



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**38. Međunarodni
stručno - naučni skup**

VODOVOD I KANALIZACIJA '17

Zbornik radova

Kragujevac, 10 – 13. oktobar 2017.

CIP- Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије

628.1/.3(082)

**МЕЂУНАРОДНИ стручно-научни скуп Водовод и
канализација (38 ; 2017 ; Крагујевац)**

Zbornik radova / 38. Međunarodni stručno-naučni skup
Vodovod i kanalizacija '17, Kragujevac, 10-13. oktobar 2017. ;
[organizatori] Savez inženjera i tehničara Srbije ... [et al.] ;
[glavni i odgovorni urednik Časlav Lačnjevac]. - Beograd : Savez
inženjera i tehničara Srbije, 2017 (Zemun : "Dunav"). - 416 str. :
ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 220. -
Napomene uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-36-0

1. Савез инжењера и техничара Србије (Београд)
 - a) Водовод - Зборници
 - b) Канализација - Зборници
 - c) Отпадне воде - Зборници
 - d) Водозахвати - Зборници

COBISS.SR-ID 246436364

**PROCENA KVALITETA PRIRODNIH MINERALNIH VODA SA
TERITORIJE VRNJAČKE BANJE SA ASPEKTA SADRŽAJA
MAKRO - I MIKROELEMENATA**

**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF NATURAL MINERAL
WATERS FROM THE VRNJACKA BANJA AREA IN ASPECT OF
THE CONTENT OF MACRO - AND MICROELEMENTS**

NEBOJŠA PANTELIĆ¹, SIMONA JAĆIMOVIĆ², BILJANA DOJČINOVIĆ³,
IVANA MALOPARAC⁴, ČASLAV LAČNJEVAC⁵,
ALEKSANDAR KOSTIĆ⁶

Rezime: U okviru ovog rada izvršeno je preliminarno ispitivanje kvaliteta prirodnih mineralnih voda sa teritorije Vrnjačke Banje (U1-U7) određivanjem osnovnih fizičko-hemijskih parametara kao što su: temperatura, pH vrednost, provodljivost, mutnoća, sadržaj hlorida i ukupnih organskih materija, kao i sadržaj amonijaka. Posebna pažnja stavljena je na ispitivanje sadržaja odabranih makro - i mikroelemenata za čije određivanje je korišćena analitička tehnika induktivno kuplovana plazma sa optičkom emisijom spektrometrijom, ICP-OES (eng. Inductively coupled plasma - optic emission spectrometry). Koncentracije makroelemenata Ca, Mg i Si u analiziranim uzorcima bile su u granicama dozvoljenih vrednosti, dok je višestruko povišena koncentracija Na detektovana u uzorcima U2, U3, U5 i U7. Povišene koncentracije mikroelemenata zabeležene su u uzorcima: U6 (As); U3-U5 (Se); U1 i U4 (Fe); U1-U4 i U7 (Mn), dok koncentracije ostalih mikroelemenata (S, Ni, Cd) su bile u okviru dozvoljenih vrednosti po Pravilniku o ispravnosti vode za ljudsku upotrebu.

Ključne reči: mineralne vode, kvalitet vode, makroelementi, mikroelementi, Vrnjačka Banja

¹ Nebojša Pantelić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, Zemun, Beograd

² Simona Jaćimović, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, Zemun, Beograd

³ Biljana Dojčinović, Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju IHTM, Njegoševa 12, Beograd

⁴ Ivana Maloparac, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, Zemun, Beograd

⁵ Časlav Lačnjevac, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, Zemun, Beograd

⁶ Aleksandar Kostić, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Katedra za hemiju i biohemiju, Nemanjina 6, Zemun, Beograd

Abstract: In this paper preliminary tests of the quality of natural mineral waters from the Vrnjačka Banja area (U1-U7) were carried out by determining basic physical and chemical parameters such as: temperature, pH value, conductivity, turbidimetry, content of chloride and total organic substances, as well as the content of ammonia. Particular attention was paid to testing the content of selected macro- and microelements by using analytical techniques inductively purchased plasma with optical emission spectrometry, ICP-OES (Inductive Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry). The concentrations of macroelements Ca, Mg, and Si in the analyzed samples were within the limits of the allowed values, while the multiplied concentration of Na was detected in samples U2, U3, U5 and U7. Elevated concentrations of microelements were recorded in the samples: U6 (As); U3-U5 (Se); U1 and U4 (Fe); U1-U4 and U7 (Mn), while the concentrations of other microelements (S, Ni, Cd) were in the allowed values according to the National legislation of water for human use.

Key words: mineral water, quality of water, macroelementes, microelementes, Vrnjačka Banja

1. Uvod

Voda predstavlja osnov života i primarni je sastojak svakog živog bića. Ljudski organizam u najvećoj meri je sastavljen od vode. Ukupna količina vode u telu nalazi se u dinamičkoj ravnoteži unutar i vanćelijskog prostora svake ćelije. Industrijski razvoj, urbanizacija i rast stanovnika negativno utiču na kvalitet vode koji može biti ugrožen nizom neorganskih, organskih i bioloških zagađenja [1].

Mineralne vode nastaju poniranjem atmosfere vode kroz zemljište, koja teče do različitih dubina prema nagibu nepropusnih slojeva. Na tom putu voda se filtrira, rastvara hemijska jedinjenja, apsorbuje gasove (SO_2 , H_2S i CO_2) pri čemu se formiraju termomineralne, ugljeno-kisele ili sulfidne vode [2]. Osobine podzemnih voda zavise od geološkog sastava terena, mineraloškog sastava stena i fizičko-hemijskih karakteristika vode i drugih faktora [3]. U ove osobine spadaju: temperatura, boja, providnost, miris, ukus, elektroprovodljivost, pH, suvi ostatak i suspendovane materije kao sadržaj različitih hemijskih elemenata od kojih najviše zavisi kvalitet vode. U podzemnim vodama je utvrđeno 45 hemijskih elemenata, a u mineralizaciji najčešće ih učestvuje oko 20 [3]. Mineralne vode su sve one podzemne vode koje sadrže više od 1 g/dm^3 rastvorenih mineralnih materija.

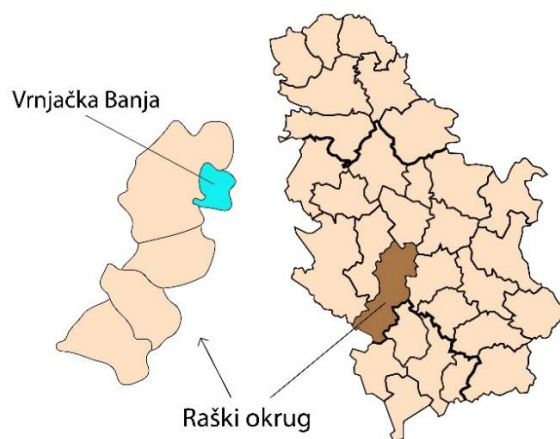
Mineralne vode u zavisnosti od toga da li su lekovite, poseduju određene minerale i mogu se klasifikovati na: 1) Lekovite vode, koje predstavljaju sve podzemne vode bez obzira na količinu rastvorenih materija, koje svojim sastavom, temperaturom ili gasovima okrepljujuće deluju na ljudski organizam. 2) Termomineralne vode, koje sadrže preko 1 g/dm^3 mineralnih soli, a imaju temperaturu višu od $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Sumporne vode, koje se nalaze na teritoriji Vrnjačke Banje, koriste se u terapiji reumatičnih oboljenja i nekih oboljenja kože. Divalentni sumpor se nalazi u delimično rastvorenom obliku i lako se resorbuje preko kože. Koncentracija u krvi se povećava tri sata nakon kupanja i dostiže maksimum. Takođe, nalaze se i sulfatne vode u obliku natrijum-sulfata (salinične) i magnezijum-sulfata (gorke) koje se koriste u terapiji kod bolesti organa za varenje i uroloških oboljenja, uz lekarsku kontrolu.

Poznavanje fizičko-hemijskih parametara vode je veoma značajno za karakterizaciju kvaliteta i tipa vode [4]. Takođe, ovi parametri su vezivni faktori za opstanak organizama, pre svega flore i faune. Bez obzira na poreklo, brojni fizičko-hemijski i biohemijski procesi utiču na njihovu raspodelu u sistemu sediment-voda. Elementi u tragovima mogu biti esencijalni za ljudski život, poput Co, Cr, Cu, Fe, Se i Zn, međutim, kako nedostatak, tako i povišene koncentracije elemenata, mogu imati negativan uticaj na zdravlje ljudi posebno zbog njihove toksičnosti, perzistentnosti i sposobnosti bioakumulacije. Metali pokazuju afinitet vezivanja za organske materije pri čemu nastaju organometalna jedinjenja, visokog koeficijenta lipo-solubilnosti, a samim tim su i potencijalno toksični, u nekim slučajevima i kancerogeni [5].

U okviru rada ispitani su osnovni fizičko-hemijski parametri kvaliteta vode (temperatura, pH vrednost, provodljivost, mutnoća, sadržaj hlorida i ukupnih organskih materija kao i sadržaj amonijaka), kao i sadržaj makroelemenata (natrijum, magnezijum, kalcijum i silicijum) i mikroelemenata (arsen, sumpor, selen, gvožđe, nikal, mangan i kadmijum) u prirodnim mineralnim vodama sa područja Vrnjačke Banje. Cilj istraživanja bilo je preliminarno ispitivanje kvaliteta ovih voda i njihov uticaj na ljudsko zdravlje kroz spomenute parametre upoređivanjem sa standardnim vrednostima preporučenih nacionalnim Pravilnikom o kvalitetu vode.

2. Lokacija i materijal

Opština Raška je jedan od osam administrativnih okruga Šumadije i Zapadne Srbije. Upravni centar Raškog okruga je Kraljevo, koji je udaljen oko 25 kilometara od Vrnjačke Banje ($43^{\circ} 37''/N$, $20^{\circ} 54''/E$). Geografski položaj lokacije na kojoj su prikupljeni uzorci prikazan je na slici 1. Sa teritorije Vrnjačke Banje sakupljeni su sledeći uzorci: Snežnik (U1), termomineralni izvor Jezero (U2), termomineralni izvor Topla voda (U3), Borjak (U4), termomineralni izvor Beli izvor (U5), Vrnjačko Vrelo (U6) i Slatina (U7). Svi uzorci su prikupljeni i analizirani u periodu maj-avgust 2017. godine.



Slika 1. Mapa opštine Vrnjačka Banja

3. Metode

3.1. Određivanje fizičko-hemijskih parametara

Merenje temperature vode izvršeno je termometrijski i izraženo je u °C. pH-vrednost je određivana pH-metrom (MultiMeter MM 41, pH electrode 50 21 T). Za merenje provodljivosti korišćen je konduktometar (Crison, MultiMeter MM 41, E.C. cell 50 70). Mutnoća voda određena je nefelometrijski (NTU) pomoću turbidimetra (Turb 430 IR). Sadržaj hlorida određen je metodom po Morh-u (titracija standardnim rastvorom srebro-nitrata). Sadržaj ukupnih organskih materija određen je metodom po Kubel-Tiemann-u (titracijom standardnim rastvorom kalijum-permanganata u kiseloj sredini). Sadržaj amonijaka određen je kolorimetrijskom metodom (Nessler-ov reagens, 425 nm) [6].

3.2. Određivanje sadržaja makro i mikroelemenata

Za određivanje sadržaja metala korišćena je analitička tehnika induktivno kuplovana plazma sa optičkom emisionom spektrometrijom, ICP-OES (eng. Inductively coupled plasma - optic emission spectrometry). Analiza je rađena na instrumentu Thermo Scientific iCAP 6500 Duo ICP (Thermo Fisher Scientific, Cambridge, UK). Za kalibraciju instrumenta korišćena su dva sertifikovana multielementarna ICP-OES standarda: Multi-Element Plasma Standard Solution 4, Specpure® (Alfa Aesar GmbH & Co KG, Nemačka) i SS-Low Level Elements ICV Stock (10 mg L⁻¹K) (VHG Labs, Inc- Part of LGC Standards, Manchester, NH 03103 USA). Analitički proces verifikovan je pomoću sertifikovanog referentnog materijala EPA Method 200,7 LPC Solution (ULTRA Scientific, USA). Slaganje izmerenih koncentracija sa sertifikovanim vrednostima je bilo 96-104% [4].

4. Rezultati i diskusija

Rezultati fizičko-hemijskih parametara analiziranih uzoraka su prikazani u tabeli 1. Temperatura i pH su verovatno najvažnije promenljive životne sredine koje utiču na metaboličke aktivnosti, rast, ishranu i humanu reprodukciju. U analiziranim uzorcima opseg temperature kretao se od 14.0–36.0°C. Na pH mogu da utiču: huminske supstance koje menjaju karbonatnu ravnotežu, biološku aktivnost flore i faune, kao i soli koje hidrolizuju.

Zbog uticaja pH na hemijska i biološka svojstva vode, određivanje pH je veoma značajno. Najniža pH-vrednost je izmerena u uzorku Snežnik, U1, (6,42), dok je najviša pH (6,88) zabeležena u uzorku U4 (Borjak). Na osnovu rezultata za pH-vrednost zaključuje se da su ispitivani uzorci vode blago kiseli što je i očekivano.

Provodljivost predstavlja električno svojstvo vode i zavisi od koncentracije jona prisutnih u vodi, pokretljivosti i naelektrisanja, kao i od temperature na kojoj se određuje provodljivost. Prema Zakonodavstvu Republike Srbije i Svetske zdravstvene organizacije (WHO), maksimalno dozvoljena vrednost za provodljivost u prirodnim mineralnim vodama iznosi 2500 µS/cm. Kao što primećuje iz tabele 1, uzorci U3 i U5 imali su veće vrednosti za provodljivost od dozvoljene, 2980 i 3460

$\mu\text{S}/\text{cm}$, redom, što ukazuje da ovi uzorci sadrže povećanu koncentraciju rastvorenih soli.

Zamućenost vode je izazvana suspendovanim neorganskim i dispergovanim organskim supstancama, a rezultat je optičke aktivnosti rastvorenih supstanci. U većini ispitivanih uzoraka, merena zamućenost bila je $<5,00$ NTU, osim u uzorku U4 čija je vrednost 5,24 NTU. Ovo se može povezati sa nekoliko faktora kao što su geologija okolnog terena, prisustvo organskih i neorganskih materija kao i iznenadni priliv površinskih voda u kišnoj sezoni.

U svim analiziranim uzorcima sadržaj hlorida kretao se u intervalu od 20,6 do 46,8 mg/L (tabela 1). Najveća koncentracija hloridnih jona zabeležena je u uzorku U3, dok uzorak U4 je pokazao najnižu vrednost ovog parametra. Nema dokaza da povećana koncentracija hlorida može uticati na zdravlje ljudi, međutim, hloridni joni mogu uticati na ukus i boju vode [7].

Prema Zakonu Republike Srbije, maksimalna dozvoljena koncentracija ukupnih organskih materija u prirodnim mineralnim vodama iznosi 5,0 mg/L. Svi analizirani uzorci imali su vrednosti od oko 45 mg/L, što ukazuje da je sadržaj ovog parametra čak 9 puta veći od dozvoljenog. Organske materije prisutne u vodi ne moraju poticati od zagađivača, ali se prirodno mogu nalaziti u vodi zbog geologije terena.

Na osnovu zakonodavstva Republike Srbije maksimalno dozvoljena koncentracija amonijaka u prirodnim mineralnim vodama iznosi 0,5 mg/L, i svi ispitivani uzorci imali su znatno nižu vrednost od maksimalno dozvoljene (tabela 1) [8].

Tabela 1. Fizičko-hemijski parametri ispitivanih uzoraka vode

Uzorci	Temperatura (°C)	pH	Provodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Mutnoća (NTU)	Cl ⁻ (mg/L)	Ukupne organske materije (mg/L)	NH ₃ (mg/L)
U1	17	6,42	1397	2,77	21,62	48,40	0,003
U2	27	6,49	2980	1,44	35,09	45,60	0,186
U3	36	6,48	2150	0,89	34,74	46,80	0,014
U4	19	6,88	1215	5,24	20,56	47,60	0,134
U5	22	6,55	3460	4,24	46,79	44,00	0,106
U6	17	6,60	657	1,35	33,59	44,54	0,100
U7	14	6,68	2220	2,27	28,91	45,78	0,108
MDK*	-	6,5-9,5	2500	5	250	5	0,5

* maksimalna dozvoljena koncentracija u mineralnim vodama za ljudsku upotrebu ("Sl. list SRJ, 42/98 i 44/99)

Na osnovu položaja elemenata u Periodnom sistemu, ispitivani elementi u uzorcima vode možemo podeliti na *s*- (alkalni i zemnoalkalni metali), *p*- (metaloidi i nemetali) i *d*- (teški metali). Dobijene koncentracije elemenata u analiziranim uzorcima prikazane su u tabeli 2.

Dominantni elementi u vodi su alkalni i zemnoalkalni metali (Na, Mg, Ca). Natrijum je zadužen za pravilno funkcionisanje srca i nervnog i mišićnog sistema i

glavni je pozitivni jon koji može slobodno da „komunicira” između ćelije i prostora oko nje. Kao što možemo da uočimo iz tabele 2, uzorci U2, U3, U5 i U7 sadrže višestruko veću količinu natrijuma od dozvoljene (200 mg/L), pa i pored toga što je ovaj makroelement vitalan za normalno funkcionisanje organizma treba biti veoma umeren sa konzumiranjem vode sa spomenutih izvora. Kalcijum i magnezijum su takođe makroelementi neophodni za pravilno funkcioniranje ljudskog tela. Kalcijum utiče na čvrstoću kostiju i zuba, a pored toga smanjuje osetljivost na alergije i deluje na centralni nervni sistem, dok je magnezijum važan za pravilno funkcioniranje nervnog i kardiovaskularnog sistema, kao i svih enzimskih reakcija koje uključuju adenozin trifosfat (ATP) [4]. Takođe, deluje i kao mišićni relaksant. Svi testirani uzorci imali su koncentraciju kalcijuma koja je u granicama dozvoljene vrednosti, osim kod uzoraka U2 i U7 gde je ova vrednost bila blago povišena (155,1; 158,8 mg/L, redom). Posebno treba istaći uzorak U6 u kome je zabeležena prilično niska koncentracija kalcijuma (6,7 mg/L) koja se ne očekuje kod ovog tipa vode. Sa druge strane, svi uzorci su bogati sadržajem magnezijuma čija je koncentracija u gornjim granicama maksimalno dozvoljene vrednosti (50 mg/L).

Drugu grupu elemenata čine p elementi (Si, As, S, Se). Prema Pravilniku o kvalitetu i ispravnosti prirodnih mineralnih voda Republike Srbije granična koncentracija silicijuma nije definisana. Međutim, potpuno je očekivano prisustvo ovog makroelementa u mineralnim vodama jer se silicijum u obliku raznih silikata nalazi u zemljištu. Koncentracija ovog elementa u ispitivanim uzorcima bila je u opsegu od 11,2 do 23,7 mg/L). Arsen je jedan od najtoksičnijih i najkancerogenih mikroelementa koji se javlja u neorganskom i organskom obliku. Zbog velike štetnosti za srce, pluća, želudac, jetru i bubrege, granična vrednost arsena u vodi za piće iznosi samo 10 µg/L. Uzorak U6 ima značajno povišenu koncentraciju arsena (23,9 µg/L), dok se kod ostalih analiziranih uzoraka ta vrednost nalazi u granicama dozvoljene. Posebno treba naglasiti uzorak U2 u kome je koncentracija arsena bila ispod granice detekcije aparata (<0,1 µg/L). Arsen u zemljištu može se naći u obliku različitih arsen sulfidnih minerala koji su nestabilni pod određenim uslovima (temperatura i pH) i mogu se razložiti što dovodi do akumuliranja arsena u podzemnim vodama. Selen je oligoelement koji stimulira metabolizam i štiti organizam od slobodnih radikala. Sastavni je deo enzima koji su odgovorni za smanjenje oksidativnog stresa. Studije su pokazale da selen smanjuje opasnost od gastrointestinalnog raka i raka prostate, a pozitivno utiče na i mušku plodnost. Takođe, ima sposobnost da utiče na metabolizam nekih teških metala (As, Pb, Hg), čime se smanjuje njihova toksičnost. Na osnovu zakonodavstva Republike Srbije, maksimalna dozvoljena vrednost selena u mineralnim vodama je 10 µg/L, a testirani uzorci U3, U4 i U5 imali su veću koncentraciju ovog oligoelementa od spomenute (14,1; 13,7; 17,4 µg/L, redom). Granica između terapijske i toksične doze je mala tako da treba biti obazriv u količini konzumiranja vode sa ovih izvora. Sumpor se prirodno javlja u zemljištu i stenama u obliku raznih minerala. U podzemnim vodama, u zavisnosti od pH sredine, sumpor može da se javi u obliku sulfata (SO_4^{2-}), hidrosulfida (HS^-) i vodonik-sulfida (H_2S). Iako po Zakonu Republike Srbije koncentracija ukupnog sumpora nije definisana, dobro je poznato da veća količina sumpora u vodi može da utiče na njen

ukus i boju, a u nekim slučajevima tako uneta voda u organizam može imati i laksativni efekat. Izvori prirodne mineralne vode u Vrnjačkoj Banji, na osnovu sadržaja sumpora, mogu se klasifikovati na Izvore siromašne sumporom (U5; 0,8 mg/L), i na one koje su bogate ovim biogenim elementom (U4; 18,0 mg/L).

Tabela 2. Sadržaj makro- [mg/L] i mikroelemenata [µg/L] u uzorcima vode

Uzorci	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Si (mg/L)	As (µg/L)	S (mg/L)	Se (µg/L)	Fe (µg/L)	Ni (µg/L)	Mn (µg/L)	Cd (µg/L)
U1	188,9	70,9	48,5	23,7	5,7	14,7	3,8	754,5	16,3	93,9	1,0
U2	569,9	155,1	44,1	11,2	<0,1	1,3	7,1	87,6	1,6	179,8	0,9
U3	394,6	72,7	51,7	20,9	1,4	4,8	14,1	0,9	<0,1	101,1	1,1
U4	158,3	64,3	41,7	22,4	5,0	18,0	13,7	403,6	2,7	115,3	1,0
U5	748,6	122,5	50,2	19,3	2,4	0,8	17,4	34,5	9,6	49,6	1,2
U6	27,9	6,7	41,7	16,4	23,9	3,0	<0,1	38,9	<0,1	5,8	0,9
U7	715,4	158,9	45,0	11,3	1,5	1,2	6,0	39,9	10,4	235,1	0,9
MDK*	200	150	50	n.d.**	10	n.d.**	10	200	20	50	3

* maksimalna dozvoljena koncentracija u mineralnim vodama za ljudsku upotrebu ("Sl. list SRJ, 42/98 i 44/99)

** nije definisano ("Sl. list SRJ, 42/98 i 44/99)

Treća grupa elemenata obuhvata *d* elemente - teške metale (Fe, Ni, Mn, Cd). U podzemnim vodama gvožđe je uglavnom prisutno u obliku dvovalenih soli karbonata, bikarbonata i sulfata dok trovalentnog gvožđa obično nema u rastvorenom obliku jer se na pH-vrednostima višim od 4,5 taloži u obliku nerastvornog koloidnog hidroksida. Koncentracije gvožđa koje su detektovane u uzorcima U1 i U4 iznose 754,5 µg/L odnosno 403,6 µg/L, što je ~ 3,7 odnosno 2 puta veća koncentracija od MDK, tabela 2. Povećane koncentracije gvožđa mogu dovesti do njegove akumulacije u organizmu, a dugotrajna akumulacija može imati kancerogeni efekat na ljudsko zdravlje. Pored gvožđa, u svim ispitivanim uzorcima (osim U5 i U6) izmerene su znatno povećane koncentracije mangana (tabela 2) a mogući razlog leži u geološkoj strukturi oblasti. Posebno treba naglasiti uzorak U7 kod koga je detektovana ~5 puta veća koncentracija od dozvoljene. Mn²⁺ jon može savršeno da zameni Fe²⁺ jon u svim oksidnim mineralima, a ponekad i Mg²⁺ u silikatima [4]. Povećana koncentracija mangana može dovesti do promena u intelektualnom razvoju dece, zatim oštećenja respiratornog sistema kao i promene na koži. Ostali ispitivani *d*- elementi (Ni i Cd) bili su u okviru granica dozvoljenih vrednosti u vodi za ljudsku upotrebu (tabela 2).

5. Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata analiziranih uzoraka vode, sa teritorije Vrnjačke Banje, možemo zaključiti da elementi koji su dominantni u prirodnim mineralnim vodama, alkalni i zemnoalkalni metali, bili su u granicama maksimalno dozvoljenih vrednosti, osim za natrijum u uzorcima U2, U3, U5 i U7 gde je zabeležena 2-4 puta veća koncentracija ovog makroelementa od dozvoljene. Jedino uzorak U6 sadrži veću koncentraciju arsena od MDK, dok je u uzorcima U3, U4 i U5 detektovana

blago povišena koncentracija selena. U svim ispitivanim uzorcima, osim u U5 i U6, dobijene su povišene koncentracije mangana, a posebno treba naglasiti uzorak U7 koji sadrži čak ~5 puta veću koncentraciju ovog metala od dozvoljene, kao i da uzorci U1 i U4 sadrže 2 odnosno ~3,7 puta veću koncentraciju gvožđa. Rezultati dobijeni u ovom preliminarnom istraživanju ukazuju da geologija terena može biti odgovorna za povišene koncentracije ovih teških metala koji mogu imati posledice po ljudsko zdravlje i zato treba biti obazriv u količini konzumiranja vode sa ovih izvora. Prirodne mineralne vode sa teritorije Vrnjačke Banje su višestruko primenljive i u propisanim količinama se preporučuju kod onih koji boluju od bolesti sistema za varenje, bolesti žučne kese i žučnih puteva, čira na želucu i dvanaestopalačnom crevu, dijabetesa, bolesti bubrega i mokraćnih puteva.

6. Literatura

- [1] A. Demirak F, Yilmaz A, Levent Tuna, N. Ozdemir, "Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey", *Chemosphere* 63, 1451–1458, 2006.
- [2] T. Petrović, M. Zlokolica-Mandić, N. Veljković D. Vidojević, "Hydrogeological conditions for the forming and quality of mineral waters in Serbia", *J. Geochem. Explor.* 107 373–381, 2010.
- [3] B. Dalmacija, J. Agbaba, S. Maletić, A. Tubić, "Zakoni, pravila i standardi vode za piće, Kontrola kvaliteta vode za piće (ur. B. Dalmacija i J. Agbaba)" Departman za hemiju, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 11–92, 2006.
- [4] A. Ž. Kostić, N. Đ. Pantelić, L. M. Kaluđerović, J. P. Janoš, B. P. Dojčinović, J. B. Popović-Đorđević, "Physicochemical properties of waters in Southern Banat (Serbia); Potential leaching of some trace elements from ground and human health risk", *Expo. Health* 8, 227–238, 2016.
- [5] X. Huang, "Iron overload and its association with cancer risk in human: evidence for iron as carcinogenic metal", *Mutat. Res.-Fund. Mol. M.*, 533, 153–171, 2003.
- [6] N. Pantelić, A. M. Dramićanin, D. B. Milovanović, J. B. Popović-Đorđević, A. Ž. Kostić, "Evaluation of the quality of drinking water in Rasina district, Serbia: physicochemical and bacteriological viewpoint", accepted for publication in *Rom. J. Phys.*
- [7] WHO - World Health Organization Guidelines for drinking water quality, 3rd ed., incorporating the first and second addenda, Vol. 1, Recommendations, WHO Press Geneva, 2008.
- [8] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Službeni list SRJ, 42/98 i 44/99.