzemnim vodama su niske, reda veličine 1.5-2.5 mg/L. Velika disperzivnost za utrošak KMnO_4 je značajna na Hajdučkoj česmi, što bi moglo da ukaže na nestabilan režim, odnosno često prisustvo organskih materija. Međutim, to je posledica odabrane metode, gde je standardna devijacija računata na osnovu čitave populacije uzoraka. Pregledom sirovih podataka, pronalazi se jedna ekstremna vrednost (januar 2011. godine) gde utrošak KMnO_4 iznosi 8 mg/L. Ta vrednost i dalje ne prelazi granicu MDK za vode za piće, a može biti posledica ekscenog zagađenja ili intenzivnih padavina. Ukoliko se ekstremna vrednost isključi iz proračuna, vrednost standardne devijacije za lokaciju Hajdučke česme iznosi 0.5, što ne odstupa od vrednosti na drugim česnama.

Korelaciona analiza

Nakon izvršenih osnovnih parametarskih analiza i sticanja saznanja o pojedinim mehanizmima unutar izdani na ispitivanom području, pristupilo se korelacionim analizama, kako bi se na posredan ili neposredan način utvrdile zakonomernosti po pitanju formiranja, filtracije i isticanja podzemnih voda. U tu svrhu su korišćene prosta i višestruka linearna korelacija. Pokušana je korelacija dva parametra u okviru iste pojave, istog parametra na dve različite pojave, istog parametra u dva različita vremenska perioda, kao i korelisanje nezavisno promenljivih (temperatura vazduha i padavine) sa zavisno promenljivim parametrima.

Pod pretpostavkom da su elektroprovodljivost i suvi ostatak (mineralizacija) linearno zavisni, pristupilo se njihovom korelisanju za svaku javnu česmu. Kao što se moglo očekivati, na Hajdučkoj česmi, Miljackovačkoj česmi, Sv. Petka Kalemegdan i izvoru Sakinac je uspostavljen visok stepen korelacije (0.75-0.96). Interesan je podatak da je na izvoru Sv. Petka u Rakovici, koeficijent korelacije iznosio samo 0.26, za šta, na ovom nivou istraživanja, nema objašnjenja.

Pokušaji korelacije istog parametra za dva različita izvora uglavnom nisu dali očekivane rezultate. Kod korelisanja hlorida za izvore Sv. Petka Kalemegdan i Sakinac, dobijen je koeficijent korelacije 0.71, da bi se pregledom podataka uočilo da je to posledica jednog ekstrema (februar 2011). Nakon uklanjanja tog podatka iz korelacione analize, dobijen je koeficijent korelacije -0.14.

Najkorisniji podaci za potrebe definisanja uslova formiranja podzemnih voda javnih česama na području istraživanja su dobijeni korelacionom analizom između temperatura vazduha i temperatura vode na javnim česnama. Koeficijent korelacije za izvor Sv. Petka Kalemegdan iznosi 0.83, a za izvor Sv. Petka Rakovica 0.89. Ove vrednosti nedvosmisleno ukazuju na činjenicu da je dominantno prihranjivanje izdani koje dreniraju ova dva izvora atmosferskog porekla i da je dubina na kojoj se izdan nalazi mala. Koeficijenti korelacije za Miljackovačku česmu, Hajdučku česmu i Sakinac se kreću se u opsegu od 0.16 do 0.50, odnosno, korelacija je slaba ili je uopšte nema. Temperatura vode na ova tri izvora ostaje gotovo nepromenjena, nezavisno od spoljnih temperaturnih uslova, što ukazuje na dominantno dubinsko prihranjivanje i cirkulaciju podzemnih voda.

Kako bismo potvrdili zaključke za izvore na Kalemegdanu i u Rakovici, naposljetku je urađena korelacija temperaturne raspodele u 2011. i 2012. godini, za ova dva izvora. Koeficijent korelacije za izvor na Kalemegdanu je iznosio 0.85 a u Rakovici 0.86, što je potvrdilo da je temperaturni režim podzemnih voda na ova dva izvora umnogome zavistan od spoljne temperature.

Pokušaji korelacije padavina na istražnom području su bili bezuspešni, pre svega zbog činjenice da su izvori kaptirani na način koji onemogućava kontinualna merenja proticaja. Uz to, dinamika istraživanja od jednog podatka mesečno nije dovoljna da bi dala konkretnije rezultate kada se ima u vidu da se promene dešavaju veoma brzo. Ipak, primećena je

negativna korelacija između izlučenih padavina i temperature vode, odnosno, sa prispećem velike količine padavina temperatura podzemnih voda opada, ali ovaj podatak nije statistički značajan.

Hemizam vode i mikrobiološka ispravnost

Na osnovu ranijih istraživanja i uzevši u obzir analize podzemnih voda, u nastavku će biti ukratko prezentovan hemizam podzemnih voda javnih česmi koje su predmet istraživanja, kao i njihova mikrobiološka ispravnost.

Javna česma Sv. Petka Kalemegdan. U makrokomponentnom sastavu, od katjona dominiraju joni kalcijuma (Ca) sa srednjom vrednošću od 97.5 mg/L, natrijuma (Na) sa vrednošću od 65.3 mg/L i kalijuma (K) sa koncentracijom od 65.1 mg/L. U anjonskom sastavu preovlađuju joni hidrokarbonata (HCO_3) sa sadržajem od 352 mg/L, a zatim i hloridni joni (Cl), u koncentraciji od 106.5 mg/L. Na osnovu ovakvog hemijskog sastava, a prema formuli Kurlova, vode pripadaju hidrokarbonatno-hloridno-kalcijumskom tipu voda. Temperatura je povišena i kreće se u rasponu od 11.4–21°C, sa mineralizacijom od 0.4 do 1.4 g/L, što ih svrstava u termomineralne vode.

Mikrobiološka ispitivanja su pokazala da izuzetno u periodu kratkotrajnih i obilnih padavina dolazi do pojave bakteriološke neispravnosti vode, te obaranja temperature vode na izvoru i donošenja otpadne materije iz slivnog područja.

Hajdučka česma. U makrokomponentnom sastavu, od katjona dominiraju joni kalcijuma (Ca) sa srednjom vrednošću od 107 mg/L i magnezijuma (Mg) sa koncentracijom od 49.5 mg/L. U anjonskom sastavu preovlađuju joni hidrokarbonata (HCO_3) sa koncentracijama od 526 mg/L i zatim joni sulfata (SO_4), sa koncentracijom od 56.5 mg/L. Prema formuli Kurlova, ove vode pripadaju hidrokarbonatno-kalcijumsko-magnezijumskom tipu voda. Temperatura je sa malim oscilacijama i kreće se od 11 do 13.5 °C. Ukupna mineralizacija varira od 0.47 do 0.67 g/L, što ove vode ubraja u prirodne, malomineralizovane. Mikrobiološka ispitivanja vode u korelaciji sa padavinama ukazuju na to da se nakon kišnog perioda sa visokim intenzitetom padavina na izvoru pojavljuje bakteriološko zagađenje u vidu koliformnih bakterija.

Miljkovačka česma. U makrokomponentnom sastavu, od katjona preovlađuju joni kalcijuma (Ca) sa osrednjenom koncentracijom od 38 mg/L i ma-

gnezijuma (Mg) sa sadržajem od 36.6 mg/L. U anjonskom sastavu preovlađuju hidrokarbonatni (HCO_3) i sulfatni (SO_4) joni. Temperatura se kreće u intervalu od 13 do 16.5 °C, dok je mineralizacija u intervalu od 0.42 do 0.5 g/L, što ove vode ubraja u prirodne, malomineralizovane.

Mikrobiološka ispitivanja su ukazala na povećan broj koliformnih bakterija samo u jednom uzorku u vreme intenzivnih padavina.

Javna česma Sv. Petka Rakovica. U makrokomponentnom sastavu, od katjona preovlađuju joni magnezijuma (Mg) sa prosečnim sadržajem od 74.7 mg/L, joni kalcijuma (Ca) sa koncentracijom od 53.7 mg/L, i joni natrijuma (Na) sa koncentracijom od 14.2 mg/L. U anjonskom sastavu preovlađuju hidrokarbonatni joni (HCO_3) sa sadržajem od 514 mg/L i zatim slede sulfati (SO_4) sa koncentracijom od 21.6 mg/L. Prema formuli Kurlova, ove vode spadaju u hidrokarbonatno-magnezijumsko-kalcijumske vode. Temperatura vode se kreće u granicama od 9.5 do 19.3 °C. Ukupna mineralizacija se kreće od 0.45 do 0.57 g/L, što ih ubraja u prirodne malomineralizovane vode.

Ranije mikrobiološke analize su pokazale prisustvo povišenog broja koliformnih bakterija fekalnog porekla samo u uzorku uzetom nakon kratkotrajnih padavina velikog intenziteta.

Javna česma Sakinac. U makrokomponentnom sastavu od katjona dominiraju joni kalcijuma (Ca) sa prosečnom vrednošću od 134 mg/L i magnezijuma (Mg) sa koncentracijom od 20.9 mg/L. U anjonskom sastavu preovlađuju hidrokarbonati (HCO_3) sa sadržajem od 305 mg/L, a zatim i hloridni joni u koncentraciji od 107 mg/L. Na osnovu rezultata hemijskih analiza, a prema formuli Kurlova, vode sa izvora Sakinac pripadaju hidrokarbonatno-hloridno-kalcijumskim vodama. Temperatura vode se kreće u rasponu od 10 do 12.1°C. Ukupna mineralizacija varira od 0.5 do 0.6 g/L, što ih ubraja u prirodne malomineralizovane podzemne vode. Bakteriološka neispravnost je retka pojava na izvoru, i do nje dolazi nakon dugotrajnijeg kišnog perioda.

Zaključak

Na osnovu detaljnih analiza prikupljene dokumentacije, izvršenih parametarskih i korelacionih analiza, na osnovu hemizma voda i poštujući saznanja o geološkoj građi terena na kome se javne česme koje su predmet istraživanja nalaze, moguće je

dosta zaključiti o uslovima formiranja, filtracije, dreniranja i kvalitetu ovih voda.

Javna česma Sv. Petka Kalemegdan. Akumuliranje podzemnih voda se odvija u okviru krečnjaka karstno-pukotinskog tipa poroznosti sa mestimičnim proslojcima laporaca. Prihranjivanje izdani se odvija višestruko, i to: dominantno infiltracijom voda od padavina u delu gde krečnjaci izlaze na površinu, sporom infiltracijom atmosferilija kroz naslage lesa, a moguće, manjim delom, i mešanjem sa termomineralnim vodama iz zone duboke cirkulacije, kao nosiocima amonijum jona (NH_4) i hlorida (Cl). Spada u malomineralizovane vode sa dominantnim učešćem kalcijuma kao katjona i hidrokarbonata i hlorida kao anjona.

Hajdučka česma. Hajdučka česma se prihranjuje iz pukotinske izdani, a prema mehanizmu isticanja spada u izvore složenog, gravitaciono-uzlaznog tipa. Slivno područje ovog izvora je gotovo kompletno pod šumom, sa velikim brojem izgrađenih saobraćajnica, kao i objekata sportsko-rekreativne namene, što ima uticaj na infiltraciju voda u podzemlje. Hranjenje izdani se vrši na račun padavina na delu rasprostranjenja sarmatskih krečnjaka i infiltracijom kroz peskovite krečnjake gornje krede. Spada u malomineralizovane vode sa dominantnim učešćem kalcijuma kao katjona i hidrokarbonata kao anjona.

Miljakovačka česma. kada je prihranjivanje ovog izvora u pitanju, neophodno je pomenuti da je urbanizacija ovog područja mogla da utiče na otežanu infiltraciju voda u podzemlje, uz činjenicu da je litološki sastav sedimenata u povlati nepovoljan. Hranjenje izdani se obavlja infiltracijom voda od padavina na mestima gde je izdan otvorena ili sporom infiltracijom kroz slabo vodopropusne stene. Postoji mogućnost da u prihranjivanju učestvuju i vode iz zone dublje cirkulacije s obzirom da su neke ranije analize ukazale na prisustvo žive, što može biti posledica mešanja sa rudničkim vodama iz podavalskog područja. Prilikom obilaska terena, konstatovalo je da se Miljakovački izvor ne nalazi na mestu česme sa koje se vrši uzorkovanje. Česma je napravljena u krugu Miljakovačkog parka, gde se voda dovodi uz pomoć cevovoda. Inicijalna kaptaža Miljakovačkog izvora nije pronađena. Spada u malomineralizovane vode sa dominantnim učešćem kalcijuma i magnezijuma kao katjona i hidrokarbonata kao anjona.

Javna česma Sv. Petka Rakovica. Prihranjivanje ove izdani se obavlja trojako i to: sporom infiltra-

cijom voda od padavina kroz slabovodopropusne sedimente panonske starosti u povlati, indirektno, preko krečnjaka i peščara sarmatske starosti u zaleđu i njihovim mešanjem sa mineralnim vodama iz zone duboke cirkulacije, kao nosiocima jona magnezijuma. Spada u malomineralizovane vode sa dominantnim učešćem magnezijuma i kalcijuma kao katjona i hidrokarbonata kao anjona.

Javna česma Sakinac. Prihranjivanje ovog izvora se odvija dvojako, i to infiltracijom voda od padavina i mešanjem sa vodama iz zona dubljih delova zemljine kore na kontaktu eruptivnih žica i flišnih sedimenata. Spada u malomineralizovane vode sa dominantnim učešćem kalcijuma kao katjona i hidrokarbonata i hlorida kao anjona.

Vode sa svih ispitivanih javnih česmi su malomineralizovane, uglavnom hidrokarbonatne klase kalcijumske ili kalcijumsko-magnezijumske grupe, u pH neutralnom opsegu. Koncentracije nitrata i utroška KMnO_4 kao indikatora potencijalnih загаđivača su ispod granica maksimalnih dozvoljenih koncentracija voda za piće.

Karakteristično za sve izvore jeste da se mikrobiološka neispravnost dešava u periodu velikih padavina, verovatnije kao posledica loše izvedene kaptaže i mešanja atmosferilija sa podzemnim vodama. Dobar indikator koji bi mogao da potvrdi ovu pretpostavku bile bi vrednosti mutnoće merene u periodu neposredno nakon intenzivnih padavina.

Literatura

Dimitrijević N. 1988. *Hidrohemija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

Papić P. 1984. *Praktikum za izradu hemijske analize voda*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

Popović D., Tanasković M., Stojanović R. 2003. *Ekoatlas Beograda*. Beograd: Gradski zavod za zaštitu zdravlja

Aleksić V., Divljan M., Divljan S. 1981. *Geologija Srbije*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet

Milojević N., Filipović B., Dimitrijević N. 1975. *Hidrogeologija teritorije grada Beograda*. Cetinje: Obod

Geološki institut Srbije 2007. *Hidrogeološka studija o stanju i uslovima sanacije javnih česama na prirodnim izvoristima u okolini Beograda*. Beograd: Geološki institut Srbije

Fondovska dokumentacija Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd. Bulevar despota Stefana 54A, 11000 Beograd

Fondovska dokumentacija Departmana za hidrogeologiju Geološkog odseka Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Đušina 7, 11000 Beograd

Danica Šarenac and Matija Barudžija

Conditions of Forming and Quality of Subterranean Waters of Public Fountains in Belgrade

Analysis of the water from public fountains Sveta Petka at Kalemegdan fortress, Hajdučka česma, Miljkovačka česma, Sveta Petka in Rakovica municipality and the well Sakinac on Avala mountain have been done by Belgrade's Institute for public health for the period of 2011-2012. These analysis are presented in view of the information of geologi-

cal structure and hydrogeological conditions of the area, and the information of precipitation for that time period. This was done to show more accurate expectations about the conditions of the forming of observed fountains. Data about these public fountains has been collected by the said Institute, and it has been used in further research to get a better look of the geological structure of the area where these fountains are situated. Meteorological data was taken from the national Hydro-meteorological institute. It has been concluded that water from all the observed public fountains is lowly mineralized, mostly the hydrocarbon class of calcium or magnesium groups. The concentration of nitrite and consumption of KMnO_4 were used as indicators of possible pollution, and the results have shown that the level of polluting substance is less than the allowed maximum. The common thing for all fountains is that the number of bacterium rises after big rainfalls, probably as a consequence of poorly executed trap and mixing precipitation and subterranean waters. An indicator that could prove this is the level of turbidness measured after heavy rainfalls.

