

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XIV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNIK RADOVA



ZLATIBOR
17-20. maj 2012. godine



XIV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Vladica Cvetković, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Nevena Savić, dipl. inž.
Marina Jovanović, dipl. inž.

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafik Centar

Na 123. sednici Nastavno-naučnog veća Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 24.05.2011.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd
556.3(082)

SRPSKI simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem (14 ; 2012 ; Zlatibor)
Zbornik radova XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem,
Zlatibor, 17-20. maj 2012. godine /
[organizator Rudarsko-geološki fakultet ... et al.]. - Beograd : #Univerzitet,
#Rudarsko-geološki fakultet, 2012 (Beograd : Grafik centar).
- [18], 642 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Tiraž 150. - Str. [7-8]:
Uvodna reč organizatora / Dejan Milenić, Zoran Stevanović. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-236-4

a) Hidrogeologija - Zbornici
COBISS.SR-ID 190619660

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Organizacioni sekretari:

Nevena Savić, dipl. inž.

Đuro Milanković, dipl. inž.

Članovi:

1. *Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.*
2. *Prof. dr Olivera Krunić, dipl. inž.*
3. *Dr Vladimir Beličević, dipl. inž.*
4. *Dr Milovan Rakijaš, dipl. inž.*
5. *Mihajlo Mandić, dipl. inž.*
6. *Zoran Danilović, dipl. inž.*
7. *Dragan Mitrović, dipl. inž.*
8. *Nenad Toholj, dipl. inž.*
9. *Vladan Kocić, dipl. inž.*
10. *Dejan Drašković, dipl. inž.*
11. *Ivan Đokić, dipl. inž.*
12. *Zorica Vukićević, dipl. inž.*
13. *Ivana Demić, dipl. inž.*
14. *Neda Dević, dipl. inž.*
15. *Uroš Urošević, dipl. inž.*
16. *Tibor Slimak, dipl. inž.*
17. *Dušan Đurić, dipl. inž.*
18. *Mihajlo Kurela, dipl. inž.*

NAUČNI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Članovi:

1. *Prof. dr Nenad Banjac, dipl. inž.*
2. *Prof. dr Adam Dangić, dipl. inž.*
3. *Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.*
4. *Prof. dr Budimir Filipović, dipl. inž.*
5. *Prof. dr Nadežda Dimitrijević, dipl. inž.*
6. *Prof. dr Borivoje Mijatović, dipl. inž.*
7. *Prof. dr Milan Dimkić, dipl. inž.*
8. *Prof. dr Mićko Radulović, dipl. inž.*
9. *Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.*
10. *Prof. dr Slobodan Vujasinović, dipl. inž.*
11. *Prof. dr Vojislav Tomić, dipl. inž.*
12. *Prof. dr Milojko Lazić, dipl. inž.*
13. *Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.*
14. *Prof. dr Ivan Matić, dipl. inž.*
15. *Prof. dr Mihailo Milivojević, dipl. inž.*
16. *Prof. dr Milenko Pušić, dipl. inž.*
17. *Prof. dr Petar Papić, dipl. hem.*
18. *Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.*
19. *Dr Milenko Vasiljević, dipl. inž.*
20. *Mr Milena Zlokolica Mandić, dipl. inž.*

REDAKCIONI ODBOR:

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Doc. dr Vesna Ristić-Vakanjac, dipl. inž.

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Doc. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

SPONZORI:

GENERALNI SPONZOR:

Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"

POKROVITELJ:

Opština Čajetina

SPONZORI:

SIEMENS d.o.o.

REHAU d.o.o.

GRAD ČAČAK

DONATORI:

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

„BeoGeoAqua“ d.o.o.

"HidroGeoEko Inženjering" d.o.o.

„Geo ing system“ d.o.o.

„Hidro-geo rad“ d.o.o.

„Geco-inženjering“ d.o.o.

Republički zavod za geološka istraživanja, Republika Srpska

„Zlatibor voda“

„Mašinoprojekt KOPRING“ a.d.

NITRATI U PODZEMNIM VODAMA SRBIJE NITRATES IN GROUNDWATER IN SERBIA

Maja Todorović¹, Marina Čuk¹

¹Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd:
E-mail: maja.todorovic87@gmail.com, marinacuk@ymail.com

APSTRAKT: Analizom podataka sa 100 izvorišta podzemnih voda izrađena je hidrohemijska karta koncentracije nitrata u podzemnim vodama u cilju upoznavanja kvaliteta voda sa aspekta ovog parametra. Maksimalno dozvoljena koncentracija ovog jona u vodi za piće iznosi 50 mg/L. Prirodnim procesima nastaju koncentracije nitrata u podzemnim vodama do 10 mg/L, dok vrednosti preko ove koncentracije najčešće reflektuju uticaj antropogenog faktora. Srednja vrednost koncentracije nitrata na osnovu obrađenih hemijskih analiza voda sa izvorišta iznosi 29,81 mg/L, pri čemu opseg koncentracija iznosi od 0 do preko 250 mg/L. Analizom rezultata došlo se do zaključka da vode iz izvorišta formiranih u neogenim sedimentima nisu opterećene nitratima. Ove podzemne vode su zahvaćene iz dubljih izdani koje su od prodiranja zagađujućih materija iz plićih delova terena zaštićene vodonepropusnim glinovitim naslagama. Vode iz karstnih izdani imaju zanemarljivo male koncentracije nitrata, dok su nitratima najopterećenije vode iz aluvijalnih izdani, pri čemu se kao najzagađenije izdvajaju vode izvorišta formiranih u aluvionu Velike Morave.

Ključne reči: nitrati, podzemne vode, kvalitet, Srbija

ABSTRACT: Based on analyzed data from 100 sources of groundwater, hydrochemical map was prepared to show nitrate concentrations in groundwater in order to understand water quality in terms of this parameter. The maximum permissible concentration of this ion in drinking water is 50 mg/L. Nitrate occurs naturally in groundwater, usually at concentrations up to 10 mg/L, whereas values over this concentration often reflect the influence of anthropogenic factors. The mean value of nitrate concentration, on the basis of chemical analysis of groundwater from the groundwater sources, is 29.81 mg/L, with a range of concentrations ranging from 0 to over 250 mg/L. By analyzing the results it was concluded that water from the Neogene sediments are not loaded with nitrates. These groundwaters from deeper aquifer are not affected by the penetration of pollutants from the shallower parts of the terrain, and are protected by impermeable clay layers. Water from the karst aquifer have negligible concentrations of nitrate, while waters most loaded with nitrates are from the alluvial aquifer, where as the most polluted groundwater sources are those formed in alluvial of Velika Morava river. Water from the karst aquifer in Belgrade, on the basis of analysis of 25 public water fountains and wells at several locations, contain different concentrations of nitrate, depending on the hydrogeological conditions and the large number of anthropogenic pollutants.

Key words: nitrates, groundwater, quality, Serbia

1. UVOD

Nitrati se prirodno pojavljuju kao deo azotnog ciklusa. Prisustvo ovog jona u podzemnim vodama ukazuje na potpunu oksidaciju jedinjenja koja sadrže azot. Nitrati nastali isključivo prirodnim putem, u prirodi se nalaze u zanemarljivo malim koncentracijama i kao takvi nemaju štetne efekte po zdravlje živih organizama. Kao prirodni proces infiltracije iz padavina i mineralizacije organskih supstanci u zemljištu, u podzemnim vodama nastaju koncentracije nitrata do 10 mg/l. Vrednosti nitrata preko ove granice najčešće reflektuju uticaj antropogenog faktora. Propisi iz oblasti kvaliteta vode za piće usvojili su graničnu vrednost od 50 mg/L kao maksimalno dozvoljenu koncentraciju nitrata u vodi za piće (Službeni list, SRJ, br. 42/98 i 44/99).

Kada je u pitanju zagađenje voda nitratima u Srbiji ključne izvore predstavljaju netretirane industrijske i komunalne otpadne vode, drenažne vode iz poljoprivrede, ocedne i procedne vode iz deponija, kao i zagađenja vezana za rad termoelektrana (Pregled stanja životne sredine, 2007). Prisustvo nitrata u podzemnim vodama može da ima negativne posledice po zdravlje ljudi. Negativno dejstvo nitrata predstavlja proces redukcije nitrata u nitrite, koji u visokim dozama izazivaju kardiovaskularne poremećaje, odnosno methemoglobinemiju u nižim dozama. Methemoglobinemija se odnosi na procese u kojima se hemoglobin oksiduje do methemoglobina. Kada nivo methemoglobina u krvi raste, nivo kiseonika opada.

Republika Srbija će u narednom periodu biti u obavezi da, u svoje propise iz oblasti životne sredine, implementira Direktivu EU 91/676/EC ("Nitratnu direktivu"). To je propis koji obavezuje državu da identifikuje vode ugrožene nitratnim zagađenjem i one koje u bliskoj budućnosti mogu biti ugrožene. Kriterijum je da koncentracija nitrata bude ispod 50 mg/L u podzemnim vodama. Poljoprivredni regioni koji doprinose ovakvom zagađenju u identifikovanim zagađenim/potencijalno zagađenim vodama moraju biti označeni kao ugrožene zone. U takvim zonama potrebno je usvojiti i primeniti specijalne mere, odnosno akcione programe i programe monitoringa, sa ciljem da se smanji koncentracija nitrata ispod propisanih vrednosti.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

U cilju definisanja kvaliteta podzemnih voda za javno snabdevanje na teritoriji Srbije sa aspekta prisustva nitrata uzeti su obrađeni podzemnih voda iz 100 izvorišta regionalnog i lokalnog značaja.

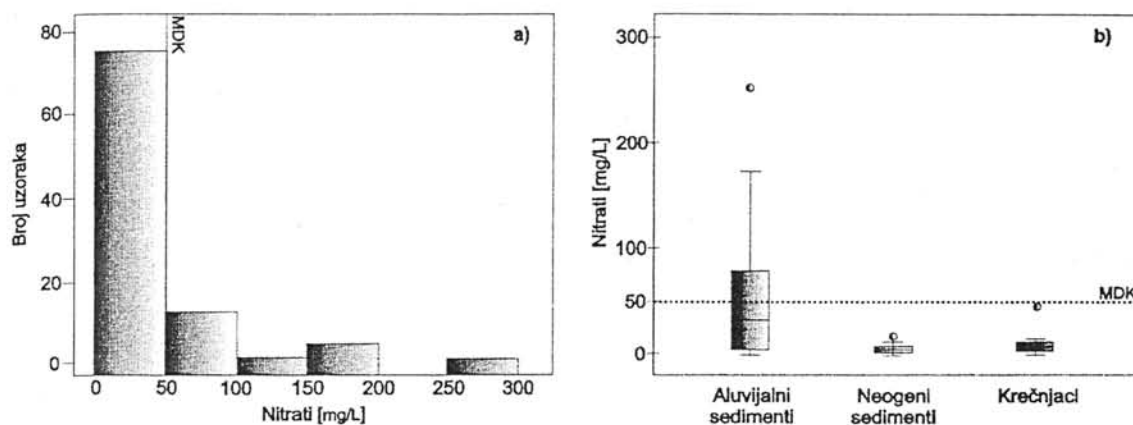
Najveći broj uzoraka je obrađen iz zbijenog i karstnog tipa izdani. Izvorišta formirana u okviru zbijenog tipa izdani uglavnom se vezuju za dve sredine: aluvijalne sedimente i neogene basene. Kvalitet podzemnih voda aluvijalnih izdani je pod direktnim uticajem površinskih rečnih voda, padavina kao i antropogenih aktivnosti. Izvorišta u neogenim naslagama su karakteristična po tome što su vodonosni slojevi formirani uglavnom u peskovitim horizontima koji se smenjuju sa slabo propusnim glinama, koje sprečavaju da zagađenje sa površine terena dođe do izdani. Vode karstnih izdani karakteriše dobar kvalitet, mala mineralizacija sa jedne strane i izuzetno nepovoljni uslovi zaštite od zagađivanja, sa druge strane.

Podaci su statistički obrađeni i grafički interpretirani u programu IBM SPSS 19.0. Rezultati su ukazali na veliki opseg koncentracija, pri čemu je srednja vrednost koncentracija nitrata za sva izvorišta ispod MDK od 50 mg/L nitrata u vodi za piće (Tabela 1). Na Slici 1a prikazan je histogram raspodele koncentracije nitrata u izvorištima i može se videti da najveći broj uzoraka ne prelazi MDK.

Tabela 1. Statistički parametri koncentracije nitrata u podzemnim vodama izvorišta za javno snabdevanje u Srbiji.
Table 1. Statistical parameters of nitrate concentrations in groundwater sources for public watersupply in Serbia.

	Broj uzoraka	Min	Max	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Nitrati	100	.00	253.30	29.81	48.68

Analizom ovih podataka po litološkim sredinama, ustanovljeno je da su vode u aluvionima znatno više opterećene nitratnim jonima u odnosu na vode iz neogenih naslaga i krečnjaka (Slika 1b). Zone prihranjivanja izdani formiranih u aluvionima su uglavnom pokrivene poljoprivrednim površinama i naseljima, a na javni kanalizacioni sistem priključeno je tek oko 40% domaćinstava na teritoriji Srbije odnosno samo 9 % seoskih domaćinstava (Nacionalni program, 2010).

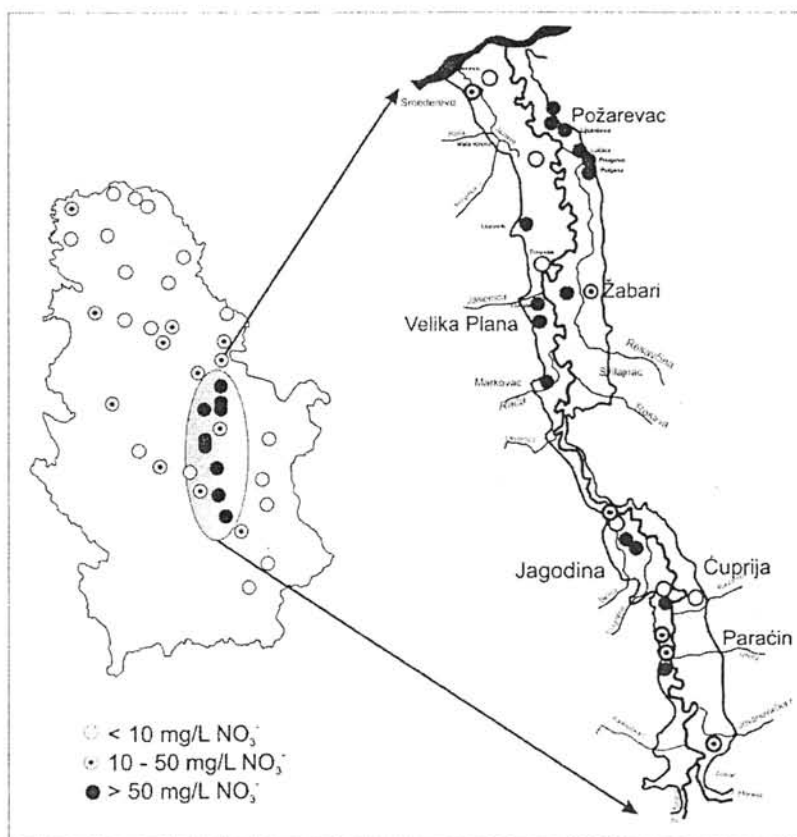


Slika 1. a) Histogram koncentracije nitrata u izvorištima za javno snabdevanje na teritoriji Srbije, b) koncentracije nitrata u podzemnim vodama (minimalne i maksimalne vrednosti sa medijanom) po tipovima izdani
Figure 1. a) Distribution of nitrate concentration in groundwater sources for public water supply in Serbia b) concentrations of nitrates in groundwater by aquifer type (minimum and maximum values of the median)

Interpretacijom raspoloživih podataka urađena je hidrohemijska karta koncentracije nitrata u podzemnim vodama za vodosnabdevanje (Slika 2). Pored intenzivne poljoprivredne aktivnosti, u podzemnim vodama izvorišta za vodosnabdevanje Vojvodine nisu registrovane značajne koncentracije nitrata zbog postojanja vodonepropusne glinovite povlate koja sprečava prodiranje zagađujućih materija sa površine terena (Slika 2).

Posmatrajući koncentracije iznad propisane vrednosti (50 mg/L) izdvaja se područje Velike Morave (Slika 2). Fizičko-hemijske analize uzoraka reke Velike Morave su pokazale da se koncentracije nitrata u vodama ove reke nalaze daleko ispod MDK (oko 10 mg/L) (Stojadinović V., 2006).

Na kvalitet podzemnih voda u oblasti aluviona Velike Morave negativno utiče primena đubriva u poljoprivredi, kao i ispuštanje otpadnih industrijskih i komunalnih voda u nadzidanski sloj ili u površinske tokove. Jedan od najvećih problema na ovom području je odsustvo kanalizacione mreže u seoskim naseljima, pa stanovništvo otpadne vode ispušta u primitivno izrađene septičke jame, ili napuštene bunare, čime je ostvarena direktna veza izdani sa kontaminiranim vodama.



Slika 2. Hidrohemijska karta koncentracije nitrata u podzemnim vodama izvorišta Srbije
Figure 2. Hydrochemical map of nitrate concentration in groundwater sources of Serbia

Značajno regionalno izvoriste u ovom delu Srbije je izvoriste "Ključ" koje se koristi za vodosnabdevanje grada Požarevca. Izvoriste je formirano u okviru aluvijalne izdani koja se prihranjuje iz pravca Velike Morave i iz pravca naseljenog zaleđa, koje nema regulisan kanalizacioni sistem, dok je šira okolina pokrivena poljoprivrednim zemljištem. Prosečna godišnja vrednost koncentracije nitrata u podzemnim vodama bunara ovog izvorista u 2011. godini dostigla je vrednost od 90 mg/L NO_3^- . Vrednosti nitrata izmerene u podzemnim vodama u blizini reke imaju znatno manje vrednosti (5-20 mg/L), zahvaljujući uticaju Velike Morave. U cilju određivanja dominantnog izvora kontaminacije i uticaja nitrata na kvalitet podzemnih voda izvorista "Ključ", sprovedeno je istraživanje bazirano na primeni metode izotopa. Primena dvojne izotopske metode, odnosa ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) i ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), identifikovala je dva glavna izvora zagađivanja: zemljišni organski azot, stajnjaci i kanalizacije. Uprkos poljoprivrednim aktivnostima, prisustvo nitrata iz ovog izvora je zanemarljivo (Miljević N. i dr, 2011).

Za analiziranje prisustva nitrata u podzemnim vodama karstnog tipa izdani i uticaja urbanizacije, uzeti su uzorci podzemnih voda iz tri bušena bunara (Ušće, Skadarlija i Botanička Bašta) i sa 25 kaptiranih izvora (javnih česmi) na teritoriji Beograda.

Koncentracije nitrata u podzemnim vodama sa lokalnosti Ušće, Skadarlija i Botanička Bašta se značajno razlikuju. Podzemne vode iz bunara na lokaciji Ušće imaju koncentraciju nitrata 45 mg/L NO_3^- , dok je u bunaru u Skadarliji utvrđena niska koncentracija nitrata (1 mg/L NO_3^-). Izdan je u tom delu zaštićena vodonepropusnom povlatom koja sprečava infiltraciju potencijalnih zagađujućih materija. U podzemnim vodama iz bunara u Botaničkoj bašti izmerena je koncentracija nitrata od 90 mg/L. Visokim koncentracijama nitrata na ovoj lokaciji značajno doprinosi prirodno raspadanje organskih materija (Petrović T., 2005).

Ispitivanja su pokazala da je 17 % od ukupnog broja uzoraka sa javnih česmi pokazalo fizičko-hemijsku neispravnost, čiji je najčešći uzrok povećana koncentracija nitrata i povišena elektroprovodljivost. Pored toga, u izvesnom broju uzoraka je registrovana povećana koncentracija nitrata, hlorida ili amonijum jona, što je obično praćeno mikrobiološkim zagađenjem. Povećana koncentracija nitrata u vodama pojedinih javnih česmi u prigradskim područjima koja su okružena poljoprivrednim zemljištem, može biti posledica nestručnog tretiranja zemljišta velikim količinama azotnih đubriva. Koncentracije nitrata jona su u proseku oko 45 mg/L u kalcijumskim vodama i oko 60 mg/L u hidrokarbonatno-hloridnim vodama (Kostić T., 2005).

3. ZAKLJUČAK

Nitrati su joni azota koja se prirodnim putem u podzemnim vodama nalaze u malim koncentracijama (do 10 mg/L). Veće koncentracije nastaju pod uticajem antropogenog faktora. Propisana maksimalno dozvoljena vrednost nitrata u vodi za piće iznosi 50 mg/L. Nitratnom Direktivom Republika Srbija će biti u obavezi da identifikuje zone sa koncentracijama nitrata preko 50 mg/L i da na njima primeni određene mere u cilju smanjivanja koncentracije nitrata ispod propisanih granica, kao i da uspostavi program monitoringa kvaliteta podzemnih voda.

Analizom 100 uzoraka podzemnih voda iz izvorista za javno snabdevanje vodom na teritoriji Srbije ustanovljeno je da su koncentracije nitrata najvećim delom u dozvoljenim granicama, pri čemu deo uzoraka prelazi maksimalno dozvoljenu koncentraciju od 50 mg/L. U najvećem broju slučajeva, nedozvoljene koncentracije nitrata konstatovane su u vodama aluvijalnih izdani. Posebno je ugrožen aluvion Velike Morave, gde se izdan prihranjuje iz naseljenog zaleđa gde nije regulisan kanalizacioni sistem. Podzemne vode izvorista "Ključ" su na račun tih zagađenih voda, dostigle koncentraciju nitrata od 90 mg/L u 2011. godini. U podzemnim vodama izvorista za vodosnabdevanje Vojvodine nisu registrovane značajne koncentracije nitrata iz razloga zahvatanja voda iz dubljih delova terena i postojanja glinovitih slojeva koji sprečavaju prodiranje zagađenja sa površine, gde je zastupljena intenzivna poljoprivredna aktivnost.

Vode karstnih izdani imaju zanemarljivo male koncentracije nitrata, a kao primer uticaja urbanizacije na kvalitet podzemnih voda karstnog tipa izdani obrađene su javne česme i bušeni bunari na području Beograda. Najčešći uzrok fizičko-hemijske neispravnosti voda su povećane koncentracije nitrata koje često pojavljuju sa povećanom elektroprovodljivošću. Na osnovu prikupljenih analiza podzemnih voda je ustanovljeno da vode iz bunara u Skadarliji imaju zanemarljivo male koncentracije nitrata zbog povoljnih hidrogeoloških uslova.

4. LITERATURA

- KOSTIĆ T., 2005: *Hidrogeološke i hidrohemijske karakteristike kaptiranih izvora Beograda*, Diplomski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- MILJEVIĆ N., BORELI-ZDRAVKOVIĆ Đ., OBRADOVIĆ V., GOLOBOČANIN D. AND MAYER B., 2011: *Evaluation of the origin of nitrate influencing of water source Ključ*, Serbia, IWA specialist groundwater conference, Proceedings, pp 387-392, Belgrade
- Nacionalni program zaštite životne sredine, 2010 (<http://www.ekoplan.gov.rs/src/upload-centar/dokumenti/razno/npzss.pdf>)
- PETROVIĆ T., 2005: *Hidrohemijske karakteristike podzemnih voda miocenskih krečnjaka centralnog dela Beograda*, Diplomski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće. s.l.: "Službeni list, SRJ", br. 42/98 i 44/99.
- Pregled stanja životne sredine: Republika Srbija, Drugi pregled, Ujedinjene Nacije, Njujork i Ženeva, 2007 (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/epr/epr_studies/native/Serbia%2011.pdf)
- STOJADINOVIĆ V., 2006: *Hidrogeologija aluviona Velike Morave sa aspekta kvaliteta i zaštite izdanih voda*, Diplomski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd