

Marina Ivanović<sup>1</sup>, Miloš B. Rajković<sup>2</sup>, Zorica Mamučić<sup>3</sup>,  
Dušanka Paunović<sup>2</sup>, Snežana Zlatanović<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Visoka zdravstvena škola strukovnih studija, Zemun, Srbija,  
<sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Institut za  
prehrambenu tehnologiju i biohemiju, Zemun, Srbija, <sup>3</sup>Zavod za  
Javno zdravlje, Subotica, <sup>4</sup>Institut za opštu i fizičku hemiju, Beograd,  
Srbija

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:628.316.12:547.235(497.11)

doi: 10.5937/ZasMat1703349I



Zastita Materijala 58 (3)

349 - 361 (2017)

## Azotne jonske grupe i jedinjenja prisutna u vodi za piće na teritoriji Severno-bačkog okruga

### IZVOD

Rezultati ispitivanja vode za piće u pogledu prisustva azotnih jonskih grupa i jedinjenja na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga u periodu 2013-2015. godine u malom procentu beleže odstupanja od dozvoljenih vrednosti.

Na teritoriji Grada Subotice dokazana je statistička značajnost u pogledu prisustva amonijaka u uzorcima vode. Najmanji procenat neispravnosti karakteriše 2014, a najveći 2015. godina. Za seoski vodovod na teritoriji Grada Subotice karakteristične su manje razlike posmatrano po godinama, koje nemaju statističku značajnost, ali je situacija znatno lošija u odnosu na gradski vodovod (više od 40% uzoraka). Ovako visok procenat neispravnosti može se objasniti postojanjem većeg broja sela bez mogućnosti organizovanog vodosnabdevanja stanovništva, te korišćenjem vode iz nedovoljno kontrolisanih sopstvenih bunara.

Gradski vodovod Opštine Bačka Topola u pogledu neispravnosti uzoraka u smislu prisustva amonijaka je iznad dozvoljenih vrednosti, i karakteriše ga odstupanja i statistički značajna razlika. Za razliku od gradskog vodovoda bačko-topolske opštine gde je najmanje neispravnih uzoraka zabeleženo 2013. godine, za seoski vodovod najveći broj neispravnih uzoraka upravo je u 2013. godini, a najmanji u 2014. godini.

Teritoriju Opštine Mali Idoš karakteriše veoma mali broj neispravnih uzoraka pijaće vode po pitanju prisustva amonijaka. Za sve tri posmatrane godine, nije bilo većih variranja u pogledu neispravnosti, te ni statistički značajne razlike po godinama.

Posmatrano po opštinama, uočena je statistički značajna razlika u broju neispravnih uzoraka za sve tri godine. Klimatska situacija i količina padavina u toku 2014. godine je, kao i na većoj teritoriji Republike Srbije, bila neuobičajena i na teritoriji Grada Subotica. Premašen je dugogodišnji proseki u količini padavina, što je rezultiralo najnižom koncentracijom amonijaka u gradskom vodovodu. Takođe, najmanji procenat prekoračenja graničnih vrednosti amonijaka u vodi za piće u Opštini Bačka Topola, u seoskom vodovodu, zabeležen je 2014. godine.

**Ključne reči:** voda za piće, Severno-bački okrug, nitrati, nitriti.

### 1. UVOD

Zdravstveno bezbedna voda za piće predstavlja osnovu zdravog života i jedan je od prioriteta u oblasti javnog zdravlja. Bezbednost vode podrazumeva fizičko-hemijski, mikrobiološki, i radiološki ispravnu vodu, a takođe i dovoljne količine i njenu kontinuiranu isporuku.

Parametri vode dele se na fizičko-hemijske (pH vrednost, temperatura, zamućenost, tvrdoća), hemijske (kontaminacija pesticidima, teškim metalima i nutrientima kao što su nitrati i fosfati) i biološke (biomasa, izobilje i struktura živog sveta).

Za hemijsku ispravnost vode izuzetno su značajni hemijski indikatori fekalnog zagađenja, jer ukazuju na kontaminaciju vode humanim i animalnim sekretima i ekskretima.

Prisustvo amonijaka (NH<sub>3</sub>) u vodi za piće znak je svežeg fekalnog zagađenja ili pak, amonijak potiče iz dubokih podzemnih voda. Nitriti (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) u vodi nastaju oksidacijom amonijaka, ali i redukcijom nitrata (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) i ukazuju da je kontaminacija u toku, dok nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ukazuju da je bilo kontaminacije [1]. Ukoliko se svi indikatori nađu u istom trenutku jasno je da je kontaminacija većih razmera u toku. Nitrati su krajnji proizvod oksidacije, odnosno mineralizacije organskih supstanci koje sadrže azot. Iako je njihovo prisustvo u vodi znak „starog“ zagađenja vode organskim supstancama, oni mogu biti i neorganskog porekla. Bez obzira na poreklo, nitrati su štetni za organizam. Redukcija nitrata u nitrite nastaje pri niskoj pH vrednosti vode,

\*Autor za korespondenciju: Miloš B. Rajković

E-mail: rajmi@agrif.bg.ac.rs

Rad primljen: 07. 06. 2017.

Rad korigovan: 06. 07. 2017.

Rad prihvaćen: 12. 07. 2017.

Rad je dostupan na sajtu: www.idk.org.rs/casopis

a posredstvom metabolizma bakterija. Ukoliko voda za piće sadrži nitrate/nitrite u većoj koncentraciji od dozvoljene, ona tada postaje glavni medijum njihovog unošenja u organizam, i predstavlja veću opasnost po zdravlje čoveka [2,3].

Vezani azot poreklom iz đubriva je glavni uzrok izmene prirodnog kružnog ciklusa azota u prirodi. Rasipanje velikih količina azotnih đubriva po zemljištu kao nuspojavu ima brzo narastajući priliv ispranog azota i pojačavanje azotne denitrifikacije. Ovo je uzrokovano niskim koeficijentima usvajanja azotnih đubriva od strane biljaka i sniženjem koeficijenata sa porastom unetih doza. Sistematska primena velikih doza azota dovodi takođe do obogaćivanja „prehranjenih” biljaka štetnim jedinjenjima i do nepovoljnih izmena samog zemljišta.

Ispiranje pokretljivih mineralnih oblika azota ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) površinskim vodama i atmosferskom vodom (padavine) može dovesti do lokalnih zagađenja pijaćih rezervoara i reka. U vodenim rezervoarima i rekama kao rezultat sakupljanja velikih količina azota dolazi do eutrofikacije, te oni prestaju biti izvori pijaće vode. Slična zagađenja i razvitak patogene mikroflore u izvorima pijaće vode može dovesti i do trovanja ljudi i životinja.

Nitrati sa površine zemlje sporo prodiru do podzemnih voda, ali kada do njih dospeju, zadržavaju se decenijama, čak i kada se smanji količina nitrata na površini. Sadržaj nitrata u različitim izvorima vodosnabdevanja je različit. U površinskim vodama varira i kreće se od niskih koncentracija koje iznose 0-18 mg/dm<sup>3</sup> do visokih, koje dostižu vrednosti od nekoliko stotina mg/dm<sup>3</sup>. Nivo koncentracije nitrata u nekim izvorima vode je, zbog prevelikog korišćenja mineralnih đubriva, postao fatalan za neke životinje, a još nije opasan za ljude. Ustanovljeno je da je određena koncentracija nitrata koja se smatra bezbednom za ljude, izuzetno opasna po životinjski svet, naročito za razne vrste žaba i repatih vodozemaca [4].

Do kontaminacije podzemnih voda najčešće dolazi usled [5]: nekontrolisane upotrebe mineralnih i prirodnih đubriva, prekomerne upotrebe pesticida, izgradnje propusnih septičkih jama, pretvaranja starih bunara u septičke jame, nehigijenskog odlaganja otpada, nekontrolisanog ispuštanja otpadnih voda i drugih vrsta otpada i kontaminacije vazduha. Neregulisano odvodnjavanje obradivih površina tretiranih mineralnim đubrivima, kao i nepostojanje kvalitetne komunalne infrastrukture, najčešći su uzroci povišene koncentracije nitrata u podzemnim vodama. Budući da su nitrati vrlo rastvorljivi i da se ne adsorbuju na poroznu sredinu, to je njihova mobilnost zemljišnim rastvorima lakša, čime se povećava rizik od kontaminacije. U aerobnim uslovima nitrati su veoma postojani i javljaju se

kao stabilni oblik azota, dok u anaerobnim uslovima dolazi do degradacije. Ovaj proces je spor i za njega je neophodno prisustvo dovoljne količine organskog ugljenika [6].

Prema podacima Republičkog Zavoda za statistiku objavljenim u Statističkom godišnjaku iz 2014. godine, 82% domaćinstava u Republici Srbiji u 2013. godini je bilo priključeno na vodovodnu mrežu, a svega 57,8% na kanalizacioni sistem. Fizičko-hemijska neispravnost vode iz javnih vodovoda gradskih naselja na teritoriji Republike Srbije u 2014. godini, prema Izveštaju o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće javnih vodovoda i vodnih objekata Republike Srbije za 2014. godinu, javila se u 10,4% analiziranih uzoraka vode, što svedoči o poboljšanju stanja vodosnabdevanja u odnosu na prethodni period, dok je za teritoriju Severnobačkog upravnog Okruga procenat neispravnosti 25,9. Najčešći uzroci fizičko-hemijske neispravnosti na teritoriji Republike Srbije bili su povećana mutnoća i boja, povišena koncentracija gvožđa, mangana, amonijaka, nitrata i nitrita, povećan utrošak kalijum-permanganata [7].

#### *Zdravstveni efekti nitrita, nitrata i amonijaka*

Konzumiranjem kontaminirane vode i hrane, osim čoveka, negativni zdravstveni efekti se ispoljavaju i na životinje. Zbog toga je vršen veći broj naučnih ispitivanja na animalnim modelima, prilikom kojih se došlo do značajnih saznanja koja mogu biti iskorišćena i na zaštiti humane populacije [8-11].

Maksimalna doza koja ne izaziva efekat (engl. *no-observed-effect level* – *NOEL*) za adrenalnu hipertrofiju je bio 50 mg  $\text{KNO}_3$  po dm<sup>3</sup> vode (5 mg po kg telesne težine na dan). Dalja istraživanja vođena su u pravcu razjašnjenja uzroka hipertrofije i efekata unošenja nitrita i nitrata putem pijaće vode na ljudsko zdravlje [12].

Kratkoročna izloženost životinja različitim amonijumovim solima u pijaćoj vodi (75-360 mg amonijumovih jona po kilogramu telesne mase) prouzrokuje fiziološku adaptaciju na indukovanu acidozu, porast krvnog pritiska [11].

Jedinjenja azota se nitrifikuju u amonijak, nitrite i nitrate pod dejstvom bakterija. Pojava infantilne methemoglobinemije [u literaturi se često sreće i termin *Blue-baby syndrome* („Sindrom plavih beba”)] [13] može nastati kao posledica njihovog prisustva. Kod odraslih osoba jedna trećina apsorbovanih nitrata se redukuje u nitrite pod dejstvom bakterija i pljuvačke u usnoj duplji (endogena sinteza nitrita). Reakcijom azot-monoksida sa oksihemoglobinom nastaje methemoglobin, pri čemu se istovremeno stvara nitrat. Divalentno gvožđe u hem-grupi oksiduje se u trivalentno i nitriti se mnogo čvršće vezuju za hem-grupu.

Methemoglobinemija predstavlja najzastupljeniju i najozbiljniju komplikaciju neterapeutskog, prekomernog unosa nitrata i nitrita kroz pijaću vodu. Kliničko stanje se opisuje cijanozom, stuporom i cerebralnom anoksijom (gušenjem). Nitriti oksidišu atom gvožđa u prstenu hema koji prelazi iz Fe(II) u Fe(III), koji ne može vezati kiseonik, te dolazi do hipoksije tkiva. Otprilike oko 1% hemoglobina odraslog čoveka normalno cirkuliše kao methemoglobin, dok je ovaj iznos kod dece oko 2%.

Ovo stanje može da postoji i u urođenom obliku, kada je poremećena sinteza hemoglobina. Urođeni oblik se obično nasleđuje autozomno-recesivno, što znači da su potrebne dve kopije gena da bi se bolest ispoljila. Osobe sa ovim enzimskim defektom imaju doživotnu cijanozu, ali nemaju tegobe niti fizičke znake bolesti.

Simptomi methemoglobinemije koji nastaju pri različitim nivoima methemoglobina su: 10-20% umanjuju transport kiseonika što dovodi do modre preobojenosti sluzokože, 20-30% uzrokuje cijanozu i hipoksiju što dovodi do glavobolje, slabosti i neraspoloženosti, 30-50% vrtoglavica, preskakanje srca i tahipneja, 50-70% koma i acidoza, dok smrt nastupa pri koncentracijama od preko 70%. Unos vode koja je bogata nitratima izaziva smrt dece mnogo češće nego li kod odraslih. Ovo se pripisuje brojnim faktorima: veći unos fluida u odnosu na masu tela, unos veće količine nitrata u odnosu na količinu hemoglobina, kao i smanjeno lučenje želudačne kiseline kod dece što pomera pH GIT-a na 5-7, a čime je omogućena transformacija nitrata u nitrite od strane bakterija. Slično tome, dečji gastroenteritis potpomaže stvaranje methemoglobina kada je gornji deo GIT-a kolonizovan bakterijama. Drugi faktori koji učestvuju su deficijencija methemoglobin-reduktaze ili njenog kofaktora, smanjena količina nikotinamid-adenin-dinukleotida (NADH) kod dece, kao i veća podložnost hemoglobina F kod dece ka oksidacija (nego li što je slučaj sa hemoglobinom A kod odraslih). Pri rođenju 60-80% cirkulišućeg hemoglobina se sastoji od hemoglobina F, dok ova vrednost spada na 30% do trećeg meseca života [14].

Osim dece, i druge pojedinci su podložni methemoglobinemiji izazvanoj nitritima. Promenjena fiziološka stanja, parametri ishrane, kao i nasledne ili usvojene bolesti mogu doprineti varijaciji ove bolesti kod pojedinaca. Primeri za ovo su trudnice, pojedinci sa deficitom glukozo-6-fosfatne dehidrogenaze (G6PD – enzima koji katališe mehanizam prenosa H<sup>+</sup> preko NADH), pojedinci sa ahlorhidrijom, nasledne deficijencije NADH, različite hemoglobinopatije i druge [14].

Takođe, nitrati iz vode za piće mogu graditi kancerogene nitrozamine sa aminima iz hrane u kiseljoj sredini digestivnog trakta [15]. Za kancerogene supstance ne postoji tolerantna doza.

Nivo nitrata u vodi za piće može da poveća rizik od pojave kancera ovarijuma kod žena u postmenopauzi. Toksičnost nitrata je niska, a negativni zdravstveni efekti posledica su delovanja nitrita nastalih u procesu metaboličke konverzije nitrata. Oralna letalna doza nitrata za čoveka je oko 330 mg/kg telesne mase. Natrijum-nitrit je približno desetostruko toksičniji od natrijum-nitrata.

Prema IARC (engl. *International Agency for Research on Cancer*) jedan broj nitrozamina je klasifikovan kao verovatno karcinogen za čoveka (grupa 2A), dok su drugi nitrozamini klasifikovani kao potencijalno karcinogeni za ljude (grupa 2B). Simptomi akutne intoksikacije su sledeći: primarno izazivanje oštećenja jetre, često praćeno hemoragičnim plućnim edemom. Takođe, nitrozamini izazivaju oštećenje limfatičnih tkiva i koštane srži [16].

Većina hemijskih jedinjenja u vodi za piće nalazi se u manjim koncentracijama, te do oštećenja zdravlja dovode posle duže ekspozicije. Kako u organizam čoveka dospevaju i na drugi način, putem hrane, vazduha, teško je dokazati postojanje uzročno - poslediče veze između ekspozicije određenom hemijskom jedinjenju iz vode i pojavi oboljenja [15].

Preporuka je da se za ishranu dece ne koristi voda sa nivoom nitrata iznad 100 mg/dm<sup>3</sup>. Doze nitrita koje izazivaju ovo oboljenje kod odojčadi kreće se između 0,4 do 200 mg/kg telesne težine na dan, te je preporuka da se ne koristi voda za piće sa koncentracijom nitrita iznad 3 mg/dm<sup>3</sup>. Obzirom da postoji mogućnost istovremenog unosa nitrita i nitrata putem pijaće vode, zbir pokazatelja njihovih koncentracija ne sme biti 1.

Kod hronične izloženosti preporuka Zajedničkog stručnog odbora FAO i WHO za prehrambene aditive (engl. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives – JECFA*) je da se vrednost za prihvatljivi dnevni unos (mg/kg telesne težine) (engl. *Acceptable Daily Intake – ADI*) kreće između 0 i 3,7 mg/kg telesne težine za nitrite. Zasnovana je na studijama na animalnim modelima, te se vrednost preispituje usled razlika u metabolizmu ljudi i glodara [12].

#### Zakonodavstvo

Oblast vodosnabdevanja u Republici Srbiji regulišu sledeći propisi: Zakon o vodama (Sl. Glasnik RS, br.30/10 i 93/12) [17], Zakon o bezbednosti hrane (Sl. glasnik RS, br. 41/09), Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl.list SRJ, br.42/98 i 44/99) [18,19], Pravilnik o dezinfekciji i pregledu vode za piće (Sl.glasnik SRS, br. 60/81), Zakon o fluorisanju vode za piće (Sl.glasnik RS, br. 35/94, 38/94, 25/96 i 101/05), Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće (Sl. list SFRJ, br. 33/87) [20] i Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu

mineralnu vodu, prirodnu izvorsku vodu i stonu vodu (Sl. list SCG: br. 53/05) [21].

Voda koja se koristi za piće, za proizvodnju i preradu hrane i predmeta opšte upotrebe, sanitarno-higijenske potrebe i kupanje mora ispunjavati uslove u pogledu zdravstvene ispravnosti. Vodni objekti za snabdevanje vodom za piće i sanitarno-higijenske potrebe, kao i njegovo neposredno okruženje moraju ispunjavati posebne sanitarno-higijenske uslove u pogledu izgrađenosti i održavanja higijene u objektu, u cilju sprečavanja nastajanja i suzbijanja puteva prenošenja zaraznih bolesti vodom. Prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće, higijenska ispravnost vode za piće utvrđuje se: osnovnim i periodičnim pregledom, pregledom vode iz novih zahvata i pregledom na osnovu higijensko-epidemioloških indikacija u jednakim razmacima u toku meseca odn. godine, a prema broju ekvivalentnih stanovnika (ES).

Ovi pregledi obuhvataju mikrobiološke, biološke, fizičke, fizičko-hemijske i hemijske pokazatelje. U okviru osnovnih, periodičnih pregleda i pregleda vode iz novih zahvata, utvrđuje se, između ostalih parametara, i prisustvo amonijaka, nitrita i nitrata, dok se pregledom na osnovu higijensko-epidemioloških indikacija ne utvrđuje prisustvo nitrita [20].

Na područjima koja se koriste kao izvorišta za snabdevanje vodom za piće i za sanitarno-higijenske potrebe određuju se tri zone sanitarne zaštite i to: šira zona zaštite (zona zaštite), uža zona zaštite (zona ograničenja) i zona neposredne zaštite (zona strogog nadzora).

Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće [18] propisana je granična vrednost, koja iznosi: nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) -  $50 \text{ mg/dm}^3$ , nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ) -  $0,03 \text{ mg/dm}^3$ , amonijak ( $\text{NH}_3$ ) -  $0,1 \text{ mg/dm}^3$  ( $1 \text{ mg/dm}^3$  za vodovode do 5000 ES). Prema preporuci EU (direktiva 98/83/EC) vrednost za nitrate odgovara našem Pravilniku ( $50 \text{ mg/dm}^3$ ), za nitrite MDK je  $0,1 \text{ mg/dm}^3$ , a za amonijak  $0,5 \text{ mg/dm}^3$ .

#### *Vodosnabdevanje na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga*

Severno-bački upravni okrug prostire se na površini od  $1784 \text{ km}^2$  u severnom delu AP Vojvodina. Obuhvata teritorije Grada Subotice, Opština Bačka Topola i Mali Iđoš. Sedište Severno-bačkog upravnog okruga je Grad Subotica. Ukupan broj stanovnika, prema Popisu stanovništva iz 2011. godine za Grad Suboticu – 141.554, Opštinu Bačka Topola – 33.321 i Opštinu Mali Iđoš – 12.031.

Sistem vodosnabdevanja za Grad Suboticu čini pet gradskih i četrnaest prigradskih izvorišta, sa 67 bunara. Dubina bunara kreće se od 120 do 185 m. Distribucija vode vrši se magistralnim i sekundarnim vodovima dužine oko 520 km. Za oko 80%

potrošača sirova voda se prerađuje. Najveće izvorište za grad je Vodozahvat I, a zatim Vodozahvat II i disperzni bunari Aleksandrovo i bunar u krugu Uprave Vodovoda. Prigradska naselja raspolažu sopstvenim izvorištima ili bunarima za organizovano vodosnabdevanje stanovništva, osim naselja Ljutovo, Gornji i Donji Tavankut, Šupljak i Hajdukovo. Vodonosni slojevi na teritoriji Grada Subotice mogu se posmatrati kao tri celine: pri površinski - dubine do oko 60 m, akviferi - dubine između 60 i 200 m i termomineralni slojevi - dubine veće od 200 m. Pripovršinski slojevi služe za individualne potrebe stanovništva, izvan evidencija su i nisu podložni adekvatnim kontrolama. Nema podataka o njihovom broju, procenjuje se da ih ima nekoliko hiljada [22].

Vodosnabdevanje gradskog stanovništva Bačke Topole i dela industrije vrši se sa dva izvorišta centralnog vodovoda subarterske izdani, a na teritoriji opštine registrovano je organizovano javno snabdevanje u sedam naselja. Sedam naselja, sa ukupno četrnaest bunara subarterske izdani, povezana su u mikrovodovodne sisteme, dok se u preostalim deset naselja stanovništvo vodom snabdeva iz jednog bunara.

Za snabdevanje vodom na teritoriji Opštine Mali Iđoš u sva tri naselja (Mali Iđoš, Lovćenac i Feketić) koristi se voda iz subarterske izdani. U mesnoj zajednici Mali Iđoš distribucija se vrši putem centralne distributivne mreže. Mesna zajednica Lovćenac snabdeva se vodom putem lokalnog vodozahvata sa tri bušena bunara, dok lokalnu vodovodnu mrežu u mesnoj zajednici Feketić čine tri bunara.

Potrebne količine vode za piće na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga najvećim delom obezbeđuju se iz podzemnih, sve više kontaminiranih, voda. Obzirom da su od privrednih grana Okruga najzastupljene poljoprivreda i stočarstvo, prehrambena industrija, te hemijska industrija, potpuno je jasno da je raspoloživi resurs podzemne vode ovog podneblja izuzetno ugrožen, što je i bio cilj ispitivanja u ovom radu.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

U periodu 2013-2015. godine na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga izvršeno je ukupno 4521 analiza na prisustvo amonijaka, 4514 na prisustvo nitrita i 4515 na prisustvo nitrata. Uzorkovanje je vršeno od strane stručnih lica Zavoda za javno zdravlje Subotica, u skladu sa Pravilnikom o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće. Korišćena je oprema za uzimanje i pripremu uzorka koja je etalonirana i na odgovarajući način obeležena. Učestalost uzorkovanja predviđena je godišnjim planom monitoring uzorkovanja, a u skladu sa važećom legislativom. Svaki uzorak vode je obeležen

na adekvatan način i obezbeđen pratećom dokumentacijom sa minimum propisanim podacima.

Analize uzoraka vode na prisustvo amonijaka, nitrita, nitrata i vršene su u laboratoriji Centra za higijenu i humanu ekologiju Zavoda za javno zdravlje Subotica uz primenu akreditovanih metoda. Utvrđivanje sadržaja amonijaka, nitrita i nitrata vršeno je spektrofotometrijski, pomoću spektrofotometra CECIL 9000 Serial (UV-VIS); Cecil instruments, England (Cambridge).

Određivanje amonijaka vršeno je metodom pomoću Nesler-ovog reagensa neposredno po uzimanju uzorka, a ukoliko to nije bilo moguće, nakon konzervisanja koncentrovanom sumpornom kiselinom. U 50 cm<sup>3</sup> filtrata dodato je 2 cm<sup>3</sup> rastvora Seignett-ove soli i 1 cm<sup>3</sup> Nesler-ovog reagensa, a potom homogenizovano. Nastalo žuto obojenje se izmeri nakon 5 minuta pomoću fotometra pri 425 nm ili se amonijak izmeri vizuelnim putem pomoću standardnog rastvora amonijumhlorida (SRPS H.Z1.184:1947). Određivanje sadržaja nitrita vršeno je metodom molekularno apsorpcione spektrometrije. Nitriti iz dela uzorka reaguju sa 4-amino-benzensulfonamidom u prisustvu ortofosforne kiseline pri pH 1,9 i obrazuju diazonijum so koja daje ružičastu boju sa N-(1-naftil)-1,2-diaminoetan-dihloridom (koji se dodaje sa 4-aminobenzen sulfonamidom). Uzorci uzeti u staklene boce analiziraju se u toku 24h od momenta sakupljanja. Maksimalna zapremina dela uzorka za ispitivanje, pogodna za određivanje koncentracije nitrita do pN

=0,25 mg/dm<sup>3</sup>, iznosila je 40 cm<sup>3</sup>. Eventualno prisutne suspendovane materije se istalože, a uzorak profiltrira kroz papir od staklenog vlakna. U 40 cm<sup>3</sup> uzorka doda se 1 cm<sup>3</sup> reagensa za bojenje. Nakon mešanja ostavi se da stoji. pH u ovoj fazi treba biti 1,9 ± 0,1. Po isteku najmanje 20 minuta od dodavanja reagensa, meri se apsorbcija rastvora na talasnoj dužini maksimalne apsorbcije, približno 540 nm. Kao referentna tečnost koristi se voda (SRPS EN 26777:2009). Određivanje prisustva nitrata u vodi vršeno je validiranim dokumentovanim metodom Zavoda za javno zdravlje Subotica DM 92.

Analize dobijenih podataka vršene su za svaku godinu pojedinačno, kao i za kompletan period, na nivou kategorija uzoraka i vrste uzoraka. Obzirom da se radi o kategorijskim atributivnim varijablama, obrada podataka vršena je uz upotrebu realnih brojeva i Hi kvadrat testa.

Testiranje značajnosti vršeno je u pogledu prisustva amonijaka u uzorcima, dok za nitrite i nitrata, za koje postoji mali procenat neispravnih uzoraka i koji se mogu svesti na nivo statističke greške, testiranje nije vršeno.

Broj izvršenih analiza uzoraka prema pojedinačnim parametrima prikazan je u tabeli 1. Najviša zabeležena vrednost amonijaka u gradskom vodovodu u Subotici zabeležena je 2013. godine i iznosila je 0,88 mg/dm<sup>3</sup>, dok je u seoskom vodovodu iste godine najviša zabeležena vrednost iznosila 1,46 mg/dm<sup>3</sup> vode.

Tabela 1. Broj analiza na pojedinačne parametre po opštinama

Table 1. Municipality overview of the analysis per parameter

Uzorci vode za piće			Godina uzorkovanja			Ukupno
			2013	2014	2015	
Subotica	Gradski vodovod	Amonijak	721	781	794	2296
		Nitriti	717	781	791	2289
		Nitrati	718	781	791	2290
	Seoski vodovod	Amonijak	457	459	492	1408
		Nitriti	457	459	492	1408
		Nitrati	457	459	492	1408
Bačka Topola	Gradski vodovod	Amonijak	88	128	125	341
		Nitriti	124	128	125	377
		Nitrati	124	128	125	377
	Seoski vodovod	Amonijak	124	80	72	276
		Nitriti	88	80	72	240
		Nitrati	88	80	72	240
Mali Idoš	Seoski vodovod	Amonijak	74	72	54	200
		Nitriti	74	72	54	200
		Nitrati	74	72	54	200

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Testiranje značajnosti razlike učestalosti neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, u periodu od 2013-2015. godine

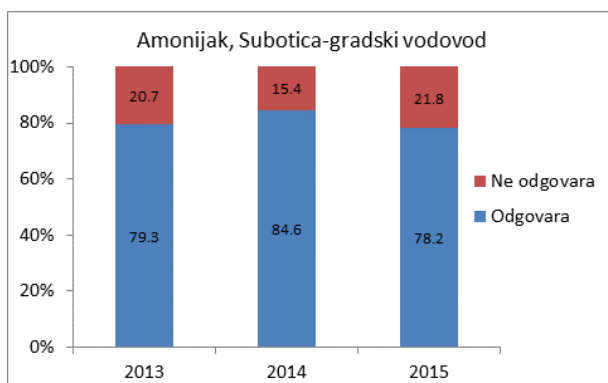
#### 3.1. Gradski vodovod u Subotici

Na slici 1. prikazane su vrednosti ispravnih i neispravnih uzoraka (u %) koji odgovaraju i koji ne odgovaraju graničnim vrednostima u pogledu

amonijaka, u gradskom vodovodu u Subotici. Može se uočiti da je najmanji procenat neodgovarajućih uzoraka registrovan u 2014. godini.

Hi kvadrat test nezavisnosti je pokazao da razlike neispravnih uzoraka u pogledu prisustva amonijaka (u %), u posmatranom periodu, nisu slučajne, odnosno postoji povezanost između vrste uzorka (odgovara - ne odgovara) i godina ( $\chi^2(2) = 11.804; p = 0.003 < 0.01$ ).

Velika količina padavina u 2014. godini, koja je između ostalih, pogodila i područje Grada Subotica, predstavlja jedan od razloga znatno manjeg prisustva amonijaka u vodi za piće u odnosu na 2013. i 2015. godinu.

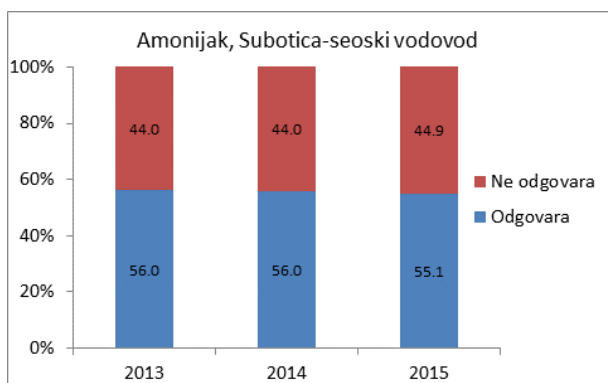


Slika 1. Amonijak u vodi za piće u gradskom vodovodu u Subotici (u %)

Figure 1. Level of ammonia in drinking water in the city water supply of Subotica (in %)

### 3.2. Seoski vodovod u Subotici

Na slici 2. prikazane su vrednosti ispravnih i neispravnih uzoraka (u %) koji odgovaraju i koji ne odgovaraju граниčnim vrednostima u pogledu amonijaka, u seoskom vodovodu u Subotici.



Slika 2. Amonijak u seoskom vodovodu u Subotici (u %)

Figure 2. Level of ammonia in the rural water supply of Subotica (%)

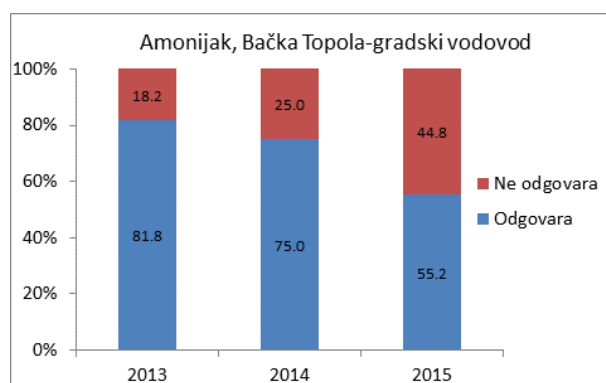
Hi kvadrat test nezavisnosti je pokazao da procentualne razlike neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, u posmatranom periodu, mogu biti

slučajne, odnosno ne postoji povezanost između vrste uzorka (odgovara-ne odgovara) i godina ( $\chi^2(2) = 0.111; p = 0.946 > 0.05$ ).

### 3.3. Gradski vodovod u Bačkoj Topoli

Najviša zabeležena vrednost prisustva amonijaka u vodi gradskog vodovoda u Bačkoj Topoli je 1,74 mg/dm<sup>3</sup> pijaće vode 2013. godine, dok je u seoskom vodovodu iste godine zabeležena najviša vrednost koja je iznosila 2,04 mg/dm<sup>3</sup> pijaće vode.

Na slici 3. prikazane su vrednosti ispravnih i neispravnih uzoraka (u %) koji odgovaraju i koji ne odgovaraju граниčnim vrednostima u pogledu prisustvu amonijaka u gradskom vodovodu u Bačkoj Topoli.



Slika 3. Amonijak u gradskom vodovodu u opštini Bačka Topola (u %)

Figure 3. Level of ammonia in the city water supply of the Bačka Topola municipality (in %)

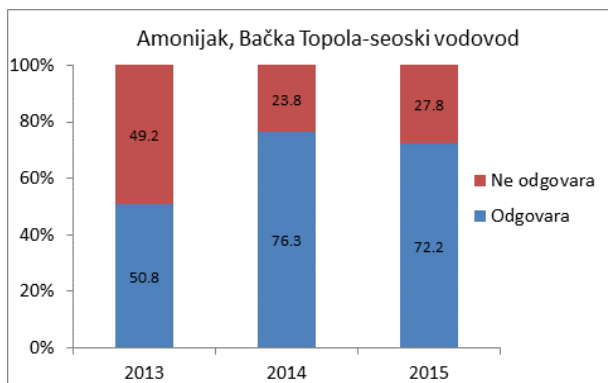
Hi kvadrat test nezavisnosti je pokazao da procentualne razlike neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, u posmatranom periodu, nisu slučajne, odnosno postoji povezanost između vrste uzorka (odgovara - ne odgovara) i godina ( $\chi^2(2) = 20.185; p < 0.001$ ). Najveći procenat neodgovarajućih uzoraka zabeležen je 2015. godine.

### 3.4. Seoski vodovod u Bačkoj Topoli

Seoski vodovod bačko-topolske opštine karakteriše nešto lošija slika u 2013. godini.

Na slici 4 date su vrednosti ispravnih i neispravnih uzoraka (u %) koji odgovaraju i koji ne odgovaraju граниčnim vrednostima u pogledu prisustvu amonijaka u seoskom vodovodu u Bačkoj Topoli.

Hi kvadrat test nezavisnosti je pokazao da procentualne razlike neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, u posmatranom periodu, nisu slučajne, odnosno postoji povezanost između vrste uzorka (odgovara - ne odgovara) i godina ( $\chi^2(2) = 16.639; p < 0.001$ ). Najveći procenat neodgovarajućih uzoraka zabeležen je 2013. godine.



Slika 4. Amonijak u seoskom vodovodu u opštini Bačka Topola (u %)

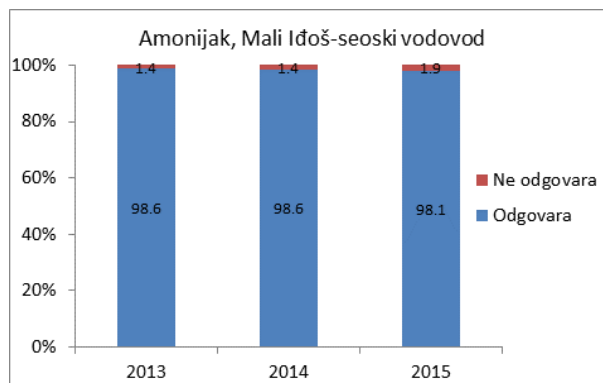
Figure 4. Level of ammonia in the rural water supply of the Bačka Topola municipality (in %)

### 3.5. Seoski vodovod u Opštini Mali Idoš

Najviša vrednost koncentracije amonijaka u posmatranom periodu u Opštini Mali Idoš zabeležena je 2013. godine i iznosila je 1,58 mg/dm<sup>3</sup> pijaće vode.

Na slici 5. prikazane su vrednosti ispravnih i neispravnih uzoraka (u %) koji odgovaraju i koji ne odgovaraju граниčnim vrednostima u pogledu prisustvu amonijaka u seoskom vodovodu u Opštini Mali Idoš.

Hi kvadrat test nezavisnosti je pokazao da procentualne razlike neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, u posmatranom periodu, mogu biti slučajne, odnosno ne postoji povezanost između vrste uzorka (odgovara-ne odgovara) i godina ( $\chi^2(2) = 0.062; p = 0.969 > 0.05$ ).



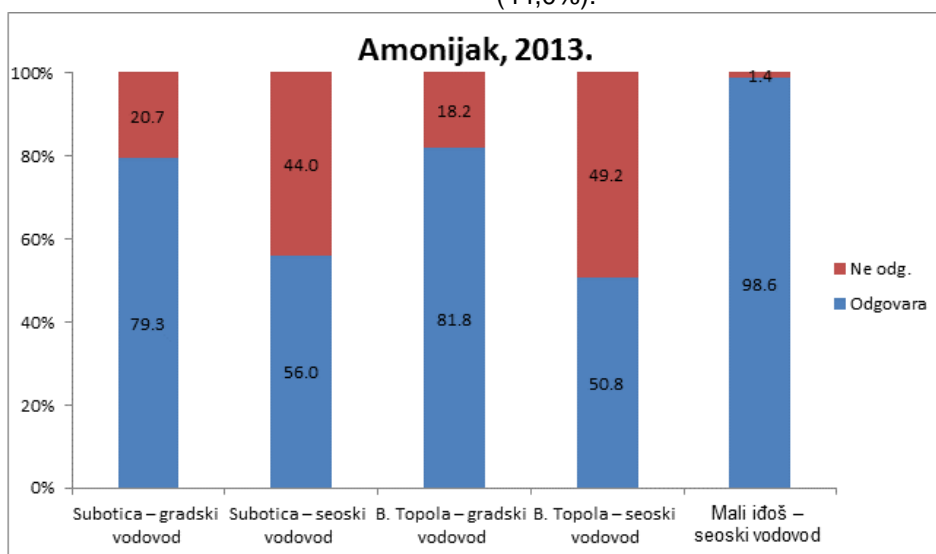
Slika 5. Amonijak u seoskom vodovodu u opštini Mali Idoš (u %)

Figure 5. Level of ammonia in the rural water supply of the Mali Idoš municipality (in %)

### 3.6. Testiranje značajnosti razlike učestalosti neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, po opštinama

Nakon testiranja učestalosti neispravnih uzoraka po godinama, vršeno je i testiranje po opštinama, pojedinačno za svaku godinu. Prikaz rezultata u 2013. godini dat je na slici 6.

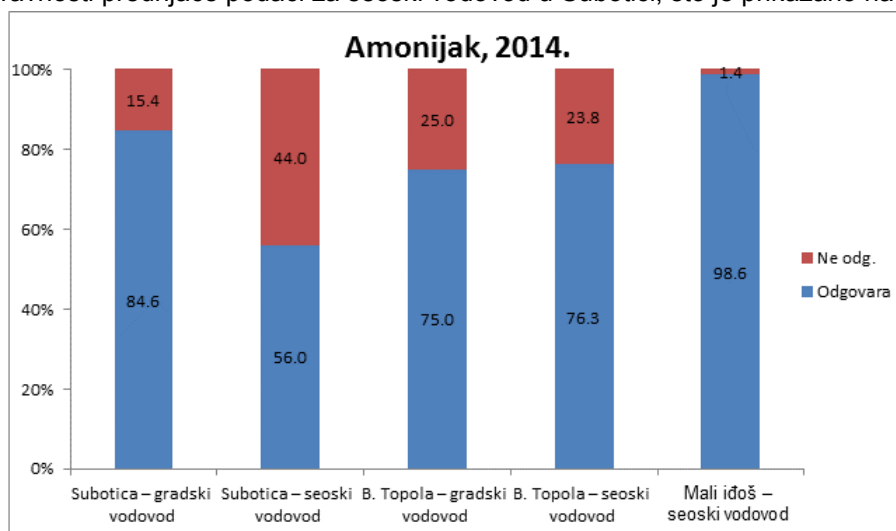
Hi kvadrat test nezavisnosti je pokazao da procentualne razlike neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka, u 2013. godini, nisu slučajne, odnosno postoji povezanost između vrste uzorka (odgovara – ne odgovara) i lokaliteta ( $\chi^2(4) = 130.518; p < 0.001$ ). Drugačije rečeno, lokalitet deluje na procenat neispravnih uzoraka. Najveći procenat neodgovarajućih uzoraka zabeležen je u Bačkoj Topoli u seoskom vodovodu (49,2%), a zatim u Subotici u seoskom vodovodu (44,0%).



Slika 6. Amonijak u vodi za piće u 2013. godini dat po opštinama (u %)

Figure 6. Level of ammonia in drinking water in year 2013, shown by municipalities (in %)

U 2014. godini, u pogledu prisustva amonijaka, posmatrano po opštinama, situacija je nešto drugačija. U pogledu neispravnosti prednjače podaci za seoski vodovod u Subotici, što je prikazano na slici 7.

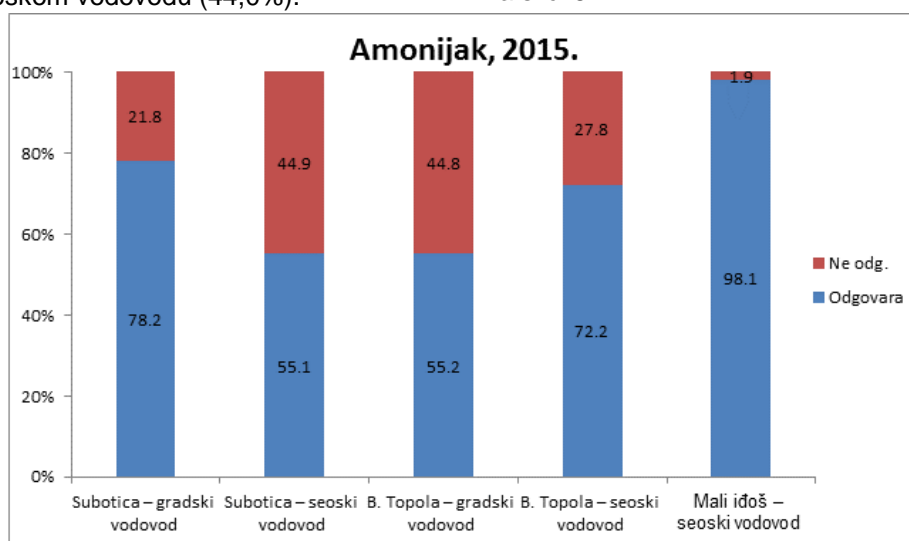


Slika 7. Amonijak u vodi za piće u 2014. godini dat po opštinama (u %)

Figure 7. Level of ammonia in drinking water in year 2014, shown by municipalities (in %)

Postoji povezanost između lokaliteta i procenta neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka u 2014. godini ( $\chi^2(4) = 150.063; p < 0.001$ ). Najveći procenat neodgovarajućih uzoraka zabeležen je u Subotici u seoskom vodovodu (44,0%).

Godinu 2015. karakteriše najviši procenat neispravnosti u seoskom vodovodu u Subotici, kao što je bio slučaj i u 2014. godini, kako je prikazano na slici 8.



Slika 8. Amonijak u vodi za piće u 2015. godini dat po opštinama (u %)

Figure 8. Level of ammonia in drinking water in year 2015, shown by municipalities (in %)

Postoji povezanost između lokaliteta i procenta neispravnih uzoraka u pogledu amonijaka u 2015. godini ( $\chi^2(4) = 109.594; p < 0.001$ ).

Najveći procenat neodgovarajućih uzoraka zabeležen je u Subotici u seoskom vodovodu (44,9%).

### 3.7. Prisustvo nitrata i nitrita u vodi za piće na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga

Na teritoriji Grada Subotica, opština Bačka Topola i Mali Iđoš, u uzorcima vode za piće uzetim iz gradskih i seoskih vodovoda, u pogledu prisustva nitrata i nitrita, uočava se manji broj neispravnih uzoraka (tabela 2).



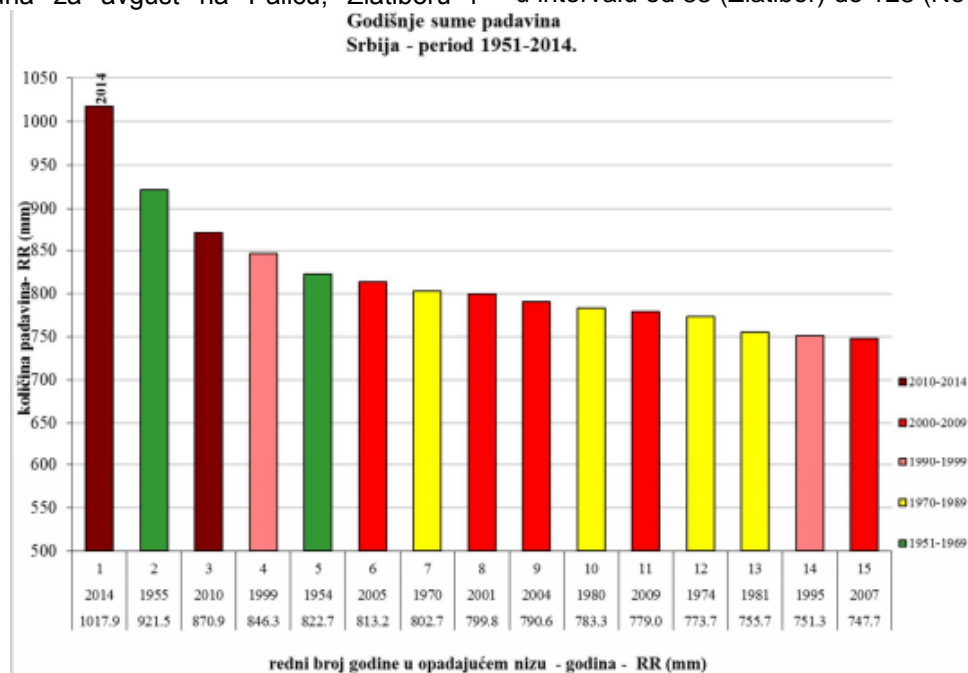
Tabela 2. Prisustvo nitrita i nitrata u vodi na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga

Table 2. The presence of nitrite and nitrate measured in the water of the North-Backa administrative district

Subotica – gradski vodovod		2013	2014	2015
Nitriti	Ukupno	717	781	791
	Ne odgovara	1	1	2
Nitrati	Ukupno	718	781	791
	Ne odgovara	-	1	-
Subotica – seoski vodovod		2013	2014	2015
Nitriti	Ukupno	457	459	492
	Ne odgovara	1	3	3
Nitrati	Ukupno	457	459	492
	Ne odgovara	-	-	-
B. Topola – gradski vodovod		2013	2014	2015
Nitriti	Ukupno	124	128	125
	Ne odgovara	/	/	/
Nitrati	Ukupno	124	128	125
	Ne odgovara	-	-	-
B. Topola – seoski vodovod		2013	2014	2015
Nitriti	Ukupno	88	80	72
	Ne odgovara	-	2	1
Nitrati	Ukupno	88	80	72
	Ne odgovara	-	-	-
Mali idoš – seoski vodovod		2013	2014	2015
Nitriti	Ukupno	74	72	54
	Ne odgovara	-	-	-
Nitrati	Ukupno	74	72	54
	Ne odgovara	-	-	-

U Srbiji je 2013. godina bila ekstremno topla, sa srednjom temperaturom vazduha od 11,6°C. Bila je sedma najtoplija godina u periodu od 1951. godine. Premašen je dnevni maksimum temperature vazduha za avgust na Paliću, Zlatiboru i

Somboru. Količina padavina tokom 2013. godine bila je u intervalu od 533,3 mm u Zaječaru do 1049,0 mm na Kopaoniku. Procenat količine padavina u odnosu na normalu 1961-1990. godina je bio u intervalu od 83 (Zlatibor) do 128 (Novi Sad).



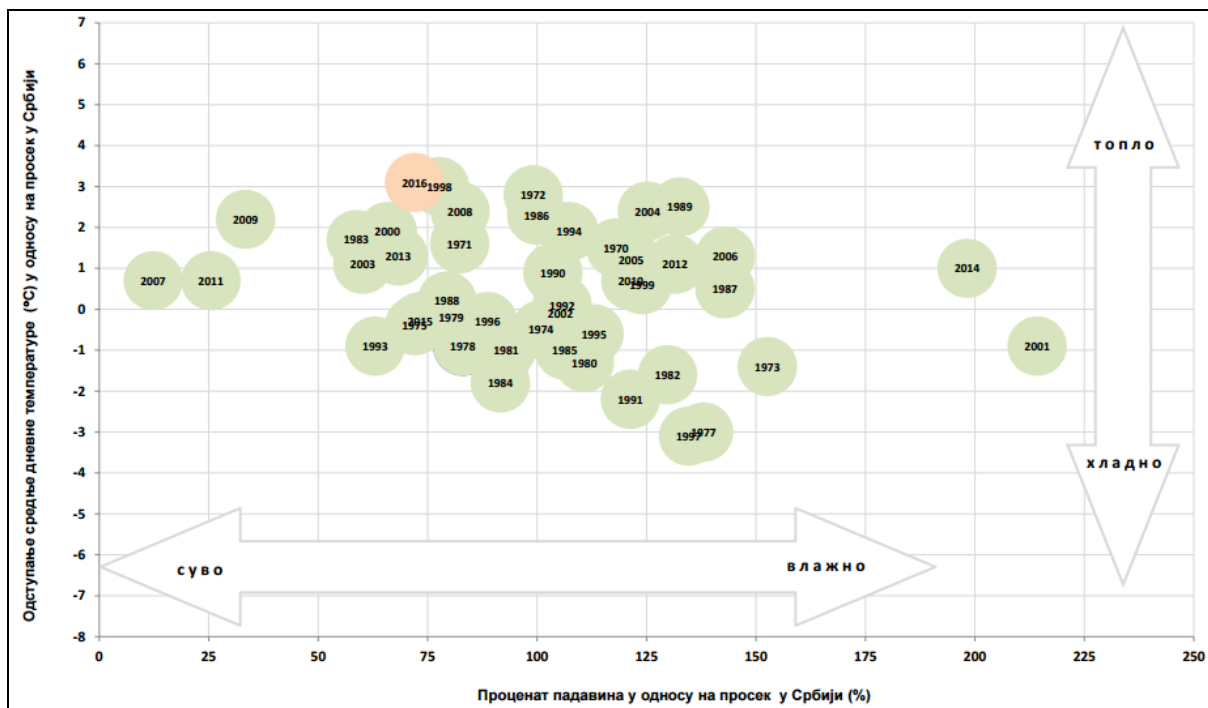
Slika 9. Prikaz najkišovitijih godina u Srbiji za period 1951-2014. godina [24]

Figure 9. Yearly shown the amount of precipitation in Serbia for the period 1951-2014 [24]

Kišno i veoma kišno je bilo na severu zemlje i u Kragujevcu i Sjenici, dok je sušno bilo u Valjevu, Požegi, Kraljevu i na Zlatiboru [23]. 2014. godina u Srbiji bila je najkišovitija od 1951. godine (slika 9). Količina padavina tokom 2014. godine bila je u intervalu od 648,6 mm u Kikindi do 1513,8 mm na Zlatiboru. Ukupna godišnja količina padavina, u odnosu na normalu 1961-1990. godina, bila je u intervalu od 121% u Kikindi do 193% u Negotinu. Ukupne trodnevne padavine za period 14-16. maj su u oblasti Podrinsko-kolubarskog regiona, Mačve i Tamnave (više od 250 mm u nekim mestima) pre-

vazišle hiljadugodišnje trodnevne sume. Na teritoriji Srbije, 2014. godina, sa srednjom temperaturom vazduha od 11,8°C, bila je druga najtoplija godina u periodu od 1951. godine [24]. Na severozapadu zemlje količina padavina je tokom maja bila u kategorijama kišno i veoma kišno, dok je u Novom Sadu bilo ekstremno kišno [25].

Godina 2015. je u većem delu Srbije bila prosečno kišna, a slična situacija karakteriše klimatska kretanja i na teritoriji Grada Subotice za period od 2013-2015. godine.



Slika 10. Procentualni prikaz padavina u odnosu na prosek i odstupanje od srednje dnevne temperature u Srbiji [23]

Figure 10. Display the percentage of rainfall according to the deviation from the average daily temperature in Serbia [23]

Upoređujući podatke o koncentracijama amonijaka po godinama sa klimatskom situacijom i količinom padavina na teritoriji Grada Subotice, uočava se da 2014. godinu, godinu sa velikom količinom padavina i kišnim periodom, karakteriše najniža koncentracija amonijaka u gradskom vodovodu, dok 2015. godinu, sa znatno manjom količinom padavina, u seoskom vodovodu, karakteriše najlošija slika po pitanju prekoračenih vrednosti amonijaka u odnosu na propisane.

Takođe, u Opštini Bačka Topola, u seoskom vodovodu, 2014. je bila godina sa najmanjim procentom neispravnih uzoraka. Rezultati u pogledu prisustva nitrita i nitrata na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga u malom procentu beleže odstu-

panja od dozvoljenih. Najveći procenat odstupanja u pogledu prisustva nitrita je 2,5% i zabeležen je u seoskom vodovodu u Opštini Bačka Topola 2014.

Najviša vrednost nitrita za posmatrani period u gradskom vodovodu u Subotici zabeležena je 2013. godine i iznosila je 0,052 mg/dm<sup>3</sup> pijaće vode, dok seoski vodovod karakteriše najviša vrednost 0,065 mg/dm<sup>3</sup> pijaće vode zabeležena 2015. godine. U Opštini Bačka Topola najviša zabeležena vrednost je 0,078 mg/dm<sup>3</sup> u seoskom vodovodu 2014. godine, do u Opštini Mali Iđoš nije bilo prekoračenja graničnih vrednosti za nitrite.

Prekoračenje graničnih vrednosti za nitrate karakteristično je samo za gradski vodovod u Subotici, gde je najviša vrednost zabeležena 2014. godine i iznosi 0,65 mg/dm<sup>3</sup> pijaće vode.

Broj neispravnih uzoraka po pitanju prisustva nitrita i nitrata na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga u periodu 2013-2015. godine je neznan, te se može svesti na nivo statističke greške. Veliki procenat uzoraka uzetih u periodu 2013-2015. godine pokazao je hemijsku neispravnost usled prisustva amonijaka u koncentracijama koje premašuju zakonski dozvoljene. Prisustvo amonijaka najčešće je znak svežeg fekalnog porekla, a može poticati i iz dubokih podzemnih voda.

#### 4. ZAKLJUČAK

Narušavanje kvaliteta vode za piće na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga u najvećoj meri uslovljeno je antropogenim uticajem. Podzemna voda je često promenljivog kvaliteta. Narušavanje sastava uslovljeno je kvalitetom samog zemljišta, kao i prodorom atmosferskih voda, spiranjem zagađenog zemljišta. Primena agrotehničkih mera uz nekontrolisanu upotrebu pesticida, dovodi do narušavanja ravnoteže u vodonosnim slojevima. Hemijska, prehrambena industrija, nehigijenska dispozicija komunalnih otpadnih voda, značajno doprinose zagađenju vodnih resursa. Uticaj promena uslovljenih klimatskim faktorima, sa dužim sušnim periodima, takođe, nije zanemarljiv.

Na teritoriji Grada Subotica dokazana je statistička značajnost u pogledu prisustva amonijaka u uzorcima vode posmatrano prema godinama. Najmanji procenat neispravnosti karakteriše 2014. a najveći 2015. godina. Za seoski vodovod na teritoriji Grada Subotica karakteristične su manje razlike posmatrano po godinama, koje nemaju statističku značajnost, ali je situacija znatno lošija u odnosu na gradski vodovod, budući da je više od 40% uzoraka neispravno. Ovako visok procenat neispravnosti može se objasniti postojanjem većeg broja sela bez mogućnosti organizovanog vodosnabdevanja stanovništva (sela Ljutovo, Gornji i Donji Tavankut, Hajdukovo, Šupljak), te korišćenjem vode iz nedovoljno kontrolisanih sopstvenih bunara.

Gradski vodovod Opštine Bačka Topola posmatrano po godinama, a u pogledu neispravnosti uzoraka u smislu prisustva amonijaka iznad dozvoljenih vrednosti, karakterišu odstupanja i statistički značajna razlika. Najlošija slika karakteristična je za 2015. godinu, koja beleži skoro dva puta veći broj neispravnih uzoraka u odnosu na 2013. godinu. Za razliku od gradskog vodovoda bačko-topolske opštine gde je najmanje neisprav-

nih uzoraka zabeleženo 2013. godine, za seoski vodovod karakterističan je najveći broj neispravnih uzoraka upravo u 2013., a najmanji u 2014. godini.

Teritoriju Opštine Mali Idoš karakteriše veoma mali broj neispravnih uzoraka pijaće vode po pitanju prisustva amonijaka. Za sve tri posmatrane godine, nije bilo većih variranja u pogledu neispravnosti, te ni statistički značajne razlike po godinama.

Posmatrano po opštinama, uočena je statistički značajna razlika u broju neispravnih uzoraka za sve tri godine, iz čega proističe da lokalitet utiče na procenat neispravnosti uzoraka. U 2013. godini najviši procenat neispravnosti zabeležen je u Opštini Bačka Topola u seoskom vodovodu, nešto manji u seoskom vodovodu u Subotici. U 2014. i 2015. godini najveći procenat neispravnih uzoraka zabeležen je u seoskom vodovodu u Subotici, dok je najmanji procenat neispravnosti zabeležen u Opštini Mali Idoš za sve tri godine. Klimatska situacija i količina padavina u toku 2014. godine je, kao i na većoj teritoriji Republike Srbije, bila neobičajena i na teritoriji Grada Subotica. Premašen je dugogodišnji proseki u količini padavina, što je rezultiralo najnižom koncentracijom amonijaka u gradskom vodovodu. Takođe, najmanji procenat prekoračenja graničnih vrednosti amonijaka u vodi za piće u Opštini Bačka Topola, u seoskom vodovodu, zabeležen je 2014. godine.

Rezultati u pogledu prisustva azotnih jonskih grupa i jedinjenja u vodi za piće na teritoriji Severno-bačkog upravnog okruga u malom procentu beleže odstupanja od dozvoljenih. Najveći procenat odstupanja je 2,5% i zabeležen je u seoskom vodovodu u Opštini Bačka Topola 2014. godine. Uzimajući u obzir štetne efekte prisustva nitrita u vodi za piće, čak ni mali procenat odstupanja od graničnih vrednosti ne sme se zanemariti.

Značajnija odstupanja od zahteva Pravilnika se uglavnom registruju, u netretiranoj i mešanoj vodi koja podleže samo dezinfekciji, bez prethodnog prečišćavanja. Ovakvom vodom se snabdeva oko 20% gradskog stanovništva Subotice, kao i stanovnici prigradskih naselja Subotice, Bačke Topole i Malog Idoša.

Upoređujući najviše zabeležene vrednosti na području Severno-bačkog upravnog okruga u posmatranom periodu sa preporučenim vrednostima Svetske zdravstvene organizacije, konstatuje se da je situacija na teritorijalnom području istraživanja stabilna, te da na osnovu preporuka nije moglo

doći do pojave kratkoročnih štetnih efekata po zdravlje izazvanog nitritima, nitratima i amonijakom isključivo nakon konzumiranja pijaće vode. Ipak, sinergističko dejstvo ovih elemenata iz hrane i vode, sa ostalim hemijskim i mikrobiološkim zaagađenjima iz životne sredine, posmatrano na dugoročnom planu, pritom uzimajući u obzir činjenicu da tolerantna doza za kancerogene supstance ne postoji, predstavlja pretnju po zdravlje stanovništva i upozorava na dalekosežne posledice po buduće.

## 5. LITERATURA

- [1] M.B.Rajković, M.Antić, S.Miljković, T.Marjanović (2014) Ispitivanje sadržaja nitrita, nitrata i amonijaka u vodi za piće, XIX savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak, Zbornik radova 19(21), s.511-515.
- [2] M.A.Fan, E.V.Steinberg (1996) Health Implications of Nitrate and Nitrite in Drinking Water: An Update on Methemoglobinemia Occurrence and Reproductive and Developmental Toxicity, Regul. Toxicol. Pharmacol, 23, 35-43.
- [3] G.N.Wogan, W.Generoso, L.D.Koller, R.P.Smith (1995) Nitrate and Nitrite in Drinking Water, National Academic Press, Washington.
- [4] R.S.Miljković (2014) Fizičko-hemijska i mikrobiološka ispravnost vode za piće u seoskim naseljima na teritoriji grada Požarevca, specijalistički rad, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [5] Z.Rogožarski, T.Marjanović (2012) Sagledavanje zdravstvene ispravnosti vode za piće na teritoriji grada Požarevca, U.B.Radovanović (urednik): Zbornik radova „Održivi razvoj grada Požarevca i energetskog kompleksa Kostolac“, s. 217-220.
- [6] M.B.Rajković, M.Stojanović, S.Miljković (2015) Ispitivanja kvaliteta vode za piće iz individualnih bunara u selu Dubravica u Braničevskom okrugu, Zaštita materijala 56(2), 213-223.
- [7] Institut za javno zdravlje Republike Srbije "Dr Milan Jovanović Batut" (2015): Izveštaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće javnih vodovoda i vodnih objekata Republike Srbije za 2014. godinu, Beograd.
- [8] J.Đorđević Miloradović (2016) Nitrati u vodama grada Požarevca, Međunarodno savetovanje „Održivi razvoj Braničevskog okruga i energetskog kompleksa Kostolac“, Kostolac, Zbornik radova, s.127-133.
- [9] G.J.A.Speijers (1989) Integrated criteria document nitrate effects, Appendix to RIVM Report No. 75847301, Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM Report No. A758473012).
- [10] FAO/WHO (1996) Toxicological evaluation of certain food additives and contaminant, Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series No. 35).
- [11] World health organization (WHO) (2003) Amonia in drinking-water. Background documents for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.
- [12] World health organization (WHO) (2011) Nitrate and nitrite in drinking-water, Background documents for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.
- [13] L.Knobeloch, B.Salna, A.Hogan, J.Postle, H.Anderson (2000) Blue babies and nitrate-contaminated well water, Environmental Health Perspective, 108(7), 675-678.
- [14] M.A.Fan, E.V.Steinberg (1996) Health Implications of Nitrate and Nitrite in Drinking Water: An Update on Methemoglobinemia Occurrence and Reproductive and Developmental Toxicity. Regul. Toxicol. Pharmacol, 23, 35-43.
- [15] J.Jorga (2014) Higijena sa medicinskom ekologijom, Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- [16] B.Novaković, F.Jusupović (2014) Ishrana i zdravlje, Medicinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.
- [17] Službeni glasnik RS (2010,2012) Zakon o vodama, broj 30/10 i 93/12) (<http://www.sumeteo.info/wxwuhistory.php?ID=124000SU2&month=5&day=15&year=2014&units=M&mode=4>, 28.03.2017.)
- [18] Službeni list SRJ (1998) Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, broj 42, s. 4-10.
- [19] Službeni list SRJ (1999) Pravilnik o izmenama i dopunama Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće, broj 44, s. 19-20.
- [20] Službeni list SFRJ (1987) Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće, broj 33/87.
- [21] Službeni list SCG (2005) Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku vodu i stonu vodu, broj 53, s. 19-20.
- [22] D.Filipović, D.Obradović (2008) Kvalitet površinskih i podzemnih voda u Opštini Subotica, Glasnik Srpskog geografskog društva, Subotica.
- [23] Republički hidrometeorološki zavod Republike Srbije (2016) Mesečni agrometeorološki bilten za april 2016. godine, Beograd.
- [24] Republički hidrometeorološki zavod Republike Srbije (2015) Godišnji bilten za Srbiju 2014. godinu, Beograd.
- [25] Republički hidrometeorološki zavod Republike Srbije (2015) Mesečni bilten za Srbiju, maj 2015. godina, Beograd.

## ABSTRACT

### NITROGENOUS IONIC GROUPS AND COMPOUNDS PRESENT IN DRINKING WATER ON THE TERRITORY OF NORTH-BAČKA DISTRICT

*In the territory of North-Bačka administrative district examination of drinking water regarding nitrogenous ionic groups and compounds during the period from 2013 to 2015 show was a slight deviation of comparing to the allowed ones.*

*Statistical significance for the presence of ammonia in water samples was proven in samples taken from water supply of Subotica city. The lowest percentage of faulty samples was found in a year 2014 and the largest in a year 2015. Rural water supply of the Subotica city is characterized by minor differences observed in a time, with no statistical significance. However, comparing with the city water supply, the situation is much worse (in more than 40% of samples). Such a high percentage of faulty samples can be explained with existence of a huge number of non-organized water supplies in villages, as well as because of the using water from an insufficiently controlled private wells.*

*Regarding the faulty samples, the water supply of the Bačka Topola municipality has the level of ammonia above the permitted, with deviations and statistically significant difference. Unlike the water supply of the Bačka Topola municipality, which has the lowest number of faulty samples recorded in 2013, in the rural water supply the number of faulty samples was the biggest in 2013 and the lowest in 2014.*

*The territory of Mali Idjos municipality is characterized with a very small number of a faulty samples of drinking water regarding the presence of ammonia. For all three analyzed years, there were no major variations regarding faulty samples and no statistically significant differences.*

*Observed by municipalities, there is a statistically significant difference in the number of faulty samples for all three years. Climate situation and the amount of rainfall during the 2014 was unusual in the Subotica city, as also at the larger territory of the Republic of Serbia. Long-term average in rainfall was exceeded, resulting with the lowest concentration of ammonia in the city water supply. Also, the lowest percentage of exceeding the limit value of ammonia in drinking water was recorded in 2014, in the rural water supply of the Bačka Topola municipality.*

**Keywords:** *drinking water, North-Bačka area, nitrate, nitrite*

*Scientific paper*

*Paper received: 07. 06. 2017.*

*Paper corrected: 06. 07. 2017.*

*Paper accepted: 12. 07. 2017.*

*Paper is available on the website: [www.idk.org.rs/casopis](http://www.idk.org.rs/casopis)*