

**КВАЛИТЕТ ВОДЕ ЗА ПИЋЕ И САНИТАРНИ УСЛОВИ У МАЛИМ СИСТЕМИМА ЗА ВОДОСНАБДЕВАЊЕ СА ЦЕВИМА У РУРАЛНИМ ПОДРУЧЈИМА У СРБИЈИ: КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ИЗМЕЂУ ШИРИХ ПОДРУЧЈА**

Драгана Д. Јовановић,<sup>1</sup> Катарина Ж. Пауновић,<sup>2</sup> Катарина Спасовић,<sup>1</sup> Весна Караџић,<sup>1</sup> Сања Бијеловић,<sup>3</sup> Снежана Глигорјевић,<sup>4</sup> Ивана Ристановић-Поњавић,<sup>5</sup> Верица Јовановић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“

<sup>2</sup> Институт за хигијену и медицинску екологију, Медицински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

<sup>3</sup> Институт за јавно здравље Војводине, Нови Сад, Србија

<sup>4</sup> Институт за јавно здравље Ниш, Ниш, Србија

<sup>5</sup> Градски завод за јавно здравље Београд, Београд, Србија

**DRINKING-WATER QUALITY AND SANITARY CONDITIONS IN SMALL PIPED DRINKING WATER SUPPLY SYSTEMS IN RURAL AREAS IN SERBIA: COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN BROAD AREAS**

Dragana D. Jovanović,<sup>1</sup> Katarina Ž. Paunović,<sup>2</sup> Katarina Spasović,<sup>1</sup> Vesna Karadžić,<sup>1</sup> Sanja Bijelović,<sup>3</sup> Snežana Gligorijević,<sup>4</sup> Ivana Ristanoić-Ponjavić,<sup>5</sup> Verica Jovanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Public Health of Serbia, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup> Institute of Hygiene and Medical Ecology, Faculty of Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

<sup>3</sup> Institute of Public Health of Vojvodina, Novi Sad, Serbia

<sup>4</sup> Institute of Public Health of Niš, Niš, Serbia

<sup>5</sup> The City Institute for Public Health Belgrade, Belgrade, Serbia

**Сажетак**

Обезбеђивање услуге снабдевања водом путем малих водоводних система за водоснабдевање (МВСВ), у читавој Паневропској регији, суочено је са бројним изазовима. Ово је прва свеобухватна студија на националном нивоу која се бавила проценом квалитета воде за пиће и санитарно-хигијенским условима у Републици Србији. Истраживање је спроведено у руралним подручјима Републике Србије током 2016. године и засновано на методологији брзе процене Светске здравствене организације (СЗО). У сврху истраживања препозната су три Шира подручја (ШП) којима су обухваћена 26 округа на основу географских и социо-економских одлика: Војводина и седам придружених округа као ШП1, Западна Србија, Шумадија и Београд са девет придружених округа као ШП2 и Јужна и Источна Србија, Косовска Митровица и десет придружених округа као ШП3. Укупно је 1168 водоводних система обрађено, узорковано и анализирано присуство одређених микробиолошких и физичко-хемијских параметара у њима. Студија је приказала разлике у пропорцијама микробиолошких и појединачних физичко-хемијских карактеристика, као и санитарних оцена међу Ширим подручјима. Компаративном анализом малих водоводних система за снабдевање водом за пиће пронађена је статистички високо значајна разлика у квалитету воде за пиће и идентификовани су санитарни ризици међу посматраним подручјима.

**Кључне речи:** мали водоводни системи, квалитет воде за пиће, санитарна инспекција

**Abstract**

Provision of water supply service, through small-scale water supply systems (SSWS), is faced with many challenges in the entire pan-European region. This was the first comprehensive national study that assessed drinking water quality and sanitary conditions in Serbia. This national survey was undertaken in rural areas of the Republic of Serbia in 2016 and on the basis of the WHO rapid assessment methodology. For the purpose of this study, three Broad Areas (BA) covering 26 districts were created, based on geographical and socio-economic characteristics of the districts: Vojvodina with 7 districts as BA1, West Serbia, Šumadija and Belgrade with 9 districts as BA2 and South and East Serbia and Kosovska Mitrovica with 10 districts as BA3. A total of 1168 piped water supply systems were inspected, sampled and analysed for selected microbiological and physical-chemical parameters. This study summarized the differences in compliance rate for microbiological and each physical-chemical parameter and sanitary scores between Broad Areas. This comparative analysis of small piped drinking water supply systems showed notable, significant differences in drinking water quality and identified sanitary risks between the selected areas.

**Key words:** small water supply systems, drinking water quality, sanitary inspection

## Увод

Обезбеђивање услуге снабдевања водом путем малих водоводних система (МВС), у читавој Паневропској регији, суочено је са бројним изазовима [1]. МВС су сачињени од малих централизованих система и индивидуалних објеката за локално снабдевање водом и претежно обезбеђују водом руралне популације [2].

Приступ и адекватно снабдевање водом представља основно и неповредиво људско право [3], посредно препознато Уставом Републике Србије [4], у члану 74, као право на здраво окружење и правовремену и потпуну информисаност о стању животне средине.

Протокол о Води и здрављу ратификован је у Републици Србији током Конвенције о заштити и употреби прекограничног водотока и интернационалних језера (у даљем тексту: „Протокол”) 2013. године [5] и тиме је испуњена главна законска одредба успостављањем Националних циљева и циљних датума, у складу са Агендом за одрживи развој 2030, а нарочито циљевима под редним бројевима 3 и 6 [6].

Снабдевање водом за пиће и санитарне услуге су под надлежношћу бројних ауторитета, на различитим нивоима. Према Закону о комуналним услугама, локалне самоуправе имају право оснивања јавних водоводних и санитационих компанија/предузећа, док су саме компаније одговорне за пружање услуга у складу са националном регулативом наведених области.

Тренутно не постоји званична дефиниција малих водоводних система за водоснабдевање (МВСВ) у Србији, међутим класификација заснована на врсти објекта за водоснабдевање је у употреби. Сви јавни водоводи који снабдевају више од пет стамбених јединица или двадесет особа, школа, туристичких и других јавних објеката су у обавези да подносе извештаје о квалитету воде за пиће. Надзор над квалитетом воде за пиће у руралним регијама је саставни део Националног програма за заштиту становништва од заразних болести и Програма праћења квалитета воде за пиће у Србији. Он се спроводи посредством мреже института и завода за јавно здравље. Институт за јавно здравље Србије (ИЈЗС) је одговоран за координацију надзора над квалитетом воде за пиће и праћење целокупних активности које спровode национални институт и 24 окружна института и завода за јавно здравље.

Почетна анализа, Националне консултације на тему малих водоводних система за водоснабдевање и санитацију, као и учешће Србије у GLAAS (GLAAS – Global

## Introduction

Provision of water supply service, through small-scale water supply systems (SSWS), is faced with many challenges in the entire pan-European region [1]. These systems comprise small centralized systems and individual supplies, predominantly providing drinking water for rural population [2].

Access to an adequate water supply is a fundamental human right [3], which is implicitly recognized by the Constitution of the Republic of Serbia [4], in Article 74, as the right to a healthy environment and the right to be timely and fully informed about the status of the environment.

The Republic of Serbia ratified the Protocol on Water and Health to the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes (hereinafter “the Protocol”) in 2013 [5] and fulfilled its main provisions by setting the National targets and target dates, aligned with the 2030 Agenda for Sustainable Development, particularly with its goals 3 and 6 [6].

Provision of drinking water and sanitation services are under the jurisdiction/competency of many different authorities, at different levels. According to the Law on public utilities, local authorities are entitled to establish public water supply and sewerage companies/utilities, while those companies are obliged to perform their activities in accordance with national legislation in this field.

There is no official definition of small-scale water supply systems (SSWS) in Serbia at the moment; however, a classification based on the type of settlement is being used. Reporting of drinking water quality is mandatory for all public water supply facilities which supply water to more than five homes or more than twenty persons, schools, tourist and other public facilities. Drinking water quality monitoring in rural areas is an integral part of the National programme on the protection of the population against infectious diseases and the Monitoring programme on drinking water quality in Serbia. They are being conducted by the network of the institutes of public health. The Institute of Public Health of Serbia (IPHS) is responsible for the overall coordination of drinking water quality monitoring and supervision of activities of the 24 regional public health institutes and the institute in the capital.

The baseline analysis, the National consultation on small-scale water supply and sanitation and Serbia’s participation in the GLAAS reporting cycle for 2014 revealed and identified data and knowledge gaps that hinder a comprehensive understanding and systematic assessment of the

*Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water*) извештајном циклусу за 2014. годину указали су на недостатке знања који ограничавају свеобухватно сагледавање и системску процену стања малих водоводних система за водоснабдевање и санитацију руралних подручја, али и на начине ефикасног планирања и имплементације адекватних мера за унапређење овог стања на локалном и националном нивоу. Изазови у водоснабдевању руралних крајева Србије оправдавају потребу за бољим увидом у стање МВСВ на националном нивоу, укључујући и квалитет воде за пиће и водећих санитарних ризика.

Студија је спроведена као део пројекта „Брза процена квалитета воде за пиће у руралним подручјима Србије” са циљем брзе процене квалитета воде за пиће и услова санитације у малим водоводним системима за водоснабдевање у руралним регијама Србије.

## Методе

### Величина узорка

Ова студија националног карактера спроведена је у руралним подручјима Републике Србије током 2016. године и заснована на методологији брзе процене Светске здравствене организације (СЗО) [7].

Водоводни системи са цевима (ВСЦ) – чије дистрибутивне мреже снабдевају водом најмање 20 људи, према Правилнику о хигијенској исправности и квалитету воде за пиће – укључени су у истраживање [8].

Предвиђен број ВСЦ који је требало укључити у истраживање, као и број узетих узорака воде по округу за сваки од 26 обухваћених округа, израчунати су помоћу метода примарне и секундарне стратификације, заснованог на следећим подацима: броју домаћинстава у руралним регијама према подацима Пописа [9], проценту руралног становништва који се снабдева водом одговарајућом технологијом [10], Годишњем извештају о микробиолошкој неусаглашености МВСВ из 2014. године [11], и приказу о броју МВСВ у сваком округу обезбеђеном од стране надлежног института или завода за јавно здравље (И/ЗЈЗ). Израчунат број предвиђених ВСЦ био је 1,136, док је број потребних узорака воде износио 1,168.

У циљу процене броја система водоводних технологија чији квалитет воде превазилази национални стандард, употребљен је Годишњи извештај о микробиолошкој неусаглашености МВСВ из 2014. године [11]. Претпостављено је да би свеукупна неусаглашеност за ВСЦ

situation in small-scale water supply and sanitation systems in rural areas, as well as the effective planning and implementation of adequate improvement measures at national and local levels. The challenges in rural water supply in Serbia justified the need for gaining a better insight into the nation-wide situation in small-scale water supply systems, including drinking water quality and prevailing sanitary risks.

This survey was conducted within the project “Rapid Assessment of the drinking water quality in rural areas in the Republic of Serbia”, aiming at undertaking a rapid assessment of drinking water quality and sanitary conditions in the small scale water supplies in rural areas in Serbia.

## Methods

### Sample size calculation

This national survey was undertaken in rural areas of the Republic of Serbia in 2016 and on the basis of the WHO rapid assessment methodology [7].

Piped water supply systems (PS) were included in the study – consisting of a water source with a distribution network serving more than 20 people according to the Rulebook on Hygienic Correctness of Drinking-water Quality [8].

The number of piped systems to be included in the study and drinking water samples to be collected in each of the 26 district in Serbia was calculated by primary and secondary stratification method, based on the following data: the number of households in rural areas from the census data [9], the proportion of the rural population supplied by the selected water supply technologies [10], the annual report on microbiological non-compliance for SSWS in 2014 [11], and the inventories of the number of SSWS in each district obtained from the local institutes of public health (IPHs). The total number of piped systems to be inspected was calculated at 1,136 and total number of water samples to be collected at 1,168.

In order to estimate the proportion of selected water supply technologies with a water quality exceeding national standard, the annual report on microbiological non-compliance for SSWS in 2014 was used [11]. It was estimated that the overall microbiological non-compliance for piped systems could be as high as 30%. These estimations were used to calculate the proportion (P) of water supplies with water quality exceeding the national standard, which was equal to 0.3.

The piped systems to be visited by field teams were se-

могла да износи чак 30%. Ове претпоставке су искоришћене за израчунавање пропорције система водоснабдевања са квалитетом воде изнад националног стандарда, која је износила 0,3.

Избор водоводних система са цевима ради чије инспекције је требало послати теренске тимове одређен је насумично за сваки округ, заснован на приказу о броју ВСЦ обезбеђеном од стране надлежног института или завода за јавно здравље.

### **Дефиниција Ширих подручја**

Србија је статистички подељена на пет области од којих се свака састоји од одређеног броја округа, и то Војводине: 7 округа, Београда: 1 округ, Западне Србије и Шумадије: 8 округа, Јужне и Источне Србије: 9 округа, и Косова: 5 округа.

У сврху овог истраживања, на основу географских и социо-економских карактеристика, креирана су три Шира подручја (ШП) којима је обухваћено 26 округа: Војводина и 7 придружених округа као Шире подручје 1 (ШП1), Западна Србија, Шумадија и Београд са 9 придружених округа као Шире подручје 2 (ШП2) и Јужна и Источна Србија, Косовска Митровица и 10 придружених округа као Шире подручје 3 (ШП3).

### **Узорковање и анализа воде за пиће**

У сврху овог истраживања за једну зону водоснабдевања од стране МВСВ узета је зона којом се снабдева до 2500 потрошача, а препознат максимум потрошача за насеље руралне регије био је 10.000. Сви узорци воде прикупљени су из корисничке тачке дистрибутивне мреже у случају само једне зоне водоснабдевања, међутим уколико је број потрошача датог МВСВ премашивао 2500, додатни узорци скупљени су директно из каптаже МВСВ. Прикупљено је укупно 1168 узорка воде, пропорционално и према примарној и секундарној стратификацији 168 узорка из ШП1, 624 узорка из ШП2 и 376 узорка из ШП3.

Поступци узорковања, укључујући и мере предострожности, транспорта и руковања узорцима су спроведени у складу са Правилником о методама узорковања и лабораторијске анализе воде за пиће [12]. Узорци су транспортовани до и анализирани у акредитованим лабораторијама 23 локална И/ЗЈЗ, пратећи *SRPS ISO Standard 17025* [13]. Квалитет воде за пиће евалуиран је на основу одабраног микробиолошког индикатора квалитета (*Esherichia coli*, CFU/100 ml), физичко-хемијских параметара – амонијака (mg/L), нитрата (mg/L),

lected randomly for each district, based on the inventories of the available lists of PSs, obtained from each Institute of Public Health.

### **Definition of broad areas**

Serbia is divided into five statistical regions, each consisting of a certain number of districts, as follows: Vojvodina: 7 districts; Belgrade: 1 district; West Serbia and Šumadija: 8 districts; South and East Serbia: 9 districts; and Kosovo: 5 districts.

For the purposes of this study, three Broad Areas (BA) were created based on geographical and socio-economic characteristics of the districts, covering 26 districts in total: Vojvodina with 7 districts as the Broad Area 1 (BA1), West Serbia, Šumadija and Belgrade with 9 districts as the Broad Area 2 (BA2) and South and East Serbia and Kosovska Mitrovica with 10 districts as the Broad Area 3 (BA3).

### **Drinking water sampling and analysis**

For the purpose of the study, a supply zone of a small-scale piped system was defined as a zone that supplies up to 2,500 consumers, and the maximum size of the rural settlements was determined as 10,000 consumers. All water samples were collected from the point of use in case of a single supply zone; however, if the small-scale piped system served more than 2500 consumers, additional water samples were collected from the source of the SSWS. The total number of drinking water samples taken was 1,168, so that proportionally and in line with the primary and secondary stratification, 168 were taken in BA1, 624 in BA2 and 376 in BA3.

Sampling procedures, including precaution measures, transportation and handling of samples were performed in accordance with the Rulebook on sampling methods and methods for drinking water laboratory analysis [12]. Water samples were transported to and analyzed in the accredited laboratories of the 23 local IPHs, according to the *SRPS ISO Standard 17025* [13]. Drinking-water quality was evaluated on the basis of the selected microbiological indicator (*Esherichia coli*, CFU/100 ml), physical-chemical parameters – ammonia (mg/L), nitrates (mg/L), manganese (mg/L), arsenic (mg/L), residual chlorine (mg/L), pH value, as well as organoleptic parameters – temperature (°C), colour (Co-Pt scale), odour (descriptive), turbidity (NTU) and conductivity(μS/cm). All these parameters were assessed by standard methods.

мангана (mg/L), арсена (mg/L), резидуалног хлора (mg/L), рН вредности, као и органолептичких параметара – температуре (°C), боје (на Co-Pt скали), мириса (дескриптивно), замућености (NTU) и спроводљивости ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Сви наведени параметри испитани су стандардним методама.

### Санитарна инспекција

Процене санитарних ризика за све обухваћене технологије водоснабдевања су урађене коришћењем формулара за санитарну инспекцију, посебно прилагођених теренским условима [7]. Сваки формулар је у себи садржао комплет од десет питања за процену постојећег ризика од контаминације за сваки идентификовани извор (каптиран извор, бушени бунар са ручном или електричном пумпом, копани бунар са ручном или електричном пумпом, отворени копани бунар, копани бунар са витлом и делимичним поклопцем и површински водозахват) и дистрибутивну мрежу (на сва питања се одговарало са „да” или „не”). Питања су се односила на: ограђивање, присуство различитих извора загађења у околини извора, техничке и грађевинске карактеристике/недостатке и хлорисање. Сви потврдни одговори сабирани су у једну вредност (ранга од 0 до 10). Резултати санитарне инспекције указали су на релевантне факторе ризика од микробиолошке контаминације у зависности од врсте извора и начина водоснабдевања.

Микробиолошки подаци удружени су са вредностима санитарног ризика срачунатим током санитарне инспекције у тзв. „матрице ризика по здравље” [7]. Микробиолошки подаци (број *Escherichia coli* у 100 ml) категоризовани су као <1, 1–10, 11–100, и >100, док су вредности скорова санитарне инспекције (апсолутан број потврдних одговора) категоризовани као 0–2, 3–5, 6–8, и 9–10. Матрице дефинишу четири нивоа ризика (низак, средњи, висок и врло висок) контаминације воде у датом објекту за снабдевање водом [7].

### Статистичка анализа

Подаци су приказани као средња вредност, минимум и максимум за нумеричке континуиране варијабле, односно као апсолутни и релативни бројеви за категоријалне варијабле. Разлике у усклађености параметара квалитета воде између Ширих подручја испитане су помоћу  $\chi^2$  (хи-квадрат) теста. Статистичка анализа рађена је SPSS 15.0 програмским пакетом за софтвер Windows (SPSS Inc. 1989–2006). За статистички значајну узета је  $p$ -вредност мања од 0,05.

### Sanitary inspection

The sanitary risks were assessed for all selected water supply technologies using the sanitary inspection forms, specifically adjusted to the conditions in the field [7]. Each sanitary form contained a set of ten questions for the assessment of the existing water contamination risks for each identified type of water source (protected spring, borehole with hand or electric pumping, dug well with hand or electric pumping, open dug well, dug well with windlass and partial cover and surface water intake) and distribution networks (answered “yes” or “no”). Questions were related to: fencing, presence of different sources of pollution in the surrounding area, technical and construction characteristics/failures and chlorination. All positive answers were summed up in a single value (range 0 to 10). Results of sanitary inspections pointed to relevant risk factors for microbial pollution by the type of source and the type of water supply.

Microbiological data were combined with sanitary risk scores identified by sanitary inspection using a “risk-to-health matrix” [7]. Microbiological data (count of *Escherichia coli* per 100 ml) were categorized as <1, 1-10, 11-100, and >100, whereas sanitary inspection scores (number of positive answers) were categorized as 0-2, 3-5, 6-8, and 9-10. The matrices provided four levels of risk (low, intermediate, high and very high) of water contamination at a given water supply facility [7].

### Statistical analysis

Data are presented as Mean, Minimum and Maximum for continuous data, or as absolute and relative numbers for categorical data. The differences in compliance of water parameters between broad areas were tested using the Chi-square test. All analyses were performed using SPSS 15.0 for Windows software (SPSS Inc. 1989–2006). Probability level of 0.05 was accepted as statistically significant.

### Results

In the presented study, each water sample was tested for the number of colony-forming units (CFU) of *Escherichia coli* in 100 ml of water. The difference in proportions of microbiological compliance for *E. coli* between Broad Areas is statistically significant. The highest compliance for *E. coli* was observed in BA1 Vojvodina (about 90%), and the lowest in BA2 West Serbia and BA3 East Serbia (about 60%).

## Резултати

У приказаном истраживању, у сваком узорку воде испитано је присуство и број *Escherichia coli* јединица које формирају колоније (*Colony Forming Unit* — CFU) у 100 ml воде. Разлике у односу микробиолошке усклађености за *E. coli* између Ширих подручја биле су статистички значајне. Највиши степен усклађености са постојећом регулативом за *E. coli* забележен је у ШП1 Војводини (око 90%), док је најнижи био у ШП2 Западној Србији и ШП3 Источној Србији (око 60%).

**Табела 1.** Резиме усклађености са Националним стандардима за *E. coli* у водоводним системима са цевима у односу на Шире подручје

**Table 1.** Summary of compliance with the National Standard for *Escherichia coli* in Piped systems by Broad Areas

Параметар <i>Parameter</i>	N (%) усклађеност са националном регулативом <i>N (%) of compliance with the national legislation</i>			
	ШП1 Војводина <i>BA1 Vojvodina</i>	ШП2 Београд и Западна Србија <i>BA2 West Serbia and Belgrade</i>	ШП3 Источна Србија и Косовска Митровица <i>BA3 East Serbia and Kosovska Mitrovica</i>	Укупно <i>Total</i>
<b><i>Escherichia coli</i></b> <b>(CFU/100 ml)</b>	164 (97,6)	386 (61,9)	231 (61,4)	781 (66,9)*

\* статистички значајна разлика између ШП

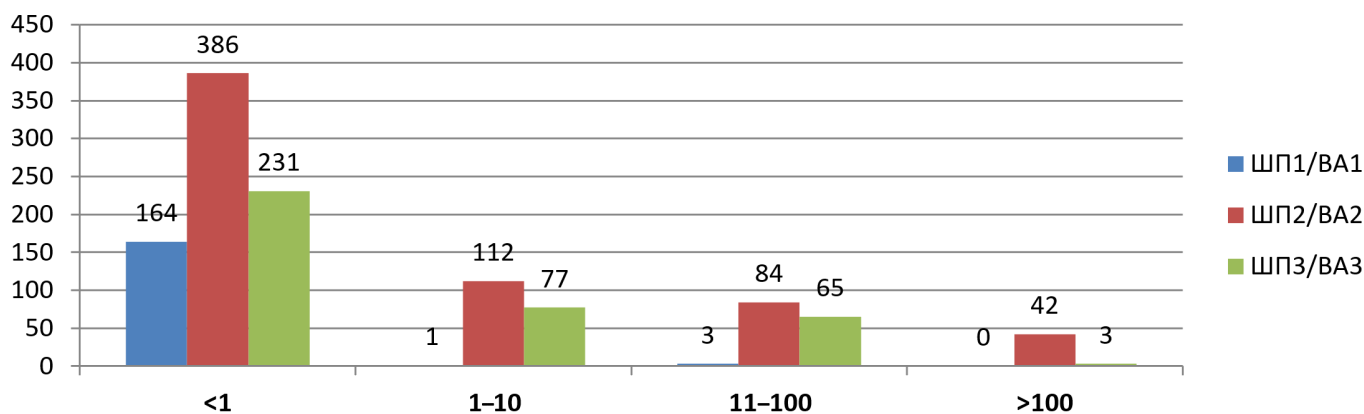
Legend: \* the difference in proportions between Broad Areas is statistically significant

Дистрибуција квантификованих вредности *E. coli* у Ширим подручјима је приказана у графикону 1. Највећи број узорка воде из сва три Шира подручја није садржао *E. coli*. Показало се да су узорци из ШП2 и ШП3 садржали више *E. coli*.

The distribution of *E. coli* counts by Broad Areas is shown in Figure 1. The majority of water samples in all three Broad areas contained no *E. coli*. Some samples from BA2 and BA3 were shown to contain high counts of *E. coli*.

**Графикон 1.** Дистрибуција водоводних система са цевима према квантификованим вредностима *E. coli* у Ширим подручјима

**Figure 1.** Distribution of *Escherichia coli* counts in Piped systems by Broad areas



Анализирани су следећи органолептички параметри: температура, боја, мирис и замућеност. Разлике у усклађености са регулативама за сваки од ових параметара (осим температуре воде) између Ширих по-

The following organoleptic parameters: temperature, colour, odour and turbidity were analysed. Table 2 summarizes the differences in compliance rate for each organoleptic parameter (except water temperature) between Broad Ar-

дручја сумиране су у табели 2. Разлика у усклађености за све параметре је била статистички значајна међу Ширим подручјима. Најнижи степен усклађености за боју, мирис и замућеност воде забележени су у ШП1, док је међу узорцима из ШП2 и ШП3 забележена усклађеност преко 90%.

**Табела 2.** Резиме усклађености са Националним стандардима за органолептичке параметре у водоводним системима са цевима у односу на Шире подручје

For all the parameters, the difference in compliance between Broad areas was statistically significant. The lowest compliance for water colour, odour, and turbidity was observed in BA1, whereas BA2 and BA3 showed more than 90% compliance for these parameters.

**Table 2.** Summary of compliance with National Standards for Organoleptic Parameters in Piped Systems by Broad Areas

Параметар <i>Parameter</i>	N (%) усклађеност са националном регулативом <i>N (%) of compliance with the national legislation</i>			
	ШП1 Војводина <i>BA1 Vojvodina</i>	ШП2 Београд и Западна Србија <i>BA2 West Serbia and Belgrade</i>	ШП3 Источна Србија и Косовска Митровица <i>BA3 East Serbia and Kosovska Mitrovica</i>	Укупно <i>Total</i>
<b>Боја (Co-Pt скала)</b> <i>Colour (Co-Pt scale)</i>	76 (45,2)	613 (98,2)	354 (94,1)	1043 (89,3)*
<b>Мирис (дескриптивно)</b> <i>Odour (descriptive)</i>	144 (85,7)	622 (99,7)	374 (99,5)	1140 (97,6)*
<b>Замућеност (NTU)</b> <i>Turbidity (NTU)</i>	148 (88,1)	596 (95,5)	360 (95,7)	1104 (94,5)*

\* статистички значајна разлика између ШП

Legend: \* the difference in compliance rate between Broad areas was statistically significant

У узорцима воде за пиће из ВСЦ у ШП1 квантификована боја воде је највећим делом износила више од 5 степени Co-Pt скале, док је у ШП2 и ШП3 била у распонима 1,01–2,5 и 2,51–5,0, редом.

Water colour exceeding 5 degrees on the Co-Pt scale was mostly determined in drinking-water samples from piped systems in BA1, while in BA2 and BA3, colour was mostly in the range of 1.01-2.5 and 2.51-5.0, respectively.

Дистрибуција замућености воде по Ширим подручјима показала је да је у највећем броју узорака из ШП2 и ШП3 измерена замућеност мања од 0,5 NTU, затим до 1 NTU (Национални стандард за урбане системе водоснабдевања), и до 5 NTU (Национални стандард за МВСВ).

Water turbidity distribution by Broad Areas showed that most samples in BA2 and BA3 had turbidity less than 0.5 NTU, followed by up to 1 NTU (National Standard for Urban Water Supply Systems), and up to 5 NTU (National Standard for Small-scale Supply Systems).

Највећи број прегледаних узорака воде за пиће из ВСЦ у свим подручјима (n=704) имао је замућеност мању или једнаку 0,5 NTU. Замућеност у опсегу 0,501–1,0 NTU је забележена у 223 узорка воде, док је 177 контролних узорака имало замућеност у опсегу 1,001–5,0 NTU. У 64 узорка воде за пиће измерена је замућеност преко 5 NTU, што је Национални стандард за МВСВ.

The majority of the inspected drinking water samples from PS in the whole area (n=704) had turbidity of less than or equal to 0.5 NTU. Turbidity in the range of 0.501-1.0 NTU was found in 223 drinking water samples, while 177 controlled samples had turbidity in the range of 1.001-5.0 NTU. In 64 drinking water samples turbidity was higher from 5 NTU, which is the National Standard for Small-scale Supply Systems.

Анализирани су следећи физичко-хемијски параметри: проводљивост, резидуални хлор, рН вредност, амонијак, нитрати, манган и арсен. Разлике у усклађености са регулативама за сваки од ових параметара између Ширих подручја сумиране су у табели 3. Разлика у усклађености за све параметре, изузев за резидуални хлор,

The following physical-chemical parameters: conductivity, residual chlorine, pH value, ammonia, nitrates, manganese, and arsenic were analysed. Table 3 summarizes the differences in compliance rate for each physical-chemical parameter between Broad Areas. For all the parameters except residual chlorine, the difference in compliance rate

била је статистички значајна међу Ширим подручјима. Најнижа усклађеност у проводљивости воде, присуству амонијака, мангана и арсена је забележена у ШП1, док је међу узорцима из ШП2 и ШП3 забележена усклађеност преко 90%. Најнижа усклађеност за присуство нитрата у води и рН вредност забележена је у ШП2 (око 90%), док је међу узорцима из ШП1 и ШП3 забележена усклађеност од преко 95% за ове параметре.

**Табела 3.** Резиме усклађености са Националним стандардима за физичко-хемијске параметре у водоводним системима са цевима у односу на Шире подручје

between Broad areas was statistically significant. The lowest compliance rate for water conductivity, ammonia, manganese and arsenic was observed in BA1, whereas BA2 and BA3 showed more than 90% compliance rate for these parameters. The lowest compliance rate for water nitrates and pH value was observed in BA2 (about 90%), whereas BA1 and BA3 showed the compliance rate for these parameters of more than 95%.

**Table 3.** Summary of compliance rate with National Standards for Physical-chemical Parameters in Piped Systems by Broad Areas

Параметар <i>Parameter</i>	N (%) усклађеност са националном регулативом <i>N (%) of compliance with the national legislation</i>			
	ШП1 Војводина <i>BA1 Vojvodina</i>	ШП2 Београд и Западна Србија <i>BA2 West Serbia and Belgrade</i>	ШП3 Источна Србија и Косовска Митровица <i>BA3 East Serbia and Kosovska Mitrovica</i>	Укупно <i>Total</i>
<b>Проводљивост (µS/cm)</b> <i>Conductivity (µS/cm)</i>	124 (73,8)	575 (92,1)	344 (91,5)	1043 (89,3)*
<b>Резидуални хлор (mg/l)</b> <i>Residual chlorine (mg/l)</i>	149 (98,7)	225 (99,6)	165 (100,0)	539 (99,4)
<b>рН вредност</b> <i>pH value</i>	168 (100,0)	572 (91,7)	370 (98,4)	1110 (95,0)*
<b>Амонијак (mg/l)</b> <i>Ammonia (mg/l)</i>	103 (61,3)	618 (99,0)	374 (99,5)	1095 (93,8)*
<b>Нитрати (mg/l)</b> <i>Nitrates (mg/l)</i>	166 (98,8)	572 (91,7)	355 (94,4)	1093 (93,6)*
<b>Манган (mg/l)</b> <i>Manganese (mg/l)</i>	108 (64,3)	617 (98,9)	374 (99,5)	1099 (94,1)*
<b>Арсен (mg/l)</b> <i>Arsenic (mg/l)</i>	97 (57,7)	611 (97,9)	373 (99,2)	1081 (92,6)*

\* статистички значајна разлика између ШП

Legend: \* the difference in compliance rate between Broad Areas is statistically significant

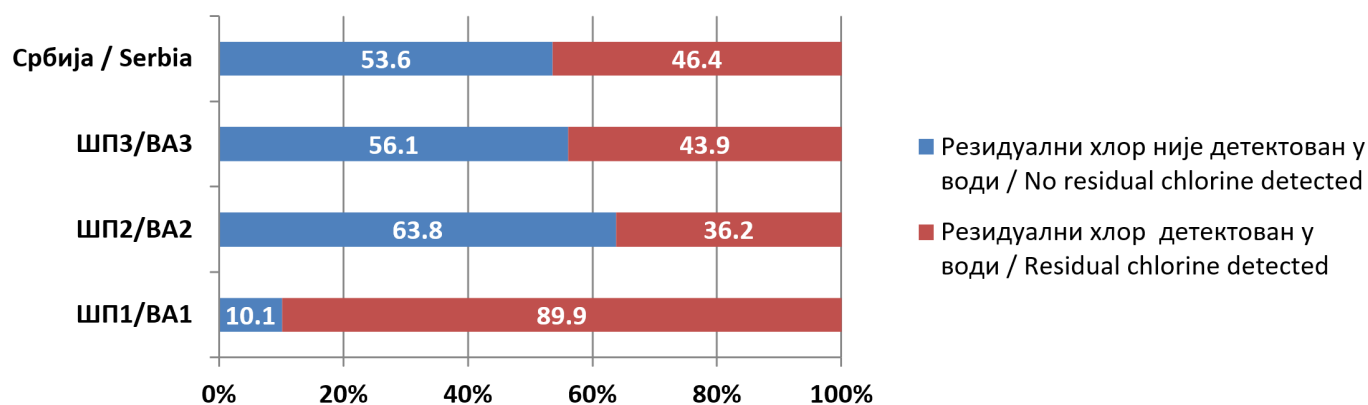
Однос расподела резидуалног хлора детектованог у узорцима воде из водоводних система са цевима у Србији у периоду спровођења истраживања по Ширим подручјима приказан је у графикону 2. У укупно 46,4% свих узорака воде детектовано је присуство резидуалног хлора. Разлика у пропорцијама узорака воде са детектованим резидуалним хлором међу Ширим подручјима је била статистички значајна. Наиме, у око 90% узорака воде из ШП1 је детектован резидуални хлор, у поређењу са само 43% таквих узорака из ШП2, односно 36% из ШП3.

The share of water samples with detectable residual chlorine in piped systems in Serbia at the time of the study by Broad Areas is shown in Figure 2. In total, 46.4% of all water samples had residual chlorine detected. The difference detectable residual chlorine between Broad Areas was statistically significant. For example, about 90% of water samples in BA1 had residual chlorine detected, in comparison to only 43% of samples in BA2, and 36% in BA3.



**Графикон 2.** Дистрибуција водоводних система са цевима у односу на детекцију резидуалног хлора у Ширым подручјима у Србији

**Figure 2.** Share of detectable residual chlorine in water samples in piped systems in Serbia at the time of the study by Broad Areas

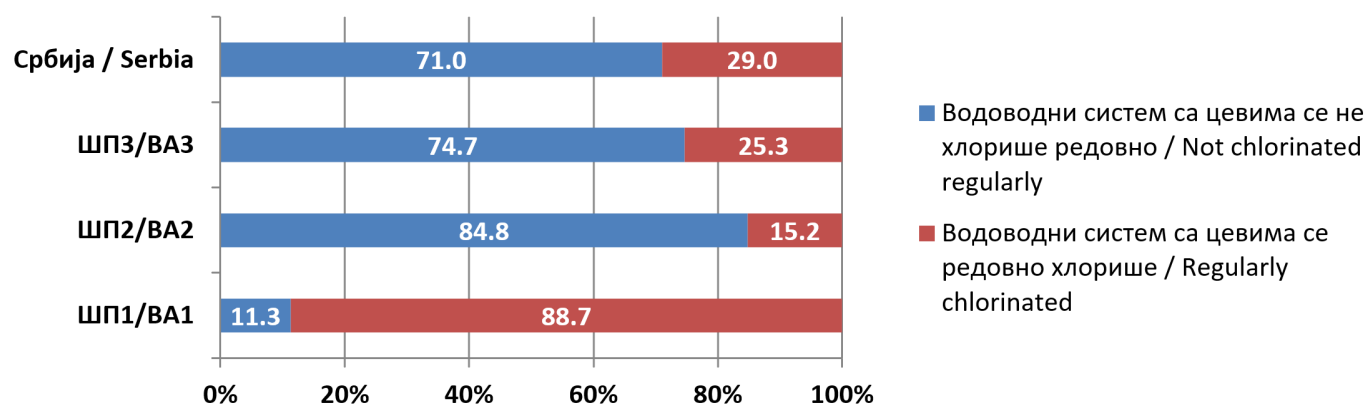


Дистрибуција редовно хлорисаних ВЦЦ у Србији по Ширым подручјима приказана је у графикону 3. Подаци су изведени из упитника за санитарну инспекцију. Разлика у дистрибуцији редовно хлорисаних ВЦЦ међу Ширым подручјима је била статистички значајна. У ШП1 за око 90% ВЦЦ је наведено да редовно подлежу хлорисању, у поређењу са 25% ВЦЦ у ШП2, односно са само 15% ВЦЦ у ШП3.

The proportion of regularly chlorinated piped systems in Serbia by Broad Areas is shown in Figure 3. This information was obtained from the sanitary inspection questionnaire. The difference in proportions of the regularly chlorinated piped systems between Broad Areas was statistically significant. In BA1, about 90% of piped systems reported being regularly chlorinated, in comparison to 25% of piped systems in BA2, and to only 15% of piped systems in BA3.

**Графикон 3.** Дистрибуција редовно хлорисаних водоводних система са цевима у Ширым подручјима у Србији

**Figure 3.** Proportion of regularly chlorinated piped systems in Serbia by Broad Areas



Дистрибуција водоводних система са цевима према категоријама концентрација арсена по Ширым подручјима приказана је у графикону 4. У свим Ширым подручјима у већини узорка воде измерене су концентрације арсена мање од 0,01 mg/l (Национални стандард). У 71 узорку из ШП1, 13 узорка из ШП2 и 3 узорка из ШП3 садржане су концентрације изнад референтних вредности. Прекорачење предвиђене граничне вредности за арсен која износи 0,01 mg/l забележено је у 87 (7,5%) узорка воде за пиће у ВЦЦ, и то највећим делом из ШП1 (у 69% од 87 узорка у којима је прекорачена вредност за арсен).

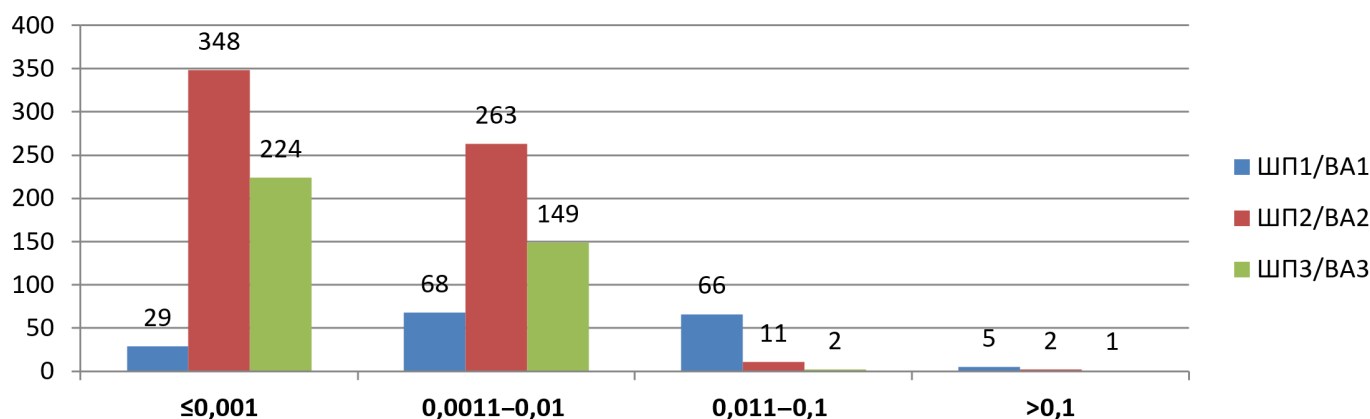
The distribution of arsenic concentrations by Broad Areas is shown in Figure 4. In all Broad Areas, most water samples had arsenic concentrations lower than 0.01 mg/l (National Standard). 71 water samples in BA1, 13 water samples in BA2 and 3 samples in BA3 contained arsenic concentrations above the reference value. The exceeding of proposed limit value for arsenic of 0.01 mg/l was found in 87 (7.5%) of all controlled drinking water samples from PS in BA, mostly in BA1 (69% of 87 controlled samples with exceeded arsenic concentration from BA).

Ако се узме у обзир укупан број испитиваних узорка воде за пиће у ВСЦ из ШП1, може се закључити да усклађеност за арсен изостаје у 42% узорака, и то углавном у Средњебанатском, Јужнобачком и Севернобачком округу. У ШП2 гранична вредност за арсен је била прекорачена у 13% узорака, већином у Рашком и Моравичком округу. У ШП3 концентрације арсена које су премашиле граничну вредност забележене су само у 3 узорка (0,8%), по једном из Косовско-митровачког, Нишавског и Пиротског округа.

If all controlled drinking water samples from PS in BA1 are considered, it can be concluded that arsenic is not in compliance in 42% samples, mostly in Central Banat, South Bačka and North Bačka District. In BA2, the limit value is exceeded in 13% of the water samples, mainly in Raška and Moravica District. In BA3, arsenic concentration exceeded the limited value only in 3 (0.8%) of all drinking water samples, one sample each in Kosovska Mitrovica, Nišava and Pirot District.

**Графикон 4.** Дистрибуција водоводних система са цевима према категоријама концентрација арсена по Ширим подручјима

**Figure 4.** Distribution of arsenic concentrations in piped systems by Broad Areas

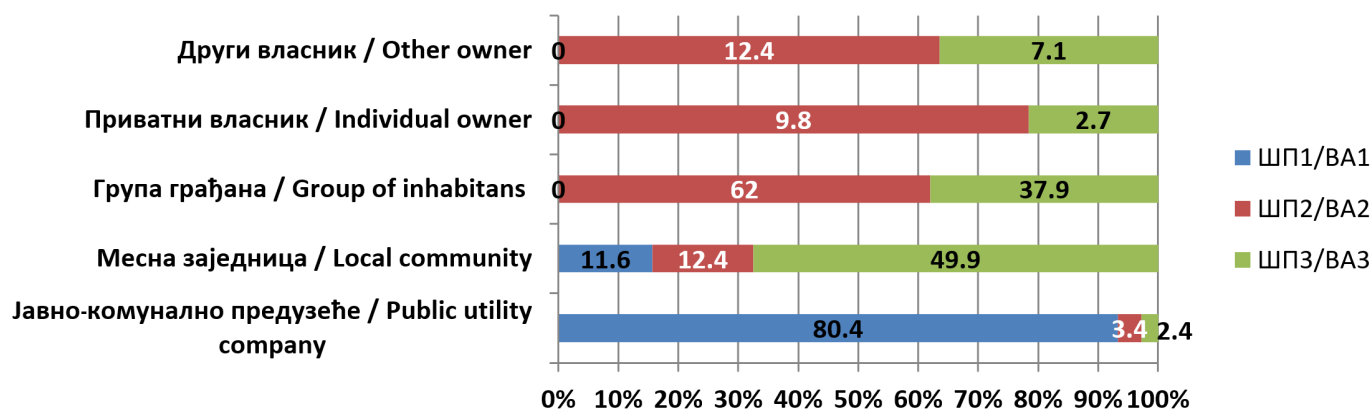


Графикон 5 представља однос власништва водоводних система са цевима. У ШП1 више од 80% ВСЦ су у власништву јавно-комуналних служби, које су једина правна лица власници ВСЦ. С друге стране, у ШП2 ВСЦ су претежно у власништву група становника, док су у ШП3 ВСЦ већински у власништву било група становника или локалних заједница. У ШП2 и ШП3 постојали су и ВСЦ у приватном или власништву других установа (школа, приватних фирми, итд). Међутим, ниједно од наведених власништва се не може сматрати правним лицем.

Figure 5 presents the ownership structure of piped systems. In BA1, more than 80% of the piped systems were owned by public utilities, which are the only legal entities that own piped systems. On the other hand, in BA2, owners of PS were predominantly groups of inhabitants, and in BA3 most owners were either groups of inhabitants or local communities. In BA2 and BA3 there were even some individuals owning piped systems, or other entities (schools, private companies etc.). Nevertheless, none of these owners can be regarded as legal entities.

**Графикон 5.** Дистрибуција водоводних система са цевима према власништву по Ширим подручјима

**Figure 5.** Proportion of owners of piped systems by Broad Areas



Према резултатима санитарне инспекције, у ШП1 је као главна врста извора воде преовладао бушени бунар са електричном пумпом (84,1%), док је у ШП2 и ШП3 то био каптиран/заштићен извор (68,2% и 88,8%, редом).

Водећи фактори ризика код каптираних/заштићених извора за ВСЦ били су незадовољавајући технички услови: одсуство ограда (73,2%), непостојеће или слабо функционалне диверзионе јаме (62,9%) и одсуство санитарних заштитних зона, услед чега животиње имају приступ извориштима за снабдевање водом (61,9%). За бушене бунаре са електричним пумпама то је било присуство других извора загађења у близини бушотине или пумпе (63,7%).

Водећи фактори ризика за водоводне системе са цевима – резервоаре и разводне мреже (PM1), односно само разводне мреже без резервоара (M1) били су: одсуство ограда око резервоара (65,0% – PM1), нехигијенски прилаз око резервоара (53,1% – PM1), незадовољавајући технички услови (74,4% – PM1; 60,8% – M1) (тј. да највећи део разводне мреже није био мењан у претходних 10 година), одсуство редовног хлорисања воде за пиће (78,0% – PM1; 61,9% – M1), двоструко водоснабдевање (62,0% – PM1; 49,3% – M1; домаћинства која су алтернативно повезана са неконтролисаним/небезбедним воденим извориштима/системима) и руковођење ВСЦ од стране неквалификованих лица (70,0% – M1).

У складу са методологијом брзе процене квалитета воде одређена је оцена санитарних ризика са свих локација узорковања, коришћењем упитника за санитарну инспекцију, и удружена са микробиолошким карактеристикама ради креирања матрице ризика по здравље.

Компаративни приказ матрице ризика по здравље за све врсте изворишта ВСЦ по Ширих подручјима је дат у табели 4. Разлика у заступљеностима четири категорије ризика између Ширих подручја је статистички значајна. У ШП1 55% изворишта ВСЦ припадало је категорији Средњег ризика, а само 15% њих категоријама Високог и Веома високог ризика. У ШП2 и ШП3 је, напротив, око 40% изворишта у склопу ВСЦ припадало категорији Средњег ризика, а око 30% њих је категоризовано као Високо ризично или Веома високо ризично.

According to sanitary inspection, the predominant type of water source in BA1 were drilled wells (boreholes) with electrical pumps (84.1%), while in the BA2 and BA3, protected springs were the most prevalent (68.2% and 88.8%, respectively).

The predominant risk factors for protected spring source as a water source for piped systems were: unsatisfactory technical conditions: absence of fences (73.2%), absence or non-functional diversion ditch above the spring (62.9%) and absence of sanitary protection zones, allowing animals access to water supply sources (61.9%). For borehole with electrical pumps, it was the presence of other sources of pollution near the borehole or the pumping mechanism (63.7%).





The predominant risk factors for piped supply systems – reservoir and distribution networks (RM1) and only distribution networks (M1) without reservoirs were: the absence of fence around the reservoir (65.0% - RM1), unsanitary area around the reservoir (53.1% - RM1), unsatisfactory technical conditions (74.4% - RM1; 60.8%-M1) (i.e. the largest part of the network has not been replaced during the last 10 years), absence of regular chlorination of drinking water (78.0% - RM1; 61.9% - M1), dual water supply (62.0% - RM1; 49.3% - M1; households which are alternatively connected to uncontrolled – unsafe water sources/systems) and the management of the piped system by the unqualified persons (70.0% - M1),

In line with the methodology of the rapid assessment of drinking water quality, all sampling locations were assessed for sanitary risks using the sanitary inspection forms, and combined with the microbiological characteristics to create the risk-to-health matrices.

A comparative risk-to-health matrix for all types of sources of piped systems by Broad Areas is presented in Table 4. The difference in the proportion of four risk categories between Broad Areas was statistically significant. In BA1, 55% of the sources of piped systems were classified into the intermediate risk category, and only 15% of sources as high or very high risk. Conversely, in BA2 and BA3, about 40% of the sources of piped systems were in the intermediate risk category, and about 30% of sources were categorized as high and very high risk.

**Табела 4.** Компаративни приказ матрице ризика по здравље за све врсте изворишта водоводних система са цевима по Ширим подручјима

**Table 4.** Comparative risk-to-health matrices at the sources of piped systems by Broad Areas





		Процент изворишта у склопу ВСЦ по Ширим подручјима <i>Proportion of sources of PS within Broad Areas</i>			
Ниво ризика <i>Risk level</i>		ШП1 Војводина <i>BA1 Vojvodina</i>	ШП2 Београд и Западна Србија <i>BA2 West Serbia and Belgrade</i>	ШП3 Источна Србија и Косовска Митровица <i>BA3 East Serbia and Kosovska Mitrovica</i>	Укупно <i>Total</i>
Низак ризик <i>Low risk</i>		28,6%	29,2%	27,1%	28,4%
Средњи ризик <i>Intermediate risk</i>		55,4%	38,9%	41,2%	42,0%
Висок ризик <i>High risk</i>		15,5%	22,9%	27,1%	23,2%
Веома висок ризик <i>Very high risk</i>		0,6%	9,0%	4,5%	6,3%

Компаративни приказ матрице ризика по здравље за све врсте мрежа ВСЦ по Ширим подручјима је дат у табели 5. Разлика у заступљеностима четири категорије ризика између Ширих подручја је статистички значајна. У ШП1 60% дистрибутивних мрежа у склопу ВСЦ припадало је категорији Ниског ризика, а само 5% категоријама Високог и Веома високог ризика. Насупрот томе, у ШП2 и ШП3 око 45% дистрибутивних мрежа ВСЦ припадало је категорији Средњег ризика, а око 30% њих је категоризовано као Високо ризично или Веома високо ризично.

A comparative risk-to-health matrix by the types of networks of piped systems between BAs is shown in Table 5. The difference in proportion of four risk categories between Broad Areas was statistically significant. In BA1 60% of the networks of piped systems were categorised as low risk, and only 5% of networks as high and very high risk. Conversely, in BA2 and BA3, about 45% of the networks of piped systems were in the intermediate risk category, and about 30% of networks were categorized as high and very high risk.

**Табела 5.** Компаративни приказ матрице ризика по здравље за све врсте мрежа водоводних система са цевима по Ширим подручјима

**Table 5.** Comparative risk-to-health matrices by the types of networks of piped systems by Broad Areas

		Процент мрежа у склопу ВСЦ по Ширим подручјима <i>Proportion of networks of PS within Broad Areas</i>			
Ниво ризика <i>Risk level</i>		ШП1 Војводина <i>BA1 Vojvodina</i>	ШП2 Београд и Западна Србија <i>BA2 West Serbia and Belgrade</i>	ШП3 Источна Србија и Косовска Митровица <i>BA3 East Serbia and Kosovska Mitrovica</i>	Укупно <i>Total</i>
Низак ризик <i>Low risk</i>		60,7%	16,8%	13,6%	22,1%
Средњи ризик <i>Intermediate risk</i>		33,9%	48,9%	45,7%	45,7%
Висок ризик <i>High risk</i>		4,8%	25,0%	33,2%	24,7%
Веома висок ризик <i>Very high risk</i>		0,6%	9,3%	7,4%	7,4%

## Дискусија

Ово је прва национална, свеобухватна студија која се бавила проценом квалитета воде за пиће и санитарних услова, спроведена на територији Србије. Методолошка новина било је креирање матрице ризика по здравље, срачунатих спајањем оцена микробиолошког квалитета вода са ризицима идентификованим приликом санитарне инспекције водоводних објеката. Помоћу ових матрица омогућено је рангирање објеката за водоснабдевање у руралним регијама у складу са степеном хитности руковођења таквим објектима, чиме је локалним самоуправама обезбеђен приказ листе приоритета путем којих би било могуће побољшати квалитет воде, размотрити захтеве за улагање у одабране објекте за водоснабдевање и обезбедити поступке којима би се посредно решио дати проблем.

Кроз сарадњу стручњака из области јавног здравља, локалних самоуправа и власника водоводних система од велике је важности започети поправку малих водоводних система за водоснабдевање, да би се решили проблеми идентификовани током санитарне инспекције као потенцијални разлози микробиолошке контаминације, и покренути систематичну дезинфекцију и праћење трагова резидуа дезинфицијенаса у води за пиће, што је пре могуће.

У Грузији је спроведено слично истраживање такође користећи методологију брзе процене [7]. Међутим, резултати ове две студије спроведене у руралним пределима нису лако упоредиви, услед неколико кључних разлика. Пре свега, обухват истраживања у Грузији био је ограничен на само два округа, док је овде представљено истраживање било националног карактера и укључило геолошке, географске, социо-економске и културолошке разлике међу испитаним подручјима. Такође, каптажне и технологије водоснабдевања у две наведене државе нису сасвим компарабилне. На пример, заступљеност копаних и бушених бунара са механичким пумпама је у Грузији била значајно већа него у Србији [14].

Осим тога, различите геолошке и геохемијске карактеристике земљишта одражавају се на избор параметара квалитета воде. Наиме, у Грузији су флуор, гвожђе и бакар одабрани за испитивање, док су у Србији приоритет имали арсен и манган. Упркос разликама, матрице ризика по здравље креиране према методолошким смерницама СЗО умањиле су постојеће разлике између земаља, спојивши исте елементе – оцене микробиолошког квалитета и резултате процене санитарног ризика. Уопштено, око 30% водоводних система са

## Discussion

This was the first comprehensive national study that assessed the drinking water quality and the sanitary conditions in Serbia. The novelty of the applied methodology was the creation of the risk-to-health matrices, computed by combining microbiological water quality with risks identified by the sanitary inspection of the water supply facilities. These matrices allow the ranking of water facilities in rural areas according to the degree of urgency of water supply facility management, enabling the local authorities to draw up a list of priorities to improve water quality, to assess the investment requirements of the selected water facilities and to provide intervention procedures for resolving the problems identified.

Through a cooperation between public health professionals, local authorities and the owners of water supply systems, it is of prime importance to start repairing the small-scale water supply systems, to resolve the problems identified by the sanitary inspections that may be the cause of microbial contamination, and to initiate systematic water disinfection and monitoring of disinfectant residues in drinking water as soon as possible.

Another survey was conducted in Georgia using the same rapid assessment methodology [7]. However, the results of the two studies conducted in rural areas cannot be compared easily, due to several diverging characteristics. First of all, the coverage of the Georgian survey was limited to two districts only, whereas the presented study was nation-wide, comprising geological, geographical, socio-economic and cultural differences between regions. In addition, water catchment and supply technologies in the two countries may not be totally comparable. For example, dug wells and boreholes with mechanical pumping were more prevalent in Georgia than in Serbia [14].

Furthermore, different geological and geochemical characteristics of the territories reflected on the selection of different water quality parameters. In Georgia, for example, fluoride, iron and copper were selected for testing, whereas in Serbia, arsenic and manganese were prioritized. Despite the differences, the risk-to-health matrices created according to the WHO methodology decrease the diversities between countries, combining the same elements – microbiological quality and sanitary risk scores. In general, around 30% of piped systems in Serbia, and 24% of water supply technologies in two districts in Georgia require high priority, urgent measures for the improvements of water supply and for the reduction of health risk to the rural population consuming the drinking water.

цевима у Србији и 24% технологија за водоснабдевање унутар два округа у Грузији су захтевали висок приоритет и ургентне мере побољшања квалитета система за водоснабдевање и смањења здравственог ризика у руралним популацијама – корисницима те воде за пиће.

Водећи проблем у испитаним водоводним системима је бактериолошка контаминација воде, вероватно фекалног порекла [15]. Измерен број *E. coli* је варирао од нула до више од две хиљаде на 100 милилитара воде. Вода за пиће из око једне трећине узетих узорака из водоводних система са цевима није усклађена са националним стандардима микробиолошког квалитета. Познато је да је *Escherichia coli* бактерија хуманог и животињског фекалног порекла и да може да изазове озбиљне поремећаје здравља, попут гастроинтестиналних симптома и дијареалног синдрома у великим популационим групама у кратком временском периоду. Имајући у виду озбиљност ризика који микробиолошко загађење воде за пиће носи по људско здравље [16], потребна је хитна дезинфекција у овим објектима за водоснабдевање [17].

Тестирање на *E. coli* је погодно за идентификацију фекалног загађења широм целог система за водоснабдевање, од изворишта, преко поступака за пречишћавање и разводне мреже, све до потрошача. Међутим, бактерије индикатори фекалног загађења представљају ретроспективну анализу ризика пре него проактивни индикатор безбедности воде за пиће, из разлога што је микробиолошким тестовима потребно извесно време за идентификацију и квантификацију, док је узоркована вода и даље у употреби. Затим, јединствени индикатор или параметар није увек индикативан осталим значајним микробиолошким параметрима и не обезбеђује довољну количину информација о систему за водоснабдевање. Чак и у случају *E. coli* пријављивано је одсуство избијања хидричних епидемија. Зато се не треба ослонити само на резултате анализе воде за пиће, већ их допунити подацима добијеним из санитарне инспекције, што ће омогућити јавноздравственим самоуправама да предвиде могуће ризичне догађаје у читавом систему за водоснабдевање [18].

Естетски неприхватљива вода за пиће у Републици Србији најчешће је повезана са повишеним концентрацијама хемијских елемената који не представљају ризик за здравље људи, попут амонијака, мангана и гвожђа. У условима у којима вода за пиће није прихватљиве боје, мириса или укуса, потрошачи налазе друге изворе естетски прихватљиве воде за пиће која је, нажалост, углавном микробиолошки контаминирана.

The main problem in the investigated water supply systems is bacteriological contamination of water, probably of faecal origin [15]. The count of *E. coli* ranges from zero to more than two thousand per 100 ml of water. Water from about one third of drinking water samples from piped systems did not comply with national guidelines in terms of microbiological quality. It is known that *Escherichia coli* originates from human and animal feces and can cause serious health problems such as gastro-intestinal symptoms and diarrhoea in large populations in a short period of time. Given the seriousness of the risk to human health due to microbiological pollution of drinking water [16], urgent water disinfection is required in these water supply facilities [17].

*E. coli* testing is suitable for the identification of faecal contamination throughout the water supply system, from the source, through treatment and distribution, to the consumer. However, faecal indicator bacteria analysis represents a retrospective hazard analysis rather than a proactive indicator of water safety, because microbiological tests require some time for the identification and count of bacteria, and the water has already been consumed in the meantime. Second, a single indicator or parameter is not always informative for other important microbial parameters, and does not provide sufficient information about the water supply system. Even in cases of *E. coli* absence, outbreaks of water-borne diseases have been reported. That is why we should not rely only on the results of drinking-water analysis, but supplement this analysis with sanitary inspection data, which helps public health authorities understand and predict possible hazardous events in the entire water supply system [18].

The cases of organoleptically unacceptable drinking water in the Republic of Serbia are often connected with increased concentration of chemical elements which are not hazardous for human health, like ammonia, manganese and iron. In conditions where drinking water is not acceptable in appearance, taste and odour, consumers tend to use other drinking water sources with organoleptically acceptable drinking water, but unfortunately, these are often microbiologically contaminated.

Disinfection is of unquestionable importance in the supply of safe drinking water, especially in terms of ensuring microbiological quality and reducing the health risk in the population arising from the use of microbiologically contaminated drinking water. Successful disinfection results in a concentration of residual chlorine in drinking water 0.5 mg/l after 30 minutes of using the chlorine preparation, according to the Serbian standard [12] and the WHO recommendations [15]. In small-scale supply systems in Serbia,

Дезинфекција је од немерљивог значаја у снабдевању водом безбедном за пиће, нарочито при успостављању микробиолошког квалитета и умањивању здравственог ризика унутар популације коришћењем микробиолошки контаминираних воде за пиће. Резултат успешне дезинфекције подразумева концентрације резидуалног хлора у води за пиће које не надилазе 0,5 mg/l након 30 минута употребе препарата хлора према српском стандарду [12] и препорукама СЗО [15]. У малим водоводним системима у Србији, нарочито у Војводини, употреба препарата хлора је ограничена високим концентрацијама органских једињења која улазе у природни састав воде са различитих изворишта, највише подземних вода. Проблем хлорисања извора воде за пиће у Војводини је препознатљив и у чињеници да се вода за пиће не прерађује пре дезинфекције, тако да је ризик од настанка нуспроизвода дезинфекције и повишених концентрација амонијака, нитрата и нитрита тим већи.

Арсен и неорганска једињења која гради су сврстани у Групу 1 карциногена за људе од стране Међународне агенције за истраживање рака (*International Agency for Research on Cancer* – IARC). Унос арсена и неорганских једињења са арсеном је у снажној корелацији са карциномом плућа, бубрега и простате [19]. Према подацима из 2014. године, грађани ЕУ су превасходно изложени арсену из житарица (пшеница, пиринч), житних производа (пшенични хлеб), млека, млечних производа и воде за пиће. Арсен је познат извор опасности у води за пиће, посебно у Војводини [20, 21].

Санитарна инспекција водоводних система је од кључног значаја за процену безбедности воде за пиће и ризике њеном сталном добром квалитету од изворишта до slavina. Према прегледу постојеће литературе и синтези закључака, *Kelly et al.* [18] истичу да постоји неколико механизма којима би санитарна инспекција могла да допринесе унапређењу квалитета воде за пиће, конкретно: управљајући поправним поступцима, приоритизацијом проблема на којима се може радити увођењем оператера и програма спољне подршке, препознавањем програмских проблема и доприносом истраживању. Сврха санитарне инспекције била би да употпуни анализу квалитета воде за пиће и да се сједињавањем њених резултата кроз матриксе ризика дође до оних водоводних система којима су неопходне хитне мере унапређења квалитета воде.

## Закључци

Закључно, ова компаративна анализа малих водоводних система са цевима показала је високозначајне ра-

especially in Vojvodina, the use of chlorine preparation is limited by the high concentration of organic compounds naturally found in the drinking water sources, mostly groundwater. The problem of drinking water chlorination in Vojvodina is exacerbated by the fact that drinking water is not treated before disinfection, so the risk of forming disinfection by-products and increasing the concentration of ammonia, nitrates and nitrites is high.

Arsenic and its inorganic compounds are classified as Group 1 carcinogenic to humans by the International Agency for Research on Cancer (IARC). The intake of arsenic and inorganic arsenic compounds strongly correlate to lung, urinary bladder and skin cancers, and show a positive correlation with liver, kidney and prostate cancers [19]. According to 2014 data, EU citizens are dominantly exposed to arsenic from cereals (wheat, rice), cereals products (wheat bread), milk and milk products and drinking water. Arsenic is a well-known hazard in drinking water in Serbia, especially in Vojvodina [20, 21].

Sanitary inspection of water supply systems is of critical importance for assessing the safety of drinking water and the risks to the assurance of its quality from source to tap. According to a literature review and synthesis of findings, Kelly et al. [18] highlighted that there were several mechanisms how sanitary inspections could contribute to improving water safety, concretely through guiding remedial action, prioritizing issues to be improved by operators and external support programs, identifying programmatic issues, and contributing to research. The purpose of the sanitary inspection is to complement drinking water quality analysis and, by combining their results through a risk matrix, point to those water systems that needs urgent improvement actions.

## Conclusions

In conclusion, this comparative analysis of small piped drinking water supply systems showed pronounced differences of drinking water quality and identified sanitary risks between BA1 Vojvodina and the other two Broad Areas, BA2 West Serbia and Belgrade and BA3 East Serbia and Kosovska Mitrovica. Analysis of the piped systems identified the following challenges: a) the highest health concern regarding microbiological contamination was observed in BA2 and BA3; b) the highest health concern regarding physical-chemical water quality was observed in BA1 particularly for arsenic; c) the most prevalent identified sanitary risks for PS in BA1 were the access by animals and other sources of pollution too close to water sources, while the absence of regular water chlorination and the absence of fences around the water sources was predominant in

зликe у квалитету воде за пиће и препознатим санитарним ризицима између ШП1 Војводине и преостала два Ши́ра подручја, ШП2 Западне Србије и ШП3 Источне Србије са Косовском Митровицом, и то да је: а) микробиолошка контаминација као највећа брига за здравље примећена у ШП2 и ШП3; б) физичко-хемијска угроженост квалитета воде за пиће као највећа брига за здравље примећена у ШП1, конкретно концентрације арсена; в) најзаступљенији идентификован санитарни ризик за ВСЦ у ШП1 био приступ животиња и других загађивача изворишту, док су то били нередовно хлорисање и одсуство ограда око изворишта у ШП2 и ШП3; г) хлорисање воде спорно у ШП2 и ШП3; д) запажена санитарно-хигијенска ситуација, укључујући микробиолошки квалитет воде за пиће, највише погођена непрофесионалним руковођењем малим ВСЦ или одсуством руковођења уопште; њ) компаративна анализа матрице ризика по здравље по Ширим подручјима показала високо статистички значајне разлике између изворишта и разводних мрежа у склопу ВСЦ по ШП.

Развој акционог плана како на националном тако и на локалном нивоу је кључан да би се побољшало стање малих система за водоснабдевање у руралним регијама. Обраду воде за пиће (нпр. уклањање арсена, хлорисање) би требало обезбедити у свим малим системима за водоснабдевање, уз надзор технолошког поступка и обавезну дезинфекцију. Такође, санитарне заштитне зоне би требало успоставити око малих система за водоснабдевање у руралним регијама. Капацитете за управљање и одржавање малих водоводних система би требало надоградити повећањем броја стручних лица запослених у њима и редовним унапређењем њихових знања и вештина.

### **Захвалност**

Аутори су захвални теренским тимовима и координаторима из мреже института и завода за јавно здравље Републике Србије.

### **Финансирање**

Истраживање је финансирано од стране Регионалне канцеларије за Европу СЗО и Рачуна за развој и напредак Уједињених нација под покрићем двогодишњег Споразума о сарадњи између Министарства здравља Србије и Регионалне канцеларије за Европу СЗО.

BA2 and BA3; d) water chlorination was of great concern in BA2 and BA3; e) observed sanitary-hygienic situation, including microbiological drinking water quality, was mostly affected by either non-professional management of small PS or its absence; f) comparative analysis of risk-to health matrices by Broad areas revealed highly statistically significant differences for both sources and distribution networks of the piped systems by Broad Areas.

It is crucial to develop an action plan at national and local levels for the improvement of the situation in small-scale water supply systems in rural areas. Drinking water treatment should be ensured in small-scale water supply systems (e.g arsenic removal, chlorination) with monitoring of the technological process, as well as disinfection. In addition, water protection zones should be established in small water supply systems in rural areas. The capacities for operation and maintenance of small-scale water supply systems should be built by increasing the number of specialists working in water supply systems and enhancing their knowledge and skills on a regular basis.

### **Acknowledgement**

The authors are grateful to all field teams and coordinators from the network of the Institute of Public Health of Serbia.

### **Funding**

The research was financially supported by the WHO Regional Office for Europe and the United Nations Development Account under the auspices of a Biennial Collaborative Agreement between the Ministry of Health of Serbia and WHO Regional Office for Europe.



## Литература / References

1. World Health Organization. Taking policy action to improve small-scale water supply and sanitation systems: Tools and good practices from the pan-European Region (Rickert B, Barrenberg E, Schmoll O, editors). WHO Regional Office for Europe. 2016
2. Rickert B, Samwel M, Shinee E, Kozisek F, Schmoll O. Status of small-scale water supplies in the WHO European Region: Results of a survey conducted under the Protocol on Water and Health. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2016.
3. The Constitution of the Republic of Serbia. Official Gazette RS 98/2006. In Serbian
4. UN General Assembly. The human right to water and sanitation: resolution / adopted by the General Assembly, 3 August 2010, A/RES/64/292 (<http://www.refworld.org/docid/4cc926b02.html>, accessed 23 December 2016).
5. The Law on the confirmation of the Protocol on Water And Health to the 1992 Convention on the protection and use of transboundary watercourses and international lakes and the Amendments on articles 25 and 26 of the Convention on the protection and use of transboundary watercourses and international lakes. Official Gazette RS, 01/2013. In Serbian
6. UN General Assembly, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 21 October 2015, A/RES/70/1 (<http://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>, accessed 23 December 2016).
7. World Health Organization. Rapid assessment of drinking-water quality: a handbook for implementation. Geneva: World Health Organization. 2012.
8. Official Journal SRJ, No. 42/1998 (in Serbian). Rulebook on hygienic correctness of drinking-water quality. 1998.
9. Statistical Office of the Republic of Serbia. 2011 Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Serbia. Population. Households according to the number of members. Data by settlements. Belgrade. 2013.
10. Statistical Office of the Republic of Serbia and UNICEF. Water and sanitation. In: 2014 Serbia Multiple Indicator Cluster Survey and 2014 Serbia Roma Settlements Multiple Indicator Cluster Survey, Key Findings. Belgrade. 2014.
11. Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanović Batut". Report on the implementation of the Programme for the Protection of Population from Communicable Diseases for Hygiene in 2014. Belgrade (in Serbian). 2015.
12. Official Journal SRJ, No. 42/1998 (in Serbian). Rulebook on hygienic correctness of drinking-water quality. 1998.
13. EN ISO/IEC 17025:2005. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
14. Gabriadze N, Juruli M, Rickert B, Schmoll O, Shinee E, Aertgeerts R et al. Situation assessment of small-scale water supply systems in the Dusheti and Marneuli districts of Georgia. Dessau, Germany: Umweltbundesamt; 2012 (<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/kleine-wasserversorgungen-in-georgien-0>, accessed 16 September 2016). 2016.
15. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition. World Health Organization, Geneva, 2011.
16. Prüss-Ustün, A. et al. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health* 2014; 19 (8): 894-905. <https://doi.org/10.1111/tmi.12329>.
17. Charles KJ, Nowicki S, Bartram JK. A framework for monitoring the safety of water services: from measurements to security. *NPJ Clean Water* 2020; 3(1): 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-00083-1>
18. Kelly ER, Cronk R, Kumpel E, Howard G, Bartram J. How we assess water safety: A critical review of sanitary inspection and water quality analysis. *Science of the Total Environment* 2020; 718, 137237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137237>

19. Abernathy CO, Liu Y-P, Longfellow D, Aposhian HV, Beck B, Fowler B, Goyer R, Menzer R, Rossman T, Thompson C, Waalkes M. Arsenic: health effects, mechanisms of actions, and research issues. *Environ. Health. Perspect.* 1999; 107(7): 593–597. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107593>
20. Jovanović D, Jakovljević B, Rašić-Milutinović Z, Paunović K, Peković G, Knezević T. Arsenic occurrence in drinking water supply systems in ten municipalities in Vojvodina region, Serbia. *Environ Res*, 2011; 111(2):315-8. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.11.014>
21. Jovanovic D, Paunovic K, Manojlovic D, Jakovljevic B, Rasic-Milutinovic Z, Dojcinovic B. Arsenic in drinking water and acute coronary syndrome in Zrenjanin municipality, Serbia. *Environ Res*, 2012; 117:75-82. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.04.016>



### Кореспонденција / Correspondence

Драгана Д. Јовановић - Dragana D. Jovanović  
[dragana\\_jovanovic@batut.org.rs](mailto:dragana_jovanovic@batut.org.rs)