

SADRŽAJ ANJONA U PODZEMNIM VODAMA NA TERITORIJI SEMBERIJE

Tamara J. Laketić¹, Aleksandra N. Pavlović^{2*}, Milenko J. Savić¹, Snežana S. Mitić²,
Snežana B. Tošić², Milena N. Miljković²

(ORIGINALAN NAUČNI RAD)
UDK 628.112:543.34

¹Institut za vode Bijeljina, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

²Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, Niš, Srbija

Na teritoriji Semberije koja se nalazi na severoistoku Bosne i Hercegovine, veliki broj stanovnika koristi neprerađenu podzemnu vodu za piće. Kako je ovo poljoprivredni kraj, postoji mogućnost zagađenja ovih voda teškim metalima, azotnom i fosforom komponentom, pesticidima i drugim kontaminantima. U ovom radu prikazani su rezultati određivanja fizičko-hemijskih i hemijskih parametara podzemnih voda iz arteških bunara na deset lokaliteta koji se prostiru duž reke Save i Drine na severu Semberije. Rezultati ukazuju na povećan sadržaj amonijačnog azota na četiri lokaliteta (AB1, AB2, AB3 i AB5), koji prelazi vrednosti propisane od strane Svetske zdravstvene organizacije (World Health Organization, WHO), Direktive Evropske zajednice (EU) i Američke agencije za zaštitu životne sredine (US Environmental Protection Agency, US EPA). Takođe, koncentracije amonijačnog azota prelaze maksimalno dozvoljene vrednosti (MDK) date Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije na svim lokalitetima. Koncentracije fosfata takođe su veće na lokalitetima AB1, AB2, AB3 i AB5 i prelaze MDK vrednosti propisane Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije, ali su ispod vrednosti propisanih od strane evropskih i svetskih organizacija.

Ključne reči: anjoni, arteški bunari, Semberija, UV/Vis spektrofotometrija, jonska hromatografija

Uvod

Voda je dragocen resurs neophodan za život ljudi. Obzirom na činjenicu da oko 50 % ukupnog stanovništva na zemaljskoj kugli koristi podzemne vode za piće, od velikog je značaja praćenje kvaliteta podzemnih voda. Nagla globalizacija i porast broja stanovnika doveli su do smanjenja količine podzemne vode kao i do njenog zagađenja. Da bi podzemna voda mogla da se koristi za piće, ona mora biti hemijski i mikrobiološki ispravna. Higijenski ispravna voda za piće osnovni je preduslov za dobro zdravlje, jer je neophodna za održavanje života i lične i opšte higijene. Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, WHO) svrstala je kvalitet vode za piće u dvanaest osnovnih indikatora zdravstvenog stanja stanovništva jedne zemlje, čime se potvrđuje njena značajna uloga u zaštiti i unapređenju zdravlja.

Američka Agencija za zaštitu životne sredine (US Environmental Protection Agency, US EPA) propisala je kriterijume koji se odnose na kvalitet vode za piće u pogledu sadržaja kako organskih tako i neorganskih polutanata [1]. Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, WHO) je takođe propisala kriterijume u pogledu sadržaja organskih i neorganskih polutanata u vodi za piće [2]. Higijenska ispravnost vode za piće koja služi za javno snabdevanje stanovništva je propisana i

Pravilnikom Republike Srpske i Republike Srbije [3,4].

Semberija obuhvata prostranu aluvijalnu ravan, između reka Save i Drine i planine Majevice. Ravan je blago nagnuta prema severoistoku i ne prelazi apsolutnu visinu od 110 m. Najniži delovi, u području ušća Drine u Savu nalaze se nešto ispod 80 m [5]. Semberija je veoma bogata podzemnim vodama. Na njenoj teritoriji nalazi se oko 140 arteških bunara koji služe kao izvor vode za piće. Nažalost, veliki broj ovih bunara je neispitan od strane ovlašćenih institucija, tako da ljudi koriste ovu vodu ne znajući da li je ona ispravna.

Prethodna istraživanja [6] koja se odnose određivanje sadržaja metala vršena su u cilju praćenja kvaliteta podzemnih voda na teritoriji Semberije. Cilj ovog rada je određivanje sadržaja anjona u vodi iz arteških bunara koju stanovništvo, naročito u ruralnim područjima, koristi za piće, kuvanje i pranje. Dobijeni rezultati se mogu primeniti za procenu potencijala korišćenja vode iz arteških bunara u Semberiji u budućnosti.

Eksperimentalni deo

Oblast studije

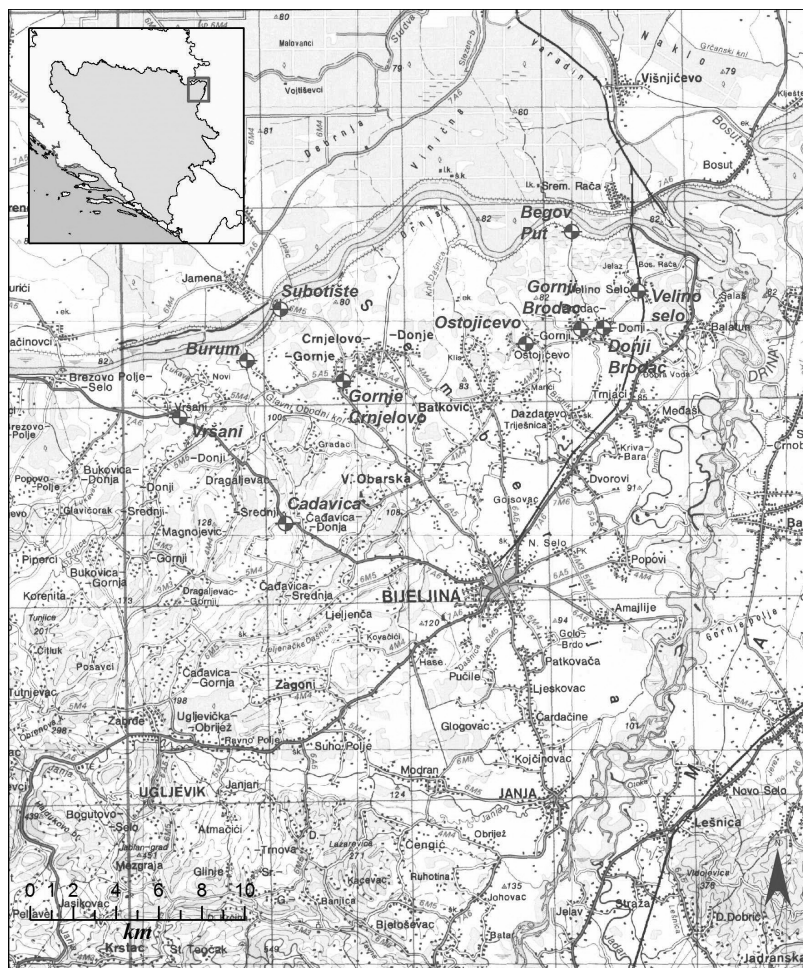
Ispitivanja podzemnih voda iz arteških bunara (AB) su

* Adresa autora: Aleksandra N. Pavlović, Prirodno-matematički fakultet, Višegradska 33, 18000 Niš, Srbija
E-mail: aleksandra.pavlovic@pmf.edu.rs
Rukopis primljen: 11. aprila 2014. godine
Rad prihvaćen: 12. maja 2014. godine

izvršena na 10 različitih lokaliteta koji se nalaze uz reku Savu i Drinu na severu Semberije (slika 1). Voda iz arteških bunara koja je analizirana nalazi se na dubini od 100 do 215 m. U Tabeli 1 data je oznaka lokaliteta uzorkovanja sa koordinatama i nadmorskom visinom.

Tabela 1. Lokalizacija uzorkovanja
Table 1. Sampling location

Lokalitet	Oznaka lokaliteta	koordinata x	koordinata y	nadmorska visina (m)
Velino selo	AB1	4971402,95	6603088,40	91,91
Donji Brodac	AB2	4969694,65	6601470,07	91,63
Gornji Brodac	AB3	4969628,35	6600407,21	95,46
Begov put	AB4	4974180,85	6599992,08	82,93
Ostojicevo	AB5	4968954,74	6597855,93	88,51
Gornje Crnjelovo	AB6	4967205,14	6589324,61	88,82
Subotište	AB7	4970564,44	6586400,59	75,81
Burum	AB8	4968162,64	6584848,72	75,55
Vršani	AB9	4965523,75	6581705,50	91,40
Čadavica	AB10	4960569,74	6586649,81	96,59



Slika 1. Mapa lokaliteta uzorkovanja
Figure 1. A map of sampling location

Materijali i metode

Uzorkovanje

Uzorci za određivanje fizičko-hemijskih i hemijskih parametara uzorkovani su u periodu od februara 2011 do januara 2012. godine. Uzorkovanje, konzerviranje i čuvanje uzoraka izvršeno je po metodi ISO 5667-3 [7] i US EPA [8]. Na licu mesta izvršeno je merenje in situ parametara: temperatura vode, pH i elektroprovodljivost. Uzorci za analizu anjona uzeti su u plastičnim bocama i do analize su čuvani u frižideru na temperaturi od 4 °C [9,10].

Reagensi i standardi

Reagensi za spektrofotometrijsku analizu nitrata, nitrita, fosfata i amonijačnog azota pripremljeni su od hemikalija p.a. čistoće (Kemika, Merck i Lachner). Osnovni rastvori fosfata, amonijačnog azota, nitrita i nitrata koncentracije 50 mgP/L, 1000 mgNH₃-N/L, 100 mgNO₂-N/L, 100 mgNO₃-N/L pripremljeni su od soli KH₂PO₄, NH₄Cl, NaNO₂ i KNO₃ p.a. čistoće (Kemika). Osnovni rastvori hlorida i sulfata su pripremljeni korišćenjem standardnih rastvora koncentracije 1000 mg/L (Fluka). Radni rastvori su pripremljeni razblaživanjem osnovnih rastvora.

Za pripremu reagenasa, standarda i uzoraka korišćena je ultra-čista voda električne provodljivosti 0,05 µS/cm (SG-ULTRA CLEAR TWF 2001-D).

Analiza in situ parametara

Merenje pH vršeno je pH-metrom WTW (model Profile pH 197) i Lovibond (model SensoDirect pH200). Uređaj je kalibrisan puferskim standardima WTW (PL4, PL7 i PL10) pH vrednosti 4,0, 7,0 i 10,0. Merenje elektroprovodljivosti izvršeno je na konduktometru WTW (model LF 197/LF 197-S). Uređaj je kalibrisan standardom električne provodljivosti 1413 µS/cm proizvođača Radiometer model KS920.

Određivanje anjona

Određivanje nitrita, nitrata, amonijačnog azota i fosfata izvršena je spektrofotometrom proizvođača CECIL model Aquarius CE 7200 (200-1000 nm). Za određivanje hlorida i sulfata korišćen je jonski hromatograf firme SHIMADZU. Metode [11-15] određivanja parametara date su u Tabeli 2.

Tabela 2. Metode određivanja NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N, PO₄-P, Cl⁻ i SO₄²⁻

Table 2. Methods of determination of NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N, PO₄-P, Cl⁻ i SO₄²⁻

Parametar	Metoda	Referenca
NO ₂ -N	BAS EN 26777:2002	[9]
NO ₃ -N	APHA-AWWA-WEF-4500-NO ₃ (B)	[10]
NH ₃ -N	BAS ISO 7150-1:2002	[11]
PO ₄ -P	BAS ISO 6878:2002	[12]
Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻	BAS EN 10304-1:2002	[13]

Rezultati i diskusija

pH

pH vrednosti uzoraka vode se kreće u opsegu od 7,45 do 8,21 (Tabela 3). WHO [16] nije postavila smernice za ovaj parametar, dok su prema Direktivi EU [17], US EPA [18] i Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske [3], dozvoljene pH vrednosti vode za piće u intervalu od 6,5 do 9,5, od 5,0 do 9,0 i od 6,8 do 8,5. Voda sa niskim pH je kisela, mekana i korozivna, može da ošteti metalne cevi i da izazove metalni ili kiseli ukus u ustima. Voda sa pH iznad 8,5 ukazuje na visok sadržaj alkalnih minerala. Visok alkalitet ne predstavlja rizik po zdravlje ljudi, ali može da dovede do pojava kamena ili gorkog ukusa u ustima [19].

Analizirani uzorci vode pokazuju blago alkalni karakter sa pH vrednostima koje su u granicama preporučenih vrednosti od strane evropskih i svetskih organizacija.

Provodljivost

Električna provodljivost (χ) je direktno je povezana sa koncentracijom jonizovanih supstanci u vodi. Ona ukazuje na salinitet vode. Rezultati merenja provodljivosti (Tabela 3) nalaze se u rasponu od 474 do 928 µS/cm i zadovoljavaju maksimalno dozvoljene vrednosti propisane Direktivom EU (2500 µS/cm na 20 °C) [17] i Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije (1000 µS/cm na 20 °C) [3,4]. Međutim, Svetska zdravstvena organizacija je postavila smernicu za provodljivost od 250 µS/cm [16]. Uzimajući u obzir ovu smernicu, provodljivost na svim lokalitetima pri svim merenjima daleko premašuje dozvoljenu vrednost.

Temperatura

Hladna voda je prijatnija za piće, ali sa druge strane otežava prečišćavanje i dezinfekciju. Topla voda podstiče razvoj mikroorganizama, pojačava miris, ukus, koroziju i olakšava prečišćavanje. Uticaj klimatskih uslova na temperaturu podzemne vode je veoma mali [19]. Temperatura vode pri svim merenjima nalazi se u intervalu od 12,8 do 21,6 °C (Tabela 3).

Tabela 3. Rezultati analize in situ parametara
Table 3. Results of the analysis parameters in situ

Lokalitet	Parametar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoabar	Novembar	Decembar	Januar
AB1	t	17,0	17,4	16,3	17,2	17,2	17,9	17,4	17,4	16,8	16,8	16,7	17,0
	pH	7,80	8,16	8,12	7,98	7,99	7,94	7,87	7,61	7,67	8,00	8,02	7,92
	χ	884	881	804	915	906	920	905	881	900	893	902	911
AB2	t	16,9	18,0	16,6	17,8	18,2	18,6	18,3	18,0	17,0	16,1	15,5	16,2
	pH	7,95	8,15	8,15	8,17	7,98	8,00	7,95	7,49	7,71	8,07	8,06	8,11
	χ	876	867	792	896	883	895	888	864	886	869	882	898
AB3	t	14,2	16,5	14,9	15,2	15,8	16,7	16,6	16,5	16,5	16,6	15,2	14,2
	pH	7,82	8,12	8,13	8,13	8,01	7,97	7,86	7,52	7,66	8,03	8,06	8,01
	χ	907	883	806	928	920	925	896	887	908	902	904	882
AB4	t	17,8	19,5	18,0	18,9	19,3	19,8	19,4	19,5	19,1	18,9	17,6	17,8
	pH	8,00	8,17	8,14	8,10	8,02	8,02	8,05	7,57	7,57	8,07	8,03	8,10
	χ	728	717	647	741	724	738	734	710	727	719	734	709
AB5	t	15,3	16,6	15,9	16,5	17,1	17,2	17,0	16,9	15,9	15,2	14,9	15,4
	pH	7,84	8,07	8,21	8,05	8,08	8,00	7,89	7,50	7,76	8,02	8,05	7,96
	χ	868	854	775	889	872	885	856	845	872	857	862	873
AB6	t	17,9	19,4	18,4	18,8	19,0	19,7	19,2	19,4	18,6	19,2	15,8	16,2
	pH	7,78	7,98	8,02	7,88	7,93	7,78	7,74	7,69	7,60	7,90	7,99	8,03
	χ	595	584	525	602	589	586	574	579	606	591	623	604
AB7	t	18,0	20,9	20,0	20,7	20,8	21,6	20,7	20,9	19,7	19,7	17,4	17,6
	pH	7,94	8,05	8,08	8,12	8,05	8,01	8,04	7,68	7,80	8,08	8,20	8,14
	χ	618	616	553	633	624	614	613	611	634	621	638	634
AB8	t	18,2	19,8	18,4	18,7	19,1	19,8	19,3	19,2	18,6	18,6	17,0	18,0
	pH	7,89	7,89	7,86	7,97	7,81	7,71	7,77	7,48	7,49	7,86	7,94	7,87
	χ	585	565	519	590	587	578	582	571	588	584	606	600
AB9	t	15,0	16,6	15,6	15,7	16,0	17,0	16,3	16,0	15,9	16,1	14,5	15,3
	pH	7,56	7,70	7,68	7,55	7,60	7,74	7,63	7,30	7,64	7,61	7,74	7,73
	χ	536	521	474	543	541	534	530	523	533	532	561	568
AB10	t	12,8	15,3	14,7	15,4	17,1	18,5	17,1	16,7	15,4	15,7	13,0	14,2
	pH	7,50	7,51	7,45	7,56	7,54	7,55	7,60	6,98	7,40	7,58	7,72	7,81
	χ	584	581	520	599	594	586	878	574	579	582	585	591

Azotne materije i fosfor

Prekomerna koncentracija jedinjenja azota i fosfora u vodi može da dovede do bržeg rasta algi, koje postepeno počinju da se razvijaju u količinama koje narušavaju ravnotežu flore i faune. Usled toga, voda postaje neupotrebljiva za piće, a može da izazove i neželjene alergijske reakcije prilikom korišćenja.

Rezultati određivanja $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ i $\text{PO}_4\text{-P}$ prikazani su u Tabeli 4.

Azotne materije, prvenstveno nitrati i nitriti kao i amonijak, važne su sa zdravstvenog aspekta. Nitrati su uzročnici methemoglobinemije, najopasnije za bebe do 3 meseca starosti. Postoje indicije da su nitrati prekursori nitrozoamina, koji mogu biti kancerogeni. U većini slučajeva pojava nitrita u vodi ukazuje na njen slab kvalitet. Prisustvo amonijaka u vodi za piće ukazuje na organsko zagađenje, a takođe je indikator neodgovarajuće dezinfekcije vode i negativno utiče na miris i ukus vode [19].

Prema WHO [2], granična vrednost za nitrate u vodi za piće je 50 mg/L. Granična vrednost za nitrite je 3 mg/L. Zbog mogućeg istovremenog nalaženja nitrata i nitrita u vodi za piće, suma odnosa koncentracije svake komponente i njene granične vrednosti ne sme da prelazi 1 [2]. Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije [3,4] propisane vrednosti za nitrate i nitrite su 50 mg/L i 0,03 mg/L. Koncentracije nitritnog azota pri svim merenjima na svim

lokalitetima nalaze se ispod granice detekcije metode (0,002 mg/L). Koncentracije nitratnog azota su niske, pri čemu je najveća izmerena vrednost 0,370 $\text{mgNO}_3\text{-N/L}$. Generalno, koncentracije i nitritnog i nitratnog azota su ispod vrednosti preporučenih od strane WHO i vrednosti propisanih Pravilnikom Republike Srpske i Republike Srbije o higijenskoj ispravnosti vode za piće.

Amonijak ima toksičan efekat na zdravlje ljudi samo ako unos postane veći od kapaciteta detoksikacije. Ukoliko se amonijak unese u vidu amonijačnih soli, uticaj anjona se takođe mora uzeti u obzir. U amonijum-hloridu, acidni uticaj hloridnog jona postaje veći od baznog uticaja amonijum jona [19]. Pri unosu većem od 100 mg/kg telesne težine na dan, amonijum-hlorid utiče na metabolizam pomeranjem acidobazne ravnoteže, remećenjem nivoa tolerancije na glukozu i smanjenjem osetljivosti tkiva na insulin [20]. Uticaj amonijaka zavisi od pH i temperature. Sa porastom pH i temperature favorizuje se toksični oblik amonijaka. Nema podataka u pogledu kancerogenog uticaja amonijaka ili jedinjenja amonijaka na ljude [21]. Amonijak nije od direktnog značaja za zdravlje ljudi u koncentracijama koje treba očekivati u vodi za piće, tako da WHO [2] i US EPA [22] nisu postavile smernice za ovaj parametar. Prema Direktivi EU [16] maksimalno dozvoljena koncentracija za amonijak je 0,5 mg/L. Na osnovu podataka iz Tabele 4 može se videti da koncentracije amonijačnog azota prelaze MDK na lokalitetima AB1, AB2, AB3 i AB5. Ovi lokaliteti se na-

laze duž reke Drine. Basen reke Drine je poznat po eksploataciji uglja i boksita. Pored rudarskih aktivnosti, potencijalni izvori zagađenja su i poljoprivredne delatnosti i odlaganje čvrstog otpada [23]. Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije [3,4] propisana vrednost za amonijak je 0,1 mg/L. Na osnovu podataka datih u Tabeli 4, može se videti da koncentracije amonijaka prelaze MDK vrednost od 0,1 mg/L na svim lokalitetima.

Fosfor je zajedno sa azotom i kalijumom biogeni element neophodan za razvoj biljaka. S obzirom na to da ga malo ima u zemljištu, često se dodaje u obliku mineralnih đubriva. U vodi se može naći u obliku ortofosfata i kondenzovanih fosfata. Izvorišta mogu da sadrže fosfate usled prirodnog kontakta sa mineralima ili kao posledica

zagađenja otpadnim vodama iz naselja, industrijskim otpadom, kao i usled prekomerne primene veštačkih đubriva. Podzemne vode češće imaju veću koncentraciju fosfata. Fosfati ne predstavljaju direktnu opasnost po zdravlje ljudi zbog čega WHO [2], US EPA [24] i EU [17] nisu postavile smernice za ovaj parametar. Na osnovu podataka datih u Tabeli 4, može se zaključiti da su koncentracije fosfata veće na lokalitetima AB1, AB2, AB3 i AB5, što je u saglasnosti sa literaturnim podacima vezanim za potencijalne izvore zagađenja basena reke Drine [23]. Ako se uzme u obzir MDK vrednost od 0,15 mg/L propisana Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije [3,4], koncentracije fosfata prelaze propisanu vrednost na lokalitetima AB1, AB2, AB3, AB4 i AB5.

Tabela 4. Sadržaj NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P u uzorcima voda iz arteških bunara
Table 4. Content of NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P in water samples from artesian wells

Lokalitet	mgNH ₃ -N/L					
	februar	mart	april	maj	jun	jul
AB1	1,11 ± 0,01	1,03 ± 0,01	1,13 ± 0,03	1,42 ± 0,02	1,31 ± 0,07	0,99 ± 0,02
AB2	1,11 ± 0,01	1,18 ± 0,02	1,11 ± 0,03	1,16 ± 0,06	1,28 ± 0,04	1,04 ± 0,0
AB3	1,42 ± 0,06	1,31 ± 0,08	1,35 ± 0,05	1,39 ± 0,03	1,54 ± 0,09	1,32 ± 0,09
AB4	0,32 ± 0,03	0,28 ± 0,01	0,26 ± 0,0	0,30 ± 0,02	0,34 ± 0,01	0,28 ± 0,01
AB5	0,91 ± 0,02	1,90 ± 0,02	0,81 ± 0,01	0,92 ± 0,02	0,94 ± 0,04	0,81 ± 0,02
AB6	0,51 ± 0,01	0,50 ± 0,02	0,43 ± 0,03	0,48 ± 0,02	0,47 ± 0,01	0,39 ± 0,01
AB7	0,21 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,27 ± 0,0
AB8	0,29 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,26 ± 0,02	0,33 ± 0,01	0,23 ± 0,01
AB9	0,20 ± 0,01	0,067 ± 0,004	0,073 ± 0,004	0,08 ± 0,0	0,10 ± 0,01	0,147 ± 0,006
AB10	0,52 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,154 ± 0,003	0,163 ± 0,006	0,181 ± 0,003	0,145 ± 0,001

Lokalitet	mgNH ₃ -N/L					
	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	januar
AB1	1,02 ± 0,09	0,98 ± 0,08	1,13 ± 0,01	1,13 ± 0,0	0,98 ± 0,01	1,10 ± 0,02
AB2	1,06 ± 0,02	1,08 ± 0,01	1,09 ± 0,04	1,11 ± 0,02	0,97 ± 0,04	1,03 ± 0,01
AB3	1,37 ± 0,11	1,27 ± 0,02	1,34 ± 0,04	1,69 ± 0,09	1,27 ± 0,0	1,43 ± 0,03
AB4	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,30 ± 0,03	0,28 ± 0,01	0,27 ± 0,02	0,27 ± 0,01
AB5	0,91 ± 0,02	1,31 ± 0,02	0,97 ± 0,07	0,97 ± 0,02	0,81 ± 0,01	0,95 ± 0,01
AB6	0,40 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,45 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,48 ± 0,01
AB7	0,30 ± 0,02	0,27 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,28 ± 0,01
AB8	0,27 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,285 ± 0,003	0,27 ± 0,01	0,27 ± 0,0	0,27 ± 0,01
AB9	0,092 ± 0,003	0,063 ± 0,004	0,072 ± 0,003	0,065 ± 0,004	0,074 ± 0,003	0,086 ± 0,007
AB10	0,166 ± 0,004	0,152 ± 0,001	0,174 ± 0,006	0,162 ± 0,006	0,113 ± 0,007	0,152 ± 0,001

Lokalitet	mgNO ₂ -N/L					
	februar	mart	april	maj	jun	jul
AB1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB3	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB4	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB5	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB6	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB7	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB8	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB9	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB10	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Lokalitet	mgNO ₂ -N/L					
	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	januar
AB1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB3	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB4	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB5	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB6	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB7	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB8	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB9	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
AB10	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Lokalitet	mgNO ₃ -N/L					
	februar	mart	april	maj	jun	jul
AB1	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,231 ± 0,004	0,287 ± 0,004	0,242 ± 0,003
AB2	0,17 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,203 ± 0,004	0,147 ± 0,010	0,340 ± 0,000
AB3	0,28 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,271 ± 0,003	0,269 ± 0,004	0,428 ± 0,004
AB4	0,07 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,090 ± 0,004	0,068 ± 0,004	0,103 ± 0,004
AB5	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,28 ± 0,01	0,289 ± 0,005	0,350 ± 0,005	0,364 ± 0,002
AB6	<0,02	0,045 ± 0,004	<0,02	0,050 ± 0,002	0,062 ± 0,003	0,031 ± 0,002
AB7	0,032 ± 0,001	0,041 ± 0,002	0,064 ± 0,001	0,078 ± 0,001	0,030 ± 0,001	0,111 ± 0,002
AB8	0,027 ± 0,001	0,051 ± 0,002	0,047 ± 0,001	0,027 ± 0,001	0,078 ± 0,001	0,069 ± 0,003
AB9	0,036 ± 0,001	0,044 ± 0,001	0,042 ± 0,001	0,039 ± 0,001	0,073 ± 0,001	0,048 ± ,000
AB10	0,041 ± 0,002	0,043 ± 0,003	<0,02	0,076 ± 0,003	0,062 ± 0,001	0,061 ± 0,004

Lokalitet	mgNO ₃ -N/L					
	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	januar
AB1	0,268 ± 0,009	0,290 ± 0,004	0,262 ± 0,006	0,366 ± 0,008	0,211 ± 0,001	0,252 ± 0,006
AB2	0,170 ± 0,014	0,164 ± 0,005	0,198 ± 0,003	0,170 ± 0,004	0,147 ± 0,0	0,156 ± 0,001
AB3	0,351 ± 0,002	0,299 ± 0,003	0,294 ± 0,002	0,281 ± 0,001	0,271 ± 0,003	0,299 ± 0,004
AB4	0,091 ± 0,002	0,084 ± 0,004	0,077 ± 0,004	0,103 ± 0,005	0,058 ± 0,004	0,119 ± 0,004
AB5	0,370 ± 0,005	0,338 ± 0,004	0,319 ± 0,003	0,305 ± 0,005	0,289 ± 0,005	0,320 ± 0,004
AB6	0,040 ± 0,002	0,040 ± 0,002	0,031 ± 0,04	0,098 ± 0,004	<0,02	0,036 ± 0,001
AB7	0,077 ± 0,002	0,060 ± 0,002	0,073 ± 0,002	0,041 ± 0,001	<0,02	0,040 ± 0,002
AB8	0,072 ± 0,003	0,072 ± 0,001	0,041 ± 0,001	0,032 ± 0,003	<0,02	0,049 ± 0,001
AB9	0,058 ± 0,002	0,054 ± 0,001	0,059 ± 0,001	0,043 ± 0,002	0,028 ± 0,002	0,029 ± 0,004
AB10	0,066 ± 0,002	0,081 ± 0,003	0,043 ± 0,003	0,044 ± 0,002	0,029 ± 0,004	0,050 ± 0,002

Lokalitet	mgPO ₄ -P/L					
	februar	mart	april	maj	jun	jul
AB1	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,105 ± 0,001	0,095 ± 0,003	0,098 ± 0,0
AB2	0,17 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,148 ± 0,002	0,143 ± 0,000	0,135 ± 0,001
AB3	0,28 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,106 ± 0,002	0,105 ± 0,001	0,108 ± 0,003
AB4	0,07 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,348 ± 0,006	0,354 ± 0,008	0,343 ± 0,002
AB5	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,28 ± 0,01	0,171 ± 0,003	0,175 ± 0,002	0,168 ± 0,002
AB6	<0,02	0,045 ± 0,004	<0,02	0,055 ± 0,001	0,050 ± 0,001	0,063 ± 0,000
AB7	0,032 ± 0,001	0,041 ± 0,002	0,064 ± 0,001	0,061 ± 0,001	0,061 ± 0,001	0,056 ± 0,001
AB8	0,027 ± 0,001	0,051 ± 0,002	0,047 ± 0,001	0,019 ± 0,001	0,031 ± 0,000	0,028 ± 0,001
AB9	0,036 ± 0,001	0,044 ± 0,001	0,042 ± 0,001	0,041 ± 0,001	0,039 ± 0,001	0,030 ± ,001
AB10	0,041 ± 0,002	0,043 ± 0,003	<0,02	0,008 ± 0,001	0,014 ± 0,001	0,009 ± 0,001

Lokalitet	mgPO ₄ -P/L					
	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	januar
AB1	0,095 ± 0,002	0,092 ± 0,001	0,104 ± 0,001	0,118 ± 0,003	0,105 ± 0,001	0,114 ± 0,002
AB2	0,133 ± 0,001	0,131 ± 0,001	0,140 ± 0,002	0,144 ± 0,001	0,138 ± 0,002	0,140 ± 0,001
AB3	0,107 ± 0,002	0,120 ± 0,004	0,114 ± 0,002	0,108 ± 0,002	0,104 ± 0,004	0,106 ± 0,0
AB4	0,350 ± 0,004	0,349 ± 0,006	0,346 ± 0,002	0,368 ± 0,002	0,353 ± 0,004	0,348 ± 0,004
AB5	0,172 ± 0,002	0,174 ± 0,002	0,181 ± 0,003	0,179 ± 0,001	0,161 ± 0,004	0,168 ± 0,004
AB6	0,058 ± 0,001	0,056 ± 0,004	0,054 ± 0,001	0,053 ± 0,002	0,050 ± 0,001	0,058 ± 0,001
AB7	0,058 ± 0,002	0,057 ± 0,002	0,054 ± 0,000	0,060 ± 0,003	0,060 ± 0,001	0,058 ± 0,001
AB8	0,030 ± 0,007	0,034 ± 0,002	0,035 ± 0,000	0,033 ± 0,001	0,031 ± 0,000	0,029 ± 0,002
AB9	0,040 ± 0,001	0,047 ± 0,002	0,041 ± 0,000	0,038 ± 0,001	0,043 ± 0,001	0,038 ± 0,000
AB10	0,009 ± 0,001	0,007 ± 0,0	0,009 ± 0,001	0,005 ± 0,001	<0,002	0,006 ± 0,001

Hloridi

Hloridi se u vodi nalaze u obliku soli natrijuma, kalcijuma i magnezijuma. Ako su prisutni u vodi u obliku NaCl, visoke koncentracije hlorida izazivaju slan ukus vode, dok ako su prisutni u obliku CaCl₂ i MgCl₂ visoke koncentracije ne izazivaju slan ukus [18]. Hloridi sami po sebi nisu toksični za ljude. Zbog toga WHO [2] nije propisala MDK za hloride na osnovu uticaja na zdravlje ljudi. Prema US EPA [24], koncentracije hlorida u vodi za piće takođe ne predstavljaju rizik po zdravlje ljudi. Zato je US EPA [24] propisala sekundarni maksimalni nivo od 250 mg/L. Pri većim koncentracijama od navedene, hloridi izazivaju slan ukus vode. Prema Direktivi EU [17] i prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije [3,4] MDK za hloride je 250 mg/L i 200 mg/L. Koncentracije hlorida u analiziranim uzorcima su u intervalu od 0,99 do 139 mg/L (Tabela 5) i zadovoljavaju maksimalno dozvoljene vrednosti propisane Pravilnikom Republike Srpske i Republike Srbije i od strane evropskih i svetskih organizacija.

Sulfati

Sulfati su jedni od najmanje toksičnih anjona. Pregledom literature i studija koje se odnose na eksperimentalno određivanje doze sulfata koja izaziva zdravstvene tegobe kod odraslih, WHO [2] je zaključila da nije moguće postaviti standarde. Međutim, zbog gastrointestinalnih problema preporučljivo je da zdravstveni organi budu obavešteni ukoliko voda za piće sadrži sulfate u koncentraciji većoj od 500 mg/L. US EPA [24] je svrstala sulfate u sekundarnu grupu kontaminanata i postavila sekundarni maksimalni kontaminacioni nivo od 250 mg/L. Prema Direktivi EU [17] i prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i Republike Srbije [3,4], MDK za sulfate je 250 mg/L. Koncentracije sulfata na svim lokalitetima pri svim merenjima zadovoljavaju sve propise sa najvećom izmerenom vrednošću od 55,3 mg/L (Tabela 5).

Tabela 5. Sadržaj Cl⁻ i SO₄²⁻ u uzorcima voda iz arteških bunara
Table 5. Content of Cl⁻ i SO₄²⁻ in water samples from artesian wells

Lokalitet	mgCl/L					
	februar	mart	april	maj	jun	jul
AB1	45 ± 1	99 ± 2	85 ± 2	84 ± 1	78 ± 1	67 ± 2
AB2	42 ± 2	77 ± 1	58 ± 1	66 ± 1	46 ± 1	47 ± 1
AB3	67 ± 1	140 ± 2	103 ± 2	120 ± 2	86 ± 2	76 ± 2
AB4	26 ± 1	37 ± 1	31 ± 1	32 ± 1	26 ± 1	24 ± 1
AB5	83 ± 2	121 ± 2	117 ± 2	103 ± 2	73 ± 2	64 ± 1
AB6	3,14 ± 0,08	7,6 ± 0,1	6,1 ± 0,2	4,72 ± 0,06	2,4 ± 0,1	2,42 ± 0,01
AB7	1,58 ± 0,06	6,8 ± 0,1	6,7 ± 0,1	4,11 ± 0,07	2,4 ± 0,1	1,21 ± 0,08
AB8	1,33 ± 0,06	9,1 ± 0,1	8,9 ± 0,1	3,79 ± 0,03	1,65 ± 0,02	1,98 ± 0,07
AB9	2,73 ± 0,04	6,2 ± 0,1	6,4 ± 0,0	1,92 ± 0,06	1,54 ± 0,04	1,32 ± 0,02
AB10	1,13 ± 0,06	5,8 ± 0,1	5,0 ± 0,1	2,67 ± 0,06	1,77 ± 0,07	1,54 ± 0,06

Lokalitet	mgCl/L					
	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	januar
AB1	65 ± 2	51 ± 1	59 ± 2	67 ± 2	66 ± 2	57 ± 1
AB2	44 ± 1	41 ± 1	43 ± 1	49 ± 1	52 ± 1	60 ± 1
AB3	77 ± 2	75 ± 2	85 ± 2	89 ± 2	83 ± 2	84 ± 2
AB4	25 ± 0,1	24 ± 1	24 ± 1	21 ± 1	25 ± 1	27 ± 1
AB5	67 ± 0,1	73 ± 2	67 ± 2	74 ± 2	69 ± 2	68 ± 2
AB6	2,51 ± 0,03	3,34 ± 0,1	3,53 ± 0,06	2,40 ± 0,06	4,5 ± 0,1	3,49 ± 0,06
AB7	1,51 ± 0,04	1,71 ± 0,1	2,45 ± 0,08	2,73 ± 0,07	3,4 ± 0,1	2,99 ± 0,03
AB8	1,74 ± 0,06	0,99 ± 0,06	1,98 ± 0,06	1,49 ± 0,06	2,22 ± 0,01	2,48 ± 0,04
AB9	1,44 ± 0,04	1,51 ± 0,06	1,69 ± 0,04	1,45 ± 0,08	1,8 ± 0,1	1,91 ± 0,08
AB10	1,36 ± 0,06	1,05 ± 0,03	1,79 ± 0,04	1,35 ± 0,01	1,94 ± 0,04	2,06 ± 0,04

Lokalitet	mgSO ₄ /L					
	februar	mart	april	maj	jun	jul
AB1	0,116 ± 0,009	0,112 ± 0,006	0,103 ± 0,008	0,24 ± 0,01	0,153 ± 0,006	0,39 ± 0,01
AB2	0,134 ± 0,008	0,125 ± 0,006	0,117 ± 0,006	<0,08	<0,08	0,12 ± 0,01
AB3	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	0,09 ± 0,01	0,124 ± 0,009
AB4	<0,08	0,095 ± 0,008	<0,08	<0,08	0,23 ± 0,01	0,161 ± 0,006
AB5	0,142 ± 0,003	0,142 ± 0,004	0,092 ± 0,004	<0,08	<0,08	0,127 ± 0,006
AB6	15,2 ± 0,6	14,4 ± 0,6	18,8 ± 0,3	18,6 ± 0,2	13,9 ± 0,1	15,7 ± 0,2
AB7	13,5 ± 0,1	13,7 ± 0,2	18,6 ± 0,1	16,0 ± 0,2	13,1 ± 0,1	15,9 ± 0,1
AB8	14,7 ± 0,1	14,5 ± 0,4	20,8 ± 0,5	14,7 ± 0,1	14,5 ± 0,4	20,8 ± 0,5
AB9	8,1 ± 0,2	7,3 ± 0,1	11,1 ± 0,2	8,1 ± 0,2	7,3 ± 0,1	11,1 ± 0,2
AB10	14,1 ± 0,2	13,8 ± 0,1	19,1 ± 0,3	14,1 ± 0,2	13,8 ± 0,1	19,1 ± 0,3

Lokalitet	mgSO ₄ /L					
	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	januar
AB1	<0,08	<0,08	<0,08	0,26 ± 0,01	0,234 ± 0,008	<0,08
AB2	<0,08	<0,08	<0,08	0,11 ± 0,01	0,251 ± 0,008	<0,08
AB3	<0,08	<0,08	1,23 ± 0,02	<0,08	0,11 ± 0,01	0,21 ± 0,01
AB4	0,174 ± 0,003	<0,08	0,97 ± 0,04	<0,08	<0,08	3,47 ± 0,06
AB5	<0,08	<0,08	1,07 ± 0,09	0,11 ± 0,01	<0,08	0,84 ± 0,07
AB6	16,1 ± 0,3	10,5 ± 0,1	14,3 ± 0,2	16,3 ± 0,2	15,5 ± 0,1	13,8 ± 0,2
AB7	10,5 ± 0,1	9,3 ± 0,1	13,3 ± 0,3	55,3 ± 0,5	16,8 ± 0,1	16,8 ± 0,2
AB8	15,2 ± 0,3	15,9 ± 0,1	13,8 ± 0,2	16,2 ± 0,1	17,2 ± 0,2	14,1 ± 0,1
AB9	8,4 ± 0,1	8,6 ± 0,2	7,5 ± 0,1	8,4 ± 0,1	11,1 ± 0,1	8,9 ± 0,2
AB10	14,2 ± 0,1	14,1 ± 0,1	12,3 ± 0,1	13,4 ± 0,1	17,2 ± 0,2	16,1 ± 0,3

Zaključak

Rezultati analize vode iz arteških bunara sa deset lokaliteta na teritoriji Semberije tokom godinu dana, pokazali su da su koncentracije ispitivanih anjona niže od vrednosti propisanih od strane Svetske zdravstvene organizacije, Evropske zajednice i Američke agencije za zaštitu životne sredine. Koncentracije amonijačnog azota prelaze MDK vrednosti na lokalitetima AB1, AB2, AB3 i AB5 koji se nalaze duž reke Drine. Povećane koncentracije amonijačnog azota su posledica poljoprivredne aktivnosti po kojoj je ovaj kraj poznat. Koncentracije fosfata takođe su veće na lokalitetima AB1, AB2, AB3 i AB5 i prelaze MDK vrednosti propisane Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Republike Srpske i

Republike Srbije, ali su ispod MDK vrednosti propisanih od strane evropskih i svetskih organizacija.

Zahvalnica

Za realizaciju ovog istraživanja autori duguju zahvalnost Institutu za vode u Bijeljini i Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekat OI 172047).

Literatura

- [1] US EPA, National recommended water quality criteria, EPA-822-R-02-012, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 2002.

- [2] WHO, Guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, Geneva, 2011.
- [3] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Službeni glasnik Republike Srpske, br. 40/03, 2003.
- [4] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, Službeni list SRJ, br. 42/98 i 44/99, 1999.
- [5] D. Pokrajac, Interrelation of wastewater and groundwater management in the city of Bijeljina in Bosnia, Urban Water 1 (1999) 243-255.
- [6] A. N. Pavlović, T. J. Laketić, S. S. Mitić, M. J. Savić, S. B. Tošić, M. S. Đorđević, Multielement determination using inductively coupled plasma optical emission spectrometry for metal characterization of water from artesian wells in Semberija region: Multivariate analysis of data, Hemijska industrija, 2014, DOI:10.2298/HEMIND130429050P
- [7] ISO 5667-3:2003, Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples, 2003.
- [8] US EPA, RCRA ground-water monitoring: Draft technical guidance, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1992.
- [9] J. R. Dean Methods for environmental trace analysis, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 2003, p. 39
- [10] A. Jones, R. Duck, R. Reed, J. Weyers, Practical skills in environmental analysis, Prentice Hall, Harlow, UK, 2000, p.52.
- [11] BAS EN 26777:2002, Water quality – Determination of nitrite – Molecular absorption spectrometric method, 2002.
- [12] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005, 4500-NO3 (B)
- [13] BAS ISO 7150-1:2002, Water quality – Determination of ammonium – Part 1: Manual spectrometric method, 2002,
- [14] BAS ISO 6878:2002, Water quality – Determination of phosphorus – Ammonium molybdate spectrometric method, 2002,
- [15] BAS EN ISO 10304-1:2002, Water quality – Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, orthophosphate, bromide, nitrate and sulfate ions, using liquid chromatography of ions
- [16] WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organization, Geneva, 2008.
- [17] The European Union, Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption, 1998. <http://www.lenntech.com/applications/drinking/standards/eu-s-drinking-water-standards.htm>
- [18] US EPA, Quality criteria for water, EPA-823-B-94-005, National Technical Information Service, Springfield, 1996.
- [19] B. Dalmacija, I. Ivančev-Tumbas, Kontrola kvaliteta voda u okviru upravljanja kvalitetom, Prirodno-matematički fakultet, Institut za hemiju, Novi Sad, 2000, p. 85-123.
- [20] WHO, Environmental Health Criteria, World Health Organization, Geneva, 1986.
- [21] US EPA, Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1989.
- [22] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Toxicological Profile for Ammonia, U.S. Department of Health and Human Services, 2004.
- [23] Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC), Pollution in the Drina River basin, Szentendre, Hungary, 2011. <http://www.rec.org>
- [24] US EPA, EPA's Report on the Environment, EPA-600-R-03-050, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 2003.

Summary

THE CONTENT OF ANIONS IN THE GROUNDWATER IN THE SEMBERIJA REGION ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

Tamara J. Laketić¹, Aleksandra N. Pavlović², Milenko J. Savić¹, Snežana S. Mitić²,
Snežana B. Tošić², Milena N. Miljković²

¹Institute for Water Bijeljina, Bijeljina, Bosnia and Herzegovina

²University of Niš, Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Chemistry, Niš, Serbia

Semberija, the region in north-eastern Bosnia and Herzegovina, is very rich in underground water with a number of artesian wells. The majority of the population in rural areas uses the water from these artesian wells as the main source of drinking water. In this area, people are mostly engaged in agriculture and animal husbandry. So, there is a possibility of the large contamination of the water with heavy metals, nitrogen and a phosphorous component, pesticides and other contaminants. This paper presents the results of the determination of physico-chemical and chemical parameters of the groundwater from ten sites that are spread along the Sava river and the Drina river in the north part of Semberija. The results indicate higher concentrations of ammonia nitrogen at four sites (AB1, AB2, AB3 and AB5), which exceeds the maximum permissible concentration set by the World Health Organization (World Health Organization, WHO), Directive of the European Union (EU) and the U.S. Environmental Protection Agency (U.S. Environmental Protection Agency, U.S. EPA). Also, the concentrations of ammonia nitrogen exceeding the maximum permissible concentration set by the Regulation of Republic of Srpska and Republic of Serbia in all localities. The concentrations of phosphate were also higher in the localities AB1, AB2, AB3 and AB5 and exceed the recommended values set by the Regulation of the Republic of Srpska and the Republic of Serbia, but below the recommended values set by WHO, EU directive and U.S. EPA.

(ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER)
UDK 628.112:543.34

Keywords: anions, artesian well water, Semberija, UV/Vis spectrophotometry, ionic chromatography