

Sadržaj teških metala i metaloida u vodi za piće u Unsko-sanskoj županiji Federacije Bosne i Hercegovine

DOI: 10.15255/KUI.2018.036

KUI-7/2019

Izvorni znanstveni rad

Prispjelo 3. srpnja, 2018.

Prihvaćeno 2. listopada, 2018.

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International LicenseE. Pehlić,^{a*} N. Ljubijankić,^b H. Jukić,^a A. Šapčanin^c i H. Nanić^a^a Fakultet zdravstvenih studija, Univerzitet u Bihaću, Hrvatskog trojista 4, 77 000 Bihać, BiH^b Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za kemiju, Univerzitet u Sarajevu, Zmaja od Bosne 33-35, 71 000 Sarajevo, BiH^c Farmaceutski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Zmaja od Bosne 8, 71 000 Sarajevo, BiH

Sažetak

Unsko-sanska županija bogata je prirodnom izvorskom vodom, kojom se opskrbljuje stanovništvo. Po prvi put je ispitana procjena kakvoće toksičnih i esencijalnih teških metala i metaloida u vodi za piće iz više izvorišta u osam općina i to: Bihaću, Cazinu, Bosanskoj Krupi, Bužimu, Velikoj Kladuši, Bosanskom Petrovcu, Sanskom Mostu i Ključu. U svibnju 2016. godine iz svake općine analizirano je po tri uzorka vode (ukupno 24). Mjerene su koncentracije arsena, olova, kadmija, kroma, nikla, kobalta, molibdena, fosfora, cinka i bakra. U pet uzoraka vode uočene su povećane koncentracije za Ni (do 20 $\mu\text{g dm}^{-3}$) i Cr (do 50 $\mu\text{g dm}^{-3}$) i smatraju se prirodnim podrijetlom. Međutim, u većem broju uzoraka (osam) koncentracije As su odstupale od dozvoljenih (do 10 $\mu\text{g dm}^{-3}$), s maksimumom od 14,05 $\mu\text{g dm}^{-3}$ i vjerojatno su od samog sastava zemljišta, ali i antropogenih izvora zbog postojanja odlagališta otpada u široj regiji izvorišta. Vrijednosti koncentracija ostalih elemenata Cd, Pb, Co, Cu, P, Mo i Zn bile su u granicama maksimalno dozvoljenih propisanih Pravilnicima u BiH, Direktivom o vodi za ljudsku potrošnju 98/83/EC, kao i smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO). Sadržaj teških metala i metaloida u vodi za piće na području Unsko-sanske županije, osim za As ne predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi.

Ključne riječi

Teški metali, voda za piće, Unsko-sanska županija

1. Uvod

Bosna i Hercegovina, a posebno Unsko-sanska županija raspolaže velikim količinama kvalitetne izvorske vode i voda je najznačajniji prirodni resurs na području ove županije. Teški metali zbog industrijskog onečišćenja i antropogenih čimbenika, mogu se naći u vodi za piće, ali dolaze i od samog zemljišta jer su sastavni dio zemljine kore. Međutim, u posljednje vrijeme pojavila se fito-remedijacija kao obećavajuća ekoremedijacijska tehnologija za sanaciju tla onečišćenim elementima.¹ Distribucijom vode za piće od izvorišta do korisnika, koncentracije metala mogu se povećati tijekom noći prilikom skladištenja vode u cijevima.² Teški metali mogu uzrokovati ozbiljne zdravstvene probleme³ i tegobe, od neuropsihijatrijskih poremećaja kao što su agresivno ponašanje, gubitak pamćenja, depresija, razdražljivost, umor, do neplodnosti, gihta, hipertenzije i glavobolje.⁴ Sve površinske vode na području županije pripadaju vodnom području rijeke Save (Crnomorski sliv), odnosno podslivu rijeke Une s Koranom i Glinom. Rijeka Una je najveća rijeka na području županije, a specifičnost područja podsliva rijeke Une je utjecaj krša, koja se manifestira u ne tako znatno izraženoj hidrografiji, već postojanju znatnog broja krških vrela (vrela Klokot, Dabarsko vrelo, Zdene, Sanice, kao i sama vrela Une i Sane).⁵ Podzemne vode se u vidu kraških izvora i vrela javljaju po obodima planinskih masiva Plješivice, Grmeča i dr. Na području Un-

sko-sanske županije podzemnim vodama osobito su bogate općine: Bihać, Cazin, Velika Kladuša, Bosanska Krupa i Ključ. Radi uvida u kvalitetu vode za piće, cilj istraživanja je odrediti koncentracije toksičnih i esencijalnih teških metala i metaloida u vodi za piće i to As, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Mo, P, Zn i Cu u osam općina Unsko-sanske županije.

2. Eksperimentalni dio

2.1. Uzorkovanje

Analizirani uzorci vode uzeti su u mjesecu svibnju 2016. iz osam općina Unsko-sanske županije, Federacije Bosne i Hercegovine i to: Bihaća, Cazina, Bosanske Krupe, Bužima, Velike Kladuše, Bosanskog Petrovca, Sanskog Mosta i Ključa. Iz svake općine uzeta su po tri uzorka iz različitih distribucijskih sustava kojima se opskrbljuje stanovništvo, kako bi se odredile koncentracije teških metala i metaloida. Ukupno je uzeto 24 uzorka, u skladu s propisanim standardima za uzimanje uzoraka⁶ te uputama za postupak uzimanja uzoraka.⁷ Pakiranje, prijevoz i čuvanje uzoraka provodilo se na način kojim se čuva jednaka kvaliteta uzoraka od njegovog uzimanja do početka postupka analize.⁸

2.2. Mjesta uzorkovanja

Uzorci vode uzimani su na većim (glavnim) izvorištima na području Unsko-sanske županije. Svaka općina/grad ima

* Autor za dopisivanje: Prof. dr. Ekrem Pehlić, izvanredni profesor
e-pošta: pehlic_ekrem@yahoo.com

više izvorišta s kojim se stanovništvo opskrbljuje pitkom vodom. U istraživanju su analizirana izvorišta (tablica 1) kojima se opskrbljuje najveći dio stanovništva, kojima upravljaju javna poduzeća "Vodovod" na razini općina/grada.

Tablica 1 – Naziv izvorišta i općina uzorkovanja
Table 1 – Name of source and sampling municipality

Broj uzorka Sample number	Općina uzorkovanja Sampling municipality	Naziv izvorišta Source name
1.	Sanski Most	Zdena
2.	Ključ	Okašnica
3.	Bosanski Petrovac	Sanica
4.	Velika Kladuša	Kvrkulja
5.	Bužim	Musići
6.	Bihać	Privilica
7.	Cazin	Stovrela
8.	Bosanska Krupa	Ada
9.	Sanski Most	Dabar
10.	Ključ	Bušotina
11.	Bosanski Petrovac	Smoljani
12.	Velika Kladuša	Šumatac
13.	Bužim	Pivnice
14.	Bihać	Klokot
15.	Cazin	Vignjevići
16.	Bosanska Krupa	Luke
17.	Sanski Most	Zdena
18.	Ključ	Okašnica
19.	Bosanski Petrovac	Sanica
20.	Velika Kladuša	Kvrkulja
21.	Bužim	Musići
22.	Bihać	Privilica
23.	Cazin	Stovrela
24.	Bosanska Krupa	Ada

2.3. Pripreme uzoraka

Uzorci vode zakiseljeni su nitratnom kiselinom tako da se pH podesi na vrijednost od 2. Prije mjerenja uzorci su filtrirani kroz filtarski papir od 0,45 µm (Filtres Fioroni). Za kalibraciju instrumenta primijenjen je multistandard AAS Fluka koncentracije 1000 µg dm⁻³ od kojeg je razrjeđenjem napravljena serija standarda potrebnih za kalibraciju i određivanje koncentracija u uzorcima vode. Koncentra-

cije teških metala mjerene su atomskom apsorpcijskom spektroskopijom (AAS) na instrumentu Shimadzu 6800.

3. Rezultati i rasprava

Sadržaj teških metala u vodi za piće iz osam općina Unsko-sanske županije prikazani su u tablici 2. U tablici su prikazane i vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), prema regulativi Bosne i Hercegovine^{9,10} i danim smjernicama o kvaliteti vode za piće Svjetske zdravstvene organizacije (WHO)¹¹ kao i Direktive EU 98/83/EC.¹²

Povišene koncentracije teških metali u vodi za piće prijetnja su ljudskom zdravlju jer se teški metali mogu bioakumulirati u ljudskom tijelu (lipidima i gastrointestinalnom sustavu).¹³ Kao toksični metal, koncentracije Cd u svim uzorcima su ispod maksimalno dopuštenih od 5 µg dm⁻³, koje su propisane Pravilnikom o maksimalno dopuštenim koncentracijama u BiH. Kadmij se akumulira ponajprije u bubrezima i ima dug biološki poluživot kod ljudi od 10 do 35 godina. IARC je klasificirao kadmij i kadmijeve spojeve u skupini 2A (vjerojatno karcinogen za ljude). Međutim, ne postoji dokaz karcinogenosti oralnim putem i nema jasnih dokaza za genotoksičnost kadmija.

Bubreg je glavni ciljni organ za toksičnost kadmija.¹⁴ Koncentracija Pb u uzorku 10 (Bušotina) u općini Ključ bila je neznatno iznad MDK prema regulativi BiH, s koncentracijom od 10,98 µg dm⁻³. Sve ostale koncentracije Pb bile su ispod maksimalno dopuštenih. Studija utjecaja olova na zdravlje čovjeka otkrila je bitan nalaz u vezi s rakom, a to je značajan višak malignih neoplazmi probavnog trakta.¹⁵ Sadržaj As u uzorcima 2, 6, 7, 11, 12, 14, 16 i 22 iznad su maksimalno dopuštenih, a najveća koncentracija je u uzorku 16 (Luke) u općini Bosanska Krupa od 14,05 µg dm⁻³. Te povišene koncentracije As koje su iznad maksimalno dopuštenih od 10 µg dm⁻³ vjerojatno potiču od antropogenih izvora, a mogu biti i od samog sastava zemljišta. Takve vrijednosti As mogu utjecati na djetetovu inteligenciju i rast.¹⁶ Rezultati IQ-a djece u grupi povišenog As u krvi bili su najniži između četiri skupine koje su bile izložene visokoj koncentraciji As. Ujedno može doći do slabljenja imunološkog sustava odnosno pada imuniteta kod djece.¹⁷ Također, povišene koncentracije arsena u vodi za piće povezane su s povećanim rizikom od raka mokraćnog mjehura i bubrega.^{18,19}

Koncentracija Co u uzorcima 11, 12 i 22 bila je ispod granice detekcije primijenjene metode, a najviša u uzorku 21 od 63,90 µg dm⁻³. Za Co kao esencijalni element nisu propisane vrijednosti maksimalne koncentracije u vodi za piće od strane WHO-a, niti pravilnicima u BiH. Visoke koncentracije spojeva Co u vodi mogu negativno utjecati na zdravlje ljudi²⁰. Najviši sadržaj Ni je u uzorku 24 s koncentracijom 31,2 µg dm⁻³, što je više od propisane gornje granične vrijednosti od 20 µg dm⁻³. Također, uzorci broj 7, 11, 12 i 17 imali su nešto više vrijednosti Ni od propisanih,²¹ dok su ostali uzorci imali daleko manje koncentracije. Nikal, ako dospije u organizam, može prijeći placentarnu barijeru, čime može izravno utjecati na prenatalni razvoj embrija. Zabilježena su fetalna smrt i malformacije nakon ubrizgavanja različite vrste nikalnih

Tablica 2 – Vrijednosti maksimalnih koncentracija teških metala i metaloida u vodi za piće
 Table 2 – Maximum concentration values of heavy metals and metalloids in drinking water

Broj uzorka Sample number	Koncentracija/ $\mu\text{g dm}^{-3}$ Concentration/ $\mu\text{g dm}^{-3}$									
	Cd	Pb	As	Co	Ni	Cu	P	Mo	Zn	Cr
	*5,00	*10,00	*10,00	–	*20,00	*2000	*300	**70,00	**3000	***50,00
1.	1,85	7,95	8,02	5,30	16,40	1.367,9	150,0	35,70	44,60	41,60
2.	1,28	4,24	10,54	21,30	1,70	361,0	160,0	40,80	55,50	25,00
3.	1,15	7,01	8,18	47,90	7,40	889,6	130,0	20,00	165,0	54,90
4.	2,49	4,95	7,32	8,00	5,10	445,6	240,0	28,70	12,90	21,60
5.	0,95	2,86	4,80	49,30	15,30	240,8	160,0	54,50	31,60	61,60
6.	2,64	4,91	10,75	28,00	17,60	189,2	120,0	32,30	8,60	38,30
7.	2,47	2,06	13,68	21,30	22,10	451,9	200,0	35,40	15,60	25,00
8.	1,31	8,56	5,50	34,60	0,60	806,9	120,0	15,60	10,40	71,60
9.	1,01	6,29	7,44	5,30	7,40	281,5	160,0	35,20	2,60	35,00
10.	2,32	10,98	2,73	37,30	18,70	382,6	130,0	12,00	60,20	18,30
11.	0,89	6,11	13,31	<0,01	25,50	592,5	160,0	3,00	20,00	8,30
12.	2,30	2,40	11,49	<0,01	28,90	471,0	140,0	24,30	60,00	54,90
13.	1,05	8,47	<0,01	32,00	11,90	806,9	160,0	30,40	10,00	31,60
14.	0,87	7,45	11,03	47,90	15,30	1.018,0	130,0	37,40	4,00	58,30
15.	2,01	9,59	7,73	26,60	<0,01	392,8	140,0	19,70	520,0	15,00
16.	1,07	3,89	14,05	43,90	6,20	472,3	120,0	27,00	540,0	11,10
17.	2,63	5,88	7,23	20,00	27,80	885,7	140,0	6,70	870,0	61,10
18.	0,78	1,72	1,95	34,60	5,10	532,7	140,0	22,10	700,0	41,10
19.	2,64	2,38	<0,01	49,30	4,00	497,1	120,0	44,10	770,0	38,30
20.	1,36	8,41	3,77	29,30	6,20	1.011,0	190,0	3,50	1.046,5	28,30
21.	0,83	5,03	8,85	63,90	<0,01	274,5	150,0	22,40	570,0	64,90
22.	1,36	9,86	13,59	<0,01	9,60	455,7	110,0	3,70	840,0	18,30
23.	1,48	6,32	1,70	14,60	8,50	1.056,8	190,0	11,50	500,0	21,60
24.	2,01	7,59	6,28	51,90	31,20	1.021,2	130,0	25,00	370,0	8,30

* Maksimalno dopuštene koncentracije Pravilnik BiH/ $\mu\text{g dm}^{-3}$

** Maksimalno dopuštene koncentracije WHO/ $\mu\text{g dm}^{-3}$

*** Maksimalno dopuštene koncentracije Direktiva EU 98/83/EC/ $\mu\text{g dm}^{-3}$

spojeva u pokusnim životinjama.²² Sadržaj Cu je ispod maksimalno dopuštenih vrijednosti od 2000 $\mu\text{g dm}^{-3}$, kao i koncentracije ukupnog fosfora (P), te su u referentnim vrijednostima. Molibden kao esencijalni element u tragovima veoma je bitan za ljudsko zdravlje jer ulazi u strukturu mnogih enzima kao Mo-kofaktor. Nedostatak molibdena u ljudskom organizmu povezan je s neurološkim abnormalnostima, pa čak i smrću u ranom djetinjstvu,^{23,24} dok kronična izloženost Mo uzrokuje slab apetit, anoreksiju, umor, tremor, poremećaj u radu jetara, bolove u zglobovima i osteoporozu.²⁵ Sadržaj Mo u uzorcima vodi za piće su u granicama koje je propisao WHO.²⁶ Koncentracije Zn su ispod MDK od 3000 $\mu\text{g dm}^{-3}$ prema WHO-u,²⁷ dok Direktivom EU98/83/EC o kvaliteti vode namijenjene ljudskoj

potrošnji i Pravilnicima u BiH nisu regulirane maksimalne koncentracije za Zn u prirodnoj i izvorskoj vodi za piće. Najviša izmjerena koncentracija Cr je u izvorištu Ada u općini Bosanska Krupa 71,60 $\mu\text{g dm}^{-3}$, što prelazi dopuštenu vrijednost od 50 $\mu\text{g dm}^{-3}$ propisanu Direktivom EU98/83/EC o kvaliteti vode namijenjene ljudskoj potrošnji. Također, koncentracije Cr u sedam uzoraka: 3, 5, 8, 12, 14, 17 i 21 bile su nešto iznad granične vrijednosti. Krom je teški metal, koji se nalazi u različitim oksidacijskim stanjima, u rasponu od -2 do +6, a najstabilniji oblici su trovalentni i heksavalentni krom. Primarne zdravstvene opasnosti uzrokovane kromom su bronhijalna astma, plućni i nosni čirevi i rak, alergije kože, reproduktivni i razvojni problemi. Kada se uzme u suvišku, može uzrokovati i smrt.²⁸

4. Zaključak

Od analiziranih 240 uzoraka, sedam uzoraka vode za piće u Unsko-sanskoj županiji imali su koncentracije metala i metaloida ispod granice detekcije primijenjene metode. Kod nekih metala bile su povišene vrijednosti koncentracija i to Ni i Cr, ali nešto više koncentracije As u pojedinim uzorcima iznad su propisanih Pravilnikom u BiH. Ne postoji povezanost između koncentracija analiziranih metala i metaloida s općinom uzorkovanja vode. Sadržaj ostalih teških metala u vodi za piće nije prelazio dopuštene vrijednosti regulirane Pravilnikom o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama u BiH, Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće u BiH i Direktivom o kvaliteti vode namijenjene ljudskoj potrošnji 98/83/EC i smjernicama WHO-a.

ZAHVALA

Istraživanja su realizirana u okviru znanstveno-istraživačkog projekta koji je financiralo Federalno Ministarstvo obrazovanja i nauke BiH broj: 05-39-3861/15.

Popis kratica

List of abbreviations

AAS	– atomska apsorpcijska spektroskopija – atomic absorption spectroscopy
IARC	– Međunarodna agencija za istraživanje raka – International Agency for Research on Cancer
MKD	– maksimalno dopuštena koncentracija – maximum permissible concentration
IQ	– kvocijent inteligencije – intelligence quotient
WHO	– Svjetska zdravstvena organizacija – World Health Organization

Literatura

References

- O. V. Singh, S. Labana, G. Pandey, R. Budhiraja, R. K. Jain, Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **61** (2003) 405–412, doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1244-4>.
- I. A. Alam, M. Sadiq, Metal contamination of drinking water from corrosion of distribution pipes, *Environ. Pollut.* **57** (1989) 167–178, doi: [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90008-0).
- H. S. Bawaskar, P. H. Bawaskar, Chronic renal failure associated with heavy metal contamination of drinking water: A clinical report from a small village in Maharashtra, *Clin. Toxicol.* **48** (7) (2010) 768–769, doi: <https://doi.org/10.3109/15563650.2010.49776>.
- M. Jaishankar, T. Tseten, N. Anbalagan, B. B. Mathew, K. N. Beeregowda, Toxicity, Mechanism and health effects of some heavy metals, *Interdiscip. Toxicol.* **7** (2) (2014) 60–72, doi: <https://doi.org/10.2478%2Fintox-2014-00093>.
- Plan zaštite okoliša Unsko-sanskog kantona 2014–2019, “Una Consulting” – Resursni centar za vode i okoliš, 2014., str. 29–32.
- BAS ISO 5667-5:2007, Water quality – Sampling – Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems.
- BAS EN ISO 5667-1:2008, Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
- BAS EN ISO 5667-3:2005, Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples.
- Pravilnik o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama u BiH (Službeni glasnik BiH, br. 26/10).
- Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće u BiH (Službeni glasnik BiH, br. 40/10).
- World Health Organization, Guidelines for drinking water quality, fourth edition incorporating the first addendum, 2017., str. 394, 433.
- Council Directive 98/83/EC, The quality of water intended for human consumption, 1998, L 330/32.
- M. Araya, M. Olivares, F. Pizarro, Gastrointestinal symptoms and blood indicators of copper load in apparently healthy adults undergoing controlled copper exposure, *Am. J. Clin. Nutr.* **77** (3) (2003) 646–650, doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.3.646>.
- S. Chowdhury, M.A. Jafar Mazumder, O. Al-Attas, T. Husain, Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries, *Sci. Total Environ.* **569-570** (2016) 476–488, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>.
- D. Malcolm, H. Barnett, A mortality study of lead workers: 1925-76. *Br. J. Ind. Med.* **39** (4) (1982) 404–410.
- S. X. Wang, Z. H. Wang, X. T. Cheng, J. Li, Z. P. Sang, X. D. Zhang, L. L. Han, X. Y. Qiao, Z. M. Wu, Z. Q. Wang, Arsenic and fluoride exposure in drinking water: children's IQ and growth in Shanyin county, Shanxi province, China. *Environ. Health. Perspect.* **115** (4) (2007) 643–647, doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.9270>.
- R. Baastrup, M. Sorensen, T. Balstrom, K. Frederiksen, C. L. Larsen, A. Tjonneland, K. Overvad, O. Raaschou-Nielsen, Arsenic in drinking-water and risk for cancer in Denmark. *Environ. Health Perspect.* **116** (2008) 231–237, doi: <https://doi.org/10.1289/ehp.10623>.
- L. Parker, P. Brown, T. J. Dummer, Arsenic in drinking water and urinary tract cancers: a systematic review of 30 years of epidemiological evidence, *Environ. Health* **13** (44) (2014), doi: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-44>.
- E. P. Christoforidou, E. Riza, S. N. Kafes, K. Hadjistavrou, M. Stoltidi, A. N. Kastania A. Linos, Bladder cancer and arsenic through drinking water: a systematic review of epidemiologic evidence, *J. Environ. Sci. Health A* **48** (14) (2013) 1764–1775, doi: <https://doi.org/10.1080/10934529.2013.823329>.
- The International Agency for Research on Cancer (IARC), Chlorinated drinking-water; chlorination byproducts; some other halogenated compounds; cobalt and cobalt compounds. Lyon, International Agency for Research on Cancer (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 52, 1991., str. 72–77.
- Environmental Health Criteria, Nickel. WHO, Geneva, 1991., 108, ISBN 92 4 157108 X.
- Nickel and nickel compounds. In: Chromium, nickel and welding. Lyon, International Agency for Research on Cancer, (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans), Vol. 49, 1990., str. 318–400.
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, Molybde-

- num. In: *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. National Academy Press, Washington DC, USA, Chapter 11, 2001., str. 420–441.
24. B. Wahl, D. Reichmann, D. Niks, N. Krompholz, A. Havemeyer, B. Clement, T. Messerschmidt, M. Rothkegel, H. Biester, R. Hille, R. R. Mendel, F. Bittner, Biochemical and spectroscopic characterization of the human mitochondrial amidoxime reducing components hmARC-1 and hmARC-2 suggests the existence of a new molybdenum enzyme family in eukaryotes, *J. Biol. Chem.* **26** (2010) 37847–37859, doi: <https://doi.org/10.1074/jbc.M110.169532>.
 25. Molybdenum in Drinking Water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality (WHO/SDE/WSH/03.04/11/Rev/1), World Health Organization, 2011., str. 4–5.
 26. Molybdenum in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organization, 2011., str. 394–395.
 27. Guidelines for drinking-water quality, Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Vol. 2, 1996, str. 382–385.
 28. K. Shekhawat, S. Chatterjee, B. Joshi, Chromium Toxicity and its Health Hazards, *Int. J. Adv. Res.* **7** (3) (2015) 167–172.

SUMMARY

Content of Heavy Metals and Metalloids in Drinking Water in the Una-Sana Canton of the Federation of Bosnia and Herzegovina

Ekrem Pehlić,^{a*} Nevzeta Ljubijankić,^b Huska Jukić,^a Aida Šapčanin,^c and Husein Nanić^a

The Una-Sana Canton is rich in natural spring water that supplies the population. Performed for the first time was a quality assessment of toxic and essential heavy metals and metalloids in drinking water from several sources in eight municipalities: Bihac, Cazin, Bosanska Krupa, Buzim, Velika Kladusa, Bosanski Petrovac, Sanski Most, and Ključ. In May 2016, three samples were taken from each municipality (total 24). The concentrations of arsenic, lead, cadmium, chromium, nickel, cobalt, molybdenum, phosphorus, zinc, and copper were measured. In a small number of water samples, slightly increased concentrations of Ni (up to 20 $\mu\text{g dm}^{-3}$) and Cr (up to 50 $\mu\text{g dm}^{-3}$) were found, and considered to be of natural origin. However, in the majority of samples, the As concentrations differed from the allowed concentration (up to 10 $\mu\text{g dm}^{-3}$), with a maximum of 14.05 $\mu\text{g dm}^{-3}$, which probably originates from the very composition of the soil, but also from anthropogenic sources due to the existence of a landfill in the wider region of the source. The concentrations of other elements, Cd, Pb, Co, Cu, P, Mo, and Zn were within the maximum permissible limits prescribed by the Regulations of B&H, the EU Drinking Water Directive 98/83/EC, as well as the WHO guidelines. Except for As, the content of heavy metals and metalloids in the drinking water of Una-Sana Canton is not a danger to human health.

Keywords

Heavy metals, drinking water, Una-Sana canton

^a Faculty of Health Sciences, University of Bihac, Hrvatskog trojstva 4, 77 000 Bihac, B&H

^b Faculty of Science, Department of Chemistry, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 33-35, 71 000 Sarajevo, B&H

^c Faculty of Pharmacy, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne 8, 71 000 Sarajevo, B&H

Original scientific paper
Received July 3, 2018
Accepted October 2, 2018