

## ПРОЦЕНА МИКРОБИОЛОШКОГ КВАЛИТЕТА ВОДЕ ЗА ПИЋЕ И САНИТАРНО-ХИГИЈЕНСКИХ УСЛОВА У СЕОСКИМ ОСНОВНИМ ШКОЛАМА МАЧВАНСКОГ ОКРУГА, СРБИЈА

Маријана Срећковић,<sup>1,2,3</sup> Наташа Чапо,<sup>3,4</sup> Тихомир Дуганџија,<sup>3,5</sup> Бранко Вујковић,<sup>2</sup>  
Игор Драгичевић,<sup>2</sup> Бојан Дамњановић,<sup>1</sup> Јелена Ђекић Малбаша<sup>3,6</sup><sup>1</sup>Академија струковних студија Шабац, Шабац, Србија<sup>2</sup>Завод за јавно здравље Шабац, Шабац, Србија<sup>3</sup>Универзитет у Новом Саду, Медицински факултет, Нови Сад, Србија<sup>4</sup>Пастеров институт у Новом Саду, Нови Сад, Србија<sup>5</sup>Институт за онкологију Војводине, Сремска Каменица, Србија<sup>6</sup>Институт за плућне болести Војводине, Сремска Каменица, Србија

## ASSESSMENT OF MICROBIOLOGICAL QUALITY OF DRINKING WATER AND SANITARY-HYGIENIC CONDITIONS IN RURAL PRIMARY SCHOOLS OF THE MAČVA DISTRICT, SERBIA

Marijana Srećković,<sup>1,2,3</sup> Nataša Čapo,<sup>3,4</sup> Tihomir Dugandžija,<sup>3,5</sup> Branko Vujković,<sup>2</sup>  
Igor Dragičević,<sup>2</sup> Bojan Damjanović,<sup>1</sup> Jelena Đekić Malbaša<sup>3,6</sup><sup>1</sup> Academy of Applied Studies Šabac, Šabac, Serbia<sup>2</sup> Institute of Public Health of Sabac, Šabac, Serbia<sup>3</sup> University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Novi Sad, Serbia<sup>4</sup> Pasteur Institute Novi Sad, Novi Sad, Serbia<sup>5</sup> Oncology Institute of Vojvodina, Sremska Kamenica, Serbia<sup>6</sup> Institute for Pulmonary Diseases of Vojvodina, Sremska Kamenica, Serbia

## Сажетак

Обезбеђивање приступа сигурним и контролисаним услугама воде за пиће, санитације и хигијене у сеоским школама је кључно за смањење здравствених ризика и стварање здравог окружења за учење. Ова студија процењује стање санитарно-хигијенских услова и микробиолошки квалитет воде за пиће, са фокусом на контаминацију *E. coli*, у сеоским основним школама са сопственим бунарима за водоснабдевање на територији Мачванског округа. Ретроспективна студија анализираше податке Завода за јавно здравље (ЗЈЗ) Шабац о микробиолошком квалитету воде за пиће и санитарно-хигијенским условима у сеоским основним школама Мачванског округа у периоду од 2012. до 2024. године. Узорци воде су узорковани и тестирани на присуство *E. coli* према ISO стандардима ISO 5667-1:2023, ISO 5667-3:2018, ISO 19458 и ISO 9308-1:2014, а подаци о санитарно-хигијенским условима прикупљени су путем инспекцијског надзора и упитника. Примењене су дескриптивна статистика, моделовање линеарног тренда, Пирсонова корелација и регресиона анализа. Студија је забележила значајно смањење присуства *E. coli* у бунарима сеоских основних школа, преполовивши проценат са 45,9% у 2012. на 20,5% у 2021. години. Санитарно-хигијенски услови у објектима су показали побољшања, као што је повећан приступ централизованом водоснабдевању и санитарним системима, са порастом школа опремљених санитарним објектима са 79,9% у 2014. на 90,5% у 2023. години. Пронађена је снажна негативна корелација ( $r = -0,91$ ,  $p = 0,001$ ) између побољшаних санитарних услова и смањења присуства *E. coli*. Наша студија наглашава значај унапређења санитарних објеката и повећања приступа централизованом водоснабдевању како би се смањила контаминација *E. coli* у сеоским основним школама.

**Кључне речи:** школа, санитација, водоснабдевање, безбедност воде

## Abstract

Ensuring access to safely managed drinking water, sanitation, and hygiene services in rural schools is crucial for reducing health risks and creating a healthy learning environment. This study assesses the state of sanitary-hygienic conditions and the microbiological quality of drinking water, focusing on *E. coli* contamination, in rural primary schools relying on the individual well and located in the Mačva District. This retrospective study analysed data from the Institute of Public Health of Šabac on the microbiological quality of drinking water and sanitary-hygienic conditions in rural primary schools in the Mačva District, covering 12 years, from 2012 to 2024. Water samples were sampled and tested for the presence of *E. coli* according to ISO 5667-1:2023, ISO 5667-3:2018, ISO 19458 and ISO 9308-1:2014 standards, and data on sanitary-hygienic conditions were collected through field sanitary inspections and questionnaires. Descriptive statistics, linear trend modelling, Pearson correlation, and regression analysis were applied. The study recorded a significant decrease in the presence of *E. coli* in the wells of rural primary schools, halving the percentage from 45.9% in 2012 to 20.5% in 2021. Sanitary-hygienic facilities showed improvements, such as increased access to centralised water supply and sanitation systems, with a rise in schools equipped with sanitary facilities from 79.9% in 2014 to 90.5% in 2023. A strong negative correlation ( $r = -0.91$ ,  $p = 0.001$ ) was found between improved sanitary-hygienic conditions and the reduction of *E. coli* presence. Our study highlights the importance of improving sanitary facilities and increasing access to centralised water supply to reduce *E. coli* contamination in rural primary schools.

**Keywords:** school, sanitation, water supply, water safety

## Увод

Према Заједничком програму праћења СЗО/Уницеф (JMP, енгл. *Joint Monitoring Programme*), којим се прати напредовање у области водоснабдевања, санитације и хигијене од 1990. године, у извештају из 2023. године је објављено да у 2022. години 27% светске популације (2,2 милијарде људи) није имало приступ води за пиће којом се управља на безбедан начин, 43% (3,5 милијарде људи) није имало приступ санитацији којом се управља на безбедан начин и 25% (2,0 милијарди људи) није имало приступ санитарним објектима за хигијену руку са сапуном и водом [1]. Овај извештај такође наглашава хитну потребу за глобалним поступцима усмереним ка унапређењу менструалног здравља и хигијене у школама, како би се осигурало да свака ученица може достојанствено, безбедно и поуздано да се побрине за своју менструацију. Истиче се да 1 од 5 деце (447 милиона) нема обезбеђене основне услуге водоснабдевања у школи, 1 од 5 (427 милиона) нема основне услуге санитације, а 1 од 3 (646 милиона) нема приступ основним хигијенским услугама [2].

Требало би да школе, посебно у руралним областима, обезбеде здраво окружење за учење, тако што ће обезбедити исправну воду, одговарајуће објекте за потребе тоалета и хигијене руку, као и делотворне системе за одлагање отпада, истовремено промовишући хигијенске праксе. Без ових мера може доћи до пораста болести као што су дијареја и инфекције глистама, што негативно утиче на похађање школе и академски учинак ученика [3]. Руралне школе се често ослањају на локалне или сопствене изворе воде, где је праћење здравствене исправности воде за пиће ограничено. Обезбеђивање здравствено исправне воде за пиће у овим школама је од кључног значаја за здравље деце, те је подизање свести заједнице и спровођење континуалног праћења здравствене исправности веома важно [4, 5].

Микробиолошка контаминација воде за пиће и неодговарајући санитарни услови представљају значајне здравствене ризике, посебно у руралним областима где је приступ здравствено исправној води и санитацији често ограничен. Истраживања показују да лоши услови водоснабдевања и санитације могу да доведу до ширења заразних болести, посебно међу децом школског узраста [6, 7]. У Европској унији и широм света стално се улажу напори да се унапреде санитарно-хигијенски услови у школама како би се смањиле стопе појаве болести које се преносе водом и побољшали хигијенски стандарди [8, 9].

## Introduction

According to the WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP), which has tracked progress on water, sanitation, and hygiene since 1990, the 2023 update reported that in 2022, 27% of the global population (2.2 billion people) lacked safely managed drinking water, 43% (3.5 billion people) lacked safely managed sanitation, and 25% (2.0 billion people) did not have access to handsanitary-hygienic conditioning facilities with soap and water [1]. The report also underscores the urgent need for global action to improve menstrual health and hygiene in schools, ensuring that every schoolgirl can manage her menstruation with dignity, safety, and confidence. It highlights that 1 in 5 children (447 million) lack basic drinking water services at their school, 1 in 5 (427 million) lack basic sanitation services, and 1 in 3 (646 million) do not have access to basic hygiene services [2].

Schools, particularly in rural areas, should ensure a healthy learning environment by providing safe water, adequate toilet and hand-sanitary-hygienic conditioning facilities, and effective waste disposal systems while promoting hygiene practices. Without these measures, illnesses such as diarrhea and helminth infections can increase, negatively impacting students' attendance and academic performance [3]. Rural schools often rely on local or their own water sources, where monitoring of drinking water quality is limited. Ensuring safe drinking water in these schools is crucial for children's health, making it important for raising community awareness and enforcing continuous quality monitoring [4, 5].

Microbiological contamination of drinking water and inadequate sanitary conditions present significant health risks, especially in rural areas where access to safe water and sanitation services is often limited. Research shows that poor water supply and sanitation conditions can lead to the spread of infectious diseases, particularly among school-age children [6, 7]. In the European Union and worldwide, efforts are continuously made to improve sanitary-hygienic conditions in schools to reduce waterborne disease rates and enhance hygiene standards [8, 9].

Rural schools are particularly vulnerable, often lacking centralised water supply systems and having poor sanitary facilities [10]. In Serbia, microbiologically contaminated water in rural schools is a significant public health issue. Recent studies indicate a high prevalence of *Escherichia coli* (*E. coli*) and other pathogenic bacteria in school water supplies in these regions [5]. Although some improvements have been achieved in the past decade, the level of sanitary-hygienic conditions in schools still does not meet

Руралне школе су посебно осетљиве, јер им често недостају централизовани системи водоснабдевања, а санитарни објекти су им лошег квалитета [10]. У Србији, микробиолошки контаминирана вода у руралним школама представља значајан јавноздравствени проблем. Недавне студије су указале на високу преваленцију *Escherichia coli* (*E. coli*) и других патогених бактерија у школским системима за водоснабдевање у овим регионима [5]. Иако су у протеклој деценији уведена нека побољшања, ниво санитарно-хигијенских услова у школама и даље не испуњава препоруке СЗО [11].

Интервенције за унапређење школских санитарно-хигијенских услова су довеле до смањења ентеричних обољења међу ученицима у којима су примењене, у поређењу са школама у којима није било таквих интервенција. Унапређење санитарних услова у школама кроз интервенције као што су повезивање на централизован систем за водоснабдевање и хигијенско васпитање могу значајно да смање здравствене ризике код деце [10, 12, 13]. Сопствени извори водоснабдевања на бази подземних вода у земљама са ниским и средњим приходима су подложнији фекалној контаминацији у поређењу са централизованим системима за водоснабдевање, чиме се наглашава потреба за циљане интервенције у области политика како би се осигурала здравствено исправна вода за пиће у складу са циљем одрживог развоја 6.1 [14, 15].

Ово истраживање је намењено оцењивању микробиолошког квалитета воде за пиће са посебним освртом на контаминацију *E. coli*, у системима за водоснабдевање руралних школа. Такође је намера да се оцени стање и квалитет санитарно-хигијенских услова у овим школама, идентификују кључни проблеми и оцене мере предузете да се ови услови унапреде, у складу са међународним стандардима за санитарно-хигијенске услове у школама, како би се унапредило здравље и добро стање ученика.

## Материјал и методе

Ово истраживање представља ретроперспективну анализу података од 2012. до 2021. године, са освртом на микробиолошки квалитет воде, конкретније контаминацију *E. coli*, у системима за водоснабдевање руралних школа. Такође се оцењује стање и квалитет санитарно-хигијенских објеката у овим школама, идентификују кључни проблеми и испитују мере уведене како би се услови унапредили, уз придржавање међународних стандарда за санитарно-хигијенске услове у школама.

- Узорковање и прикупљање података: Подаци о прису-

WHO recommendations [11].

Improvements in school sanitary-hygienic conditions interventions have recorded reduced enteric diseases among students where interventions have been applied, compared to schools without interventions. Enhancing sanitary conditions in schools through interventions such as the connection to the centralised water supply systems and hygiene education can significantly reduce health risks for children [10, 12, 13]. Self-supply groundwater sources in low- and middle-income countries are more vulnerable to fecal contamination compared to centralised water supplies, underscoring the need for targeted policy interventions to ensure safe drinking water in line with Sustainable Development Goal 6.1 [14, 15].

This study aims to evaluate the microbiological quality of drinking water, with a specific focus on *E. coli* contamination, in rural school water supply facilities. It also aims to assess the condition and quality of sanitary-hygienic conditions in these schools, identify key problems, and evaluate the measures taken to improve these conditions, following international standards for sanitary-hygienic conditions in schools, to enhance student health and well-being.

## Material and methods

This study presents a retrospective analysis of data from 2012 to 2021, focusing on the microbiological quality of water, specifically *E. coli* contamination, in the water supply systems of rural schools. It also evaluates the status and quality of sanitary-hygienic facilities in these schools, identifies key issues, and examines measures implemented to improve conditions, adhering to international standards for sanitary-hygienic conditions in schools.

- Sampling and Data Collection: Data on the presence of *E. coli* in drinking water were collected from analytical reports by the Institute of Public Health (IPH) of Šabac. Over the period from 2012 to 2021, water samples were taken quarterly from the water supply systems of a total of 109 rural primary schools in the Mačva District. Sampling was conducted annually from taps inside the schools that were used for drinking water, following standards ISO 5667-1:2023, ISO 5667-3:2018, and ISO 19458.

- Microbiological Water Quality: Microbiological analysis of water included testing the presence of *E. coli*, according to methods recommended by national and international standards (ISO 9308-1:2014) [16]. The drinking water samples were analysed in the Institute of Public Health Šabac. Data analysis was directed to assess the frequency of *E. coli* contamination in different time intervals in rural

ству *E. coli* у води за пиће прикупљени су из аналитичких извештаја Завода за јавно здравље (ЗЈЗ) Шабац. У периоду од 2012. до 2021. године, узорци воде су прикупљани на свака три месеца из система за водоснабдевање у 109 руралних основних школи у Мачванском округу. Узорци су узимани једном годишње из славина унутар школа које су коришћене за воду за пиће, у складу са ISO стандардима 5667-1:2023, ISO 5667-3:2018 и ISO 19458.

- Микробиолошки квалитет воде: Микробиолошка анализа воде је обухватила тестирање за присуство *E. coli* у складу са методама које препоручују национални и међународни стандарди (ISO 9308-1:2014) [16]. Узорци воде за пиће су анализирани у Заводу за јавно здравље Шабац. Анализа података је усмерена ка процени учесталости контаминације *E. coli* у различитим временским интервалима у руралним основним школама.

- Оцењивање санитарно-хигијенских услова: Санитарно-хигијенски услови у основним школама у Мачванском округу су анализирани на основу извештаја Центра за хигијену и медицинску екологију ЗЈЗ Шабац од 2014. до 2023. године. Подаци су прикупљени директним инспекцијама школских санитарних објеката и кроз упитнике о хигијенско-санитарном надзору. Упитници су оцењивали да ли услови у објектима испуњавају потребне стандарде (да/не/делимично) и који је тип водоснабдевања (централно водоснабдевање/локално водоснабдевање/локални извор). Такође се испитивао метод одлагања чврстог отпада (хигијенски/нехигијенски) и течног отпада (комунална канализација/септичка јама). Уз то, оцењивано је и присуство санитарних објеката и објеката за прање руку (да/не), као и постојање школског дворишта (да/не). Услови у учионицама су категорисани као хигијенски или нехигијенски (хигијенски/нехигијенски). Прикупљане су и информације о присуству сале за физичко васпитање (да/не) и о томе да ли она испуњава стандарде (испуњава/не испуњава стандарде). Упитник је даље обухватао детаље о присуству школске кухиње (да/не) и о томе да ли она испуњава стандарде (испуњава стандарде/не испуњава стандарде). Коначно, бележен је тип грејања у школи (централно/локално). На основу одговора, општи хигијенски услови у свакој од школа су оцењивани или као задовољавајући, или као незадовољавајући.

Подаци су анализирани помоћу дескриптивне статистике, моделовања линеарног тренда, Пирсонове корелације и регресионе анализе како би се оценио статус и квалитет санитарних и хигијенских објеката, као и присуство *E. coli* у води за пиће.

primary schools.

- Evaluation of Sanitary and Hygiene Conditions: The sanitary-hygiene conditions in primary schools in the Mačva District were analyzed based on reports from the Center for Hygiene and Medical Ecology of the IPH Šabac from 2014 to 2023. Data were collected through direct inspections of school sanitary facilities and questionnaires covering information on sanitary-hygiene supervision. The questionnaire assessed whether the condition of the building meets required standards (Yes/No/Partially) and the type of water supply (Central water supply/Local water supply/Local source). It also examined the method of solid waste disposal (Hygienic/Unhygienic) and liquid waste disposal (Municipal sewage system/Septic tank). Additionally, the presence of sanitary facilities and devices for handwashing was evaluated (Yes/No), as well as the existence of a school yard (Yes/No). The condition of classrooms was categorized as hygienic or unhygienic (Hygienic/Unhygienic). Information on the presence of a gymnasium (Yes/No) and whether it meets standards (Meets standards/Does not meet standards) was also gathered. The questionnaire further included details about the presence of a school kitchen (Yes/No) and whether it meets standards (Meets standards/Does not meet standards). Lastly, the type of heating in the school was recorded (Central heating/Local heating). Based on the responses, the overall hygiene condition of each school was evaluated as either satisfactory or unsatisfactory.

The data were analysed using descriptive statistics, linear trend modeling, Pearson correlation, and regression analysis to assess the status and quality of sanitary and hygiene facilities, as well as the presence of *E. coli* in drinking water.

The difference in observation periods (2012–2021 for microbiological water quality and 2014–2023 for sanitary-hygiene conditions) in this study is due to the availability of data from different sources. Choosing a common time interval was not feasible, as it would have resulted in the exclusion of significant data from the earlier period for water quality (2012–2013) and the later period for sanitary-hygiene conditions (2022–2023). The defined time frames enable the maximum utilization of available data, contributing to the comprehensiveness of the analysis and providing a more detailed insight into changes and trends over the relevant time periods. This approach allows each dataset to be analyzed in its full context, ensuring a better interpretation of the results and their applicability in public health decision-making.

Разлика у периодима посматрања (2012–2021. за микробиолошку исправност воде и 2014–2023. за санитарно-хигијенске услове) у овој студији проистиче из доступности података из различитих извора. Одабир заједничког временског интервала није био могућ јер би довео до искључивања значајне количине података о исправности воде из ранијег периода (2012–2013) и о санитарно-хигијенским условима из каснијег периода (2022–2023). Дефинисани временски оквири омогућавају максимално искоришћење доступних података, што доприноси свеобухватности анализе и обезбеђује детаљнији увид у промене и трендове у току одговарајућих временских периода. Овај приступ омогућава да се сваки скуп података анализира у потпуном контексту, чиме се обезбеђује боље тумачење резултата и њихова применљивост у процесима доношења јавно-здравствених одлука.

## Резултати

### Присуство *E. coli* у води за пиће у руралним основним школама које се снабдевају из сопствених бунара (2012–2021)

У току посматраног периода од 2012. до 2021. године, анализирано је укупно 2683 узорка воде како би се утврдило присуство *E. coli* у води за пиће из локалних система водоснабдевања у основним школама у Мачванском округу. Подаци представљени у табели 1 обезбеђују свеобухватан преглед контаминације *E. coli* у води за пиће у овим школама током посматраних десет година.

- Број испитаних школа и узорка: Сваке године, број испитаних школа је варирао од 78 до 109, док се број узетих узорка воде кретао у опсегу од 67 до 460. Током година је уочен значајан пад броја испитаних школа и узорка, посебно током пандемије ковида-19. Ово смањење је последица промене начина рада школа и преласка на централизоване системе водоснабдевања. У току десетогодишњег периода, број анализираних узорка воде смањено се 437 из 2012. године на 88 током 2021. године, примарно услед смањења броја школа које имају сопствено водоснабдевање и привременог затварања школа током пандемије ковида-19. Међутим, уочено је статистички значајно смањење од 9,8% у проценту руралних школа у чијим бунарима је пронађена *E. coli* ( $R^2=0,69$ ). Ово унапређење се може приписати инсталацији континуалних система за дезинфекцију у школама и прикључењу 21 од 109 школа на јавне системе водоснабдевања (табела 1).

- Процент руралних основних школа са присуством *E.*

## Results

### *E. coli* Presence in Drinking Water in Rural Primary Schools Relied on Individual Well (2012–2021)

During the observed period from 2012 to 2021, a total of 2,683 water samples were analysed to assess the presence of *E. coli* in drinking water from local water supply systems in rural primary schools in the Mačva district. The data presented in Table 1 provide a comprehensive overview of *E. coli* contamination in drinking water in these schools over these ten years.

- Number of Tested Schools and Samples: Each year, the number of tested schools varied from 78 to 109, while the number of collected water samples ranged from 67 to 460. A significant decline in the number of tested schools and samples was observed over the years, particularly during the COVID-19 pandemic. This reduction is due to changes in school operations and the transition to centralised water supply systems. Over the ten-year period, the number of analyzed water samples decreased from 437 in 2012 to 88 in 2021, primarily due to a reduction in the number of schools with their own water supply and temporary school closures during the COVID-19 pandemic. However, a statistically significant decrease of 9.8% in the percentage of rural schools where *E. coli* was detected in wells ( $R^2 = 0.69$ ) was observed. This improvement can be attributed to the installation of continuous disinfection systems in schools and the connection of 21 out of 109 schools to public water supplies (Table 1).

- Percentage of Rural Primary Schools with *E. coli* Presence in Drinking Water: The percentage of schools where *E. coli* was detected in drinking water started at 45.9% in 2012, peaked at 65.2% in 2014, and then declined to 20.5% by 2021. This downward trend indicates improvements in water quality management and sanitation practices in schools over the years. Notably, there was a significant drop from 65.2% in 2014 to 18.5% in 2020 (Table 1).

- Percentage of *E. coli* – Contaminated Water Samples in Rural Primary Schools: The percentage of contaminated water samples followed a similar pattern, starting at 19.6% in 2012, rising to a peak of 41.7% in 2019, and then decreasing to 25.0% in 2021. Fluctuations in contamination levels among different schools and specific years with increased contamination risk, such as the increase from 17.3% in 2016 to 38.3% in 2017, suggest variability and indicate the need for additional preventive measures and assessment on regular operation and maintenance. The average percentage of water samples with *E. coli* contamination over the ten years was  $25.97\% \pm 8.89\%$ . Parallel to

*coli* у води за пиће: Процент школа у којима је откривено присуство *E. coli* у води за пиће почео је од 45,9% у 2012. године, достигао свој максимум на 65,2% 2014. године и потом пао на 20,5% до 2021. године. Овај нисходни тренд указује на унапређење у квалитету управљања водом и санитарним праксама у школама током ових година. Уочљиво је да постоји значајан пад са 65,2% у 2014. години на 18,5% у 2020. години (табела 1).

• Процент узорка воде контаминираних *E. coli* у руралним основним школама: Процент контаминираних узорка воде пратио је сличан образац кретања, почев од 19,6% 2012. године, одакле је растао до максимума од 41,7% 2019. године, а потом пао на 25% 2021. године. Флукуације у степенима контаминације између различитих школа и конкретних година са повећаним ризиком од контаминације, као што је повећање са 17,3% у 2016. години на 38,3% у 2017. години, указују на варијабилност и потребу за додатним превентивним мерама и оценом редовног рада и одржавања. Просечан проценат узорка воде са контаминацијом *E. coli* у току посматраних 10 година био је  $25,97\% \pm 8,89\%$ . Паралелно са повећањем стопе дезинфикованих узорка, дошло је до пада у броју школа са *E. coli* у води (процент школа са контаминацијом се смањио са 45,9% у 2012. години на само 20,5% у 2021. години) (табела 1).

the increase in the rate of disinfected samples, there is a decline in the number of schools with *E. coli* in the water (the percentage of schools with contamination decreased from 45.9% in 2012 to just 20.5% in 2021) (Table 1).

**Табела 1.** Присуство *E. coli* у узорцима воде за пиће из школа са локалним водоснабдевањем у Мачванском округу, Србија (2012–2021)

**Table 1.** Presence of *E. coli* in drinking water samples from schools with local water supply in the Mačva District, Serbia (2012–2021)

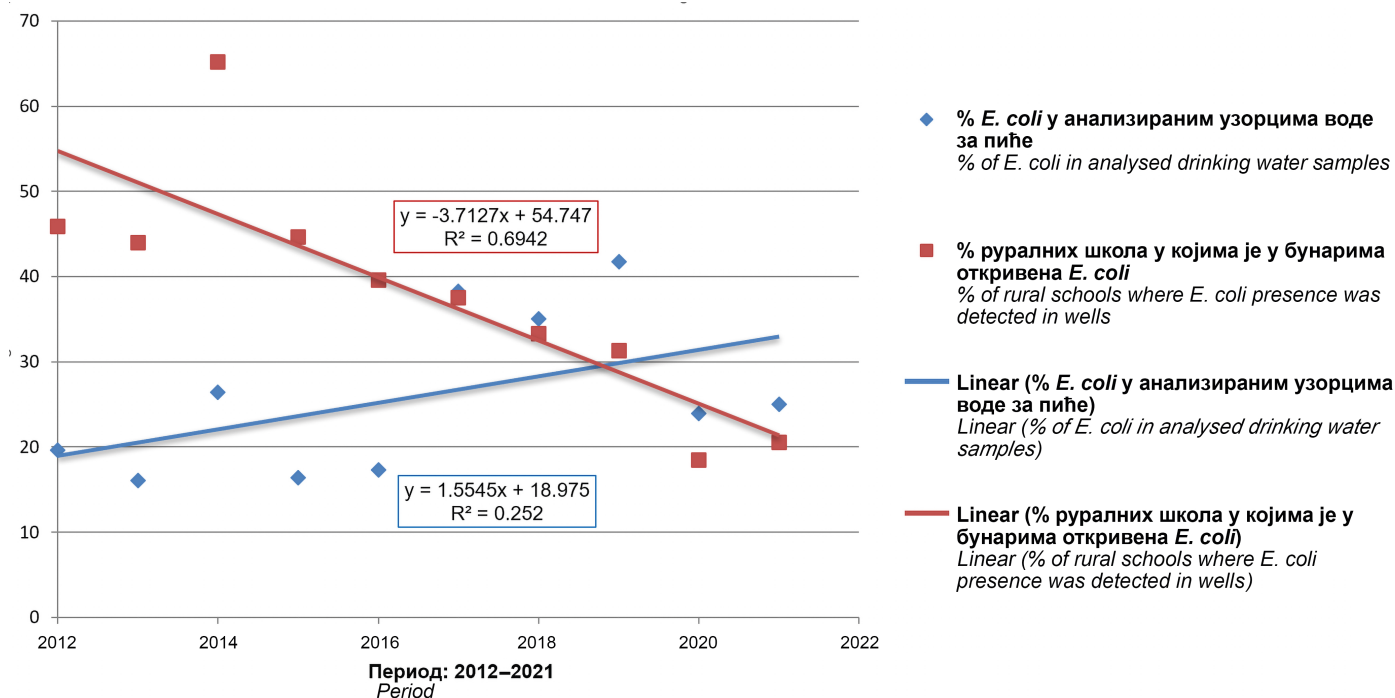
Године Years	Број руралних основних школа на територији Мачванског округа са локалним водоснабдевањем Number of rural primary schools in the territory of Mačva district with local water supply	Број узорка воде за пиће на територији Мачванског округа са локалним водоснабдевањем Number of drinking water samples in the territory of Mačva district with local water supply	Број (процент) руралних основних школа на територији Мачванског округа са присуством <i>E. coli</i> у води за пиће The number (percentage) of rural primary schools in the territory of the Mačva district where the presence of <i>E. coli</i> in drinking water	Број (процент) узорка контаминираних <i>E. coli</i> Number (percentage) of contaminated water samples with <i>E. coli</i>	Процент узорка пречишћене воде из руралних основних школа у Мачванском округу са локалним водоснабдевањем и системима за пречишћавање Percentage of purified drinking water samples in rural primary schools in the Mačva District with local water supply and purification systems
2012.	109	437	50 (45,9)	86 (19,6)	24,3
2013.	109	460	48 (44,0)	74 (16,1)	47,3
2014.	92	413	60 (65,2)	109 (26,4)	52,9
2015.	103	433	46 (44,6)	71 (16,4)	55,1
2016.	101	404	40 (39,6)	70 (17,3)	62,9
2017.	96	141	36 (37,5)	54 (38,3)	71,4
2018.	87	137	29 (33,3)	48 (35,0)	73,2
2019.	83	103	26 (31,3)	43 (41,7)	75,5
2020.	81	67	15 (18,5)	16 (23,9)	75,5
2021.	78	88	16 (20,5)	22 (25,0)	71,6

Резултати линеарне анализе тренда указују на слабу корелацију између времена и процента контаминираних узорка воде ( $y=1,5545x + 18,975$ ,  $R^2=0,25$ ). Насупрот томе, проценат руралних школа са *E. coli* у бунарима је показао значајан нисходни тренд ( $y=-3,7127x + 54,747$ ,  $R^2=0,69$ ), што указује да је смањење у присуству *E. coli* у руралним школама статистички значајно (графикон 1).

The results of the linear trend analysis indicate a weak correlation between time and the percentage of contaminated water samples ( $y = 1.5545x + 18.975$ ,  $R^2 = 0.25$ ). In contrast, the percentage of rural schools with *E. coli* in wells showed a significant downward trend ( $y = -3.7127x + 54.747$ ,  $R^2 = 0.69$ ), suggesting that the reduction in *E. coli* presence in rural schools is statistically significant (Chart 1).

**Графикон 1.** Трендови контаминације *E. coli* у води за пиће у руралним основним школама, Мачвански округ, Србија (2012–2021)

**Chart 1.** Trends in *E. coli* contamination in drinking water in rural primary schools, Mačva District, Serbia (2012–2021)



**Санитарно-хигијенски услови у руралним основним школама (2014–2023)**

**Sanitary-hygienic Conditions in Rural Primary Schools (2014–2023)**

Табела 2 приказује унапређење санитарних и хигијенских услова у основним школама у Мачванском округу од 2014. до 2023. године. Дошло је до континуираног повећања броја школа са централизованим водоснабдевањем (са 33,8% 2014. године на 46,6% у 2023. години) и централизованим канализационим системима (са 13,7% у 2014. години на 14,8% 2023. године). Истовремено, број школа без санитарних објеката се смањило са 19,6% 2014. године на 0% 2023. године. Сличан пад је примећен у школама без септичких јама (са 15,7% на 0%). Оцена задовољавајућих хигијенских услова порасла је са 79,9% на 90,5% (табела 2).

Table 2 shows improvements in sanitary and hygiene conditions in primary schools in the Mačva district from 2014 to 2023. There has been a continuous increase in the number of schools with centralised water supply (from 33.8% in 2014 to 46.6% in 2023) and centralized sewage systems (from 13.7% in 2014 to 14.8% in 2023). Simultaneously, the number of schools without sanitary facilities decreased from 19.6% in 2014 to 0% in 2023. A similar decline was observed in schools without septic tanks (from 15.7% to 0%). The rating for satisfactory hygiene conditions increased from 79.9% to 90.5% (Table 2).

**Табела 2.** Дистрибуција водоснабдевања, санитарних чворова и хигијенских услова у школама у Мачванском округу, Србија (2014–2023)

**Table 2.** Distribution of water supply, sanitation facilities, and hygiene conditions in schools in the Mačva District, Serbia (2014–2023)

Године Years	Водоснабдевање Water Supply			Санитација Sanitation		Санитарни чворови Sanitary facilities		Хигијенски услови Hygienic conditions	
	Локално водоснабдевање и сопствени бунари (%) Local water supply and private wells (%)	Централно водоснабдевање (%) Central water supply (%)	Централни канализациони систем (%) Central sewage system (%)	Септичка јама (%) Septic tank (%)	Без септичке јаме (%) Without septic tank (%)	Школе са санитарним објектима (%) Schools with sanitary facilities (%)	Школе без санитарних објеката (%) Schools without sanitary facilities (%)	Задовољавајућа оцена хигијенских услова (%) Satisfactory hygiene condition rating (%)	Незадовољавајућа оцена хигијенских услова (%) Unsatisfactory hygiene condition rating (%)
2014.	66,2	33,8	13,7	70,6	15,7	80,4	19,6	79,9	20,1
2015.	64,7	35,3	13,2	72,1	14,7	82,4	17,6	80,4	19,6
2016.	63,7	36,3	13,7	70,4	9,8	84,3	15,7	78,9	21,1
2017.	62,3	37,7	13,6	74,4	12	85,4	14,6	80,9	19,1
2018.	59,2	40,8	13,8	76	10,2	87,2	12,8	82,7	17,3
2019.	56,3	43,7	14,1	77,6	8,3	89,1	10,9	82,8	17,2
2020.	53,6	46,4	14,3	83,7	2	96,4	3,6	86,7	13,3
2021.	51,5	48,5	14,4	85,6	0	97,4	2,6	89,2	10,8
2022.	53,7	46,3	14,7	85,3	0	100	0	90,5	9,5
2023.	53,4	46,6	14,8	85,2	0	100	0	90,5	9,5

Употреба локалних система водоснабдевања и сопствених бунара смањивала се за 1,71% годишње ( $R^2=0,91$ ,  $p<0,0001$ ). Централно водоснабдевање се повећало за 1,71% годишње ( $R^2=0,91$ ,  $p<0,0001$ ). Централни канализациони системи показују незнатан пораст од 0,16% годишње ( $R^2=0,87$ ,  $p<0,0001$ ). Септичке јаме показују значајан пораст за 1,99% годишње ( $R^2=0,91$ ,  $p<0,0001$ ). Школе са санитарним објектима показују највећи пораст од 2,42% годишње ( $R^2=0,96$ ,  $p<0,0001$ ). Оцена задовољавајућих хигијенских услова порасла је за 1,42% годишње ( $R^2=0,90$ ,  $p<0,0001$ ) (табела 3).

The use of local water supply and private wells decreased by 1.71% annually ( $R^2 = 0.91$ ,  $P < 0.0001$ ). Central water supply increased by 1.71% annually ( $R^2 = 0.91$ ,  $P < 0.0001$ ). The central sewage system shows a slight increase of 0.16% annually ( $R^2 = 0.87$ ,  $P < 0.0001$ ). Septic tanks significantly increased by 1.99% annually ( $R^2 = 0.91$ ,  $P < 0.0001$ ). Schools with sanitation facilities show the highest increase of 2.42% annually ( $R^2 = 0.96$ ,  $P < 0.0001$ ). The assessment of satisfactory hygiene conditions is increasing by 1.42% annually ( $R^2 = 0.90$ ,  $P < 0.0001$ ) (Table 3).

**Табела 3.** Резултати линеарне регресије за трендове у санитарно-хигијенском надзору у руралним основним школама у Мачванском округу (2014–2023)

**Table 3.** Results of linear regression for trends in sanitary-hygienic monitoring in rural primary schools in the Mačva District (2014–2023)

Променљива Variable	Тренд Trend	Годишња промена (%) Annual Change (%)	p-вредност p-value	$R^2$
Локално водоснабдевање и сопствени бунари Local water supply and private wells	Негативна Negative	-1,71	< 0,0001	0,91
Централно водоснабдевање Central water supply	Позитивна Positive	+1,71	< 0,0001	0,91
Централни канализациони систем Central sewage system	Позитивна Positive	+0,16	< 0,0001	0,87
Септичка јама Septic tank	Позитивна Positive	+1,99	< 0,0001	0,91
Санитарни објекти Sanitary facilities	Позитивна Positive	+2,42	< 0,0001	0,96
Задовољавајућа оцена хигијенских услова Satisfactory hygiene condition rating	Позитивна Positive	+1,42	< 0,0001	0,90

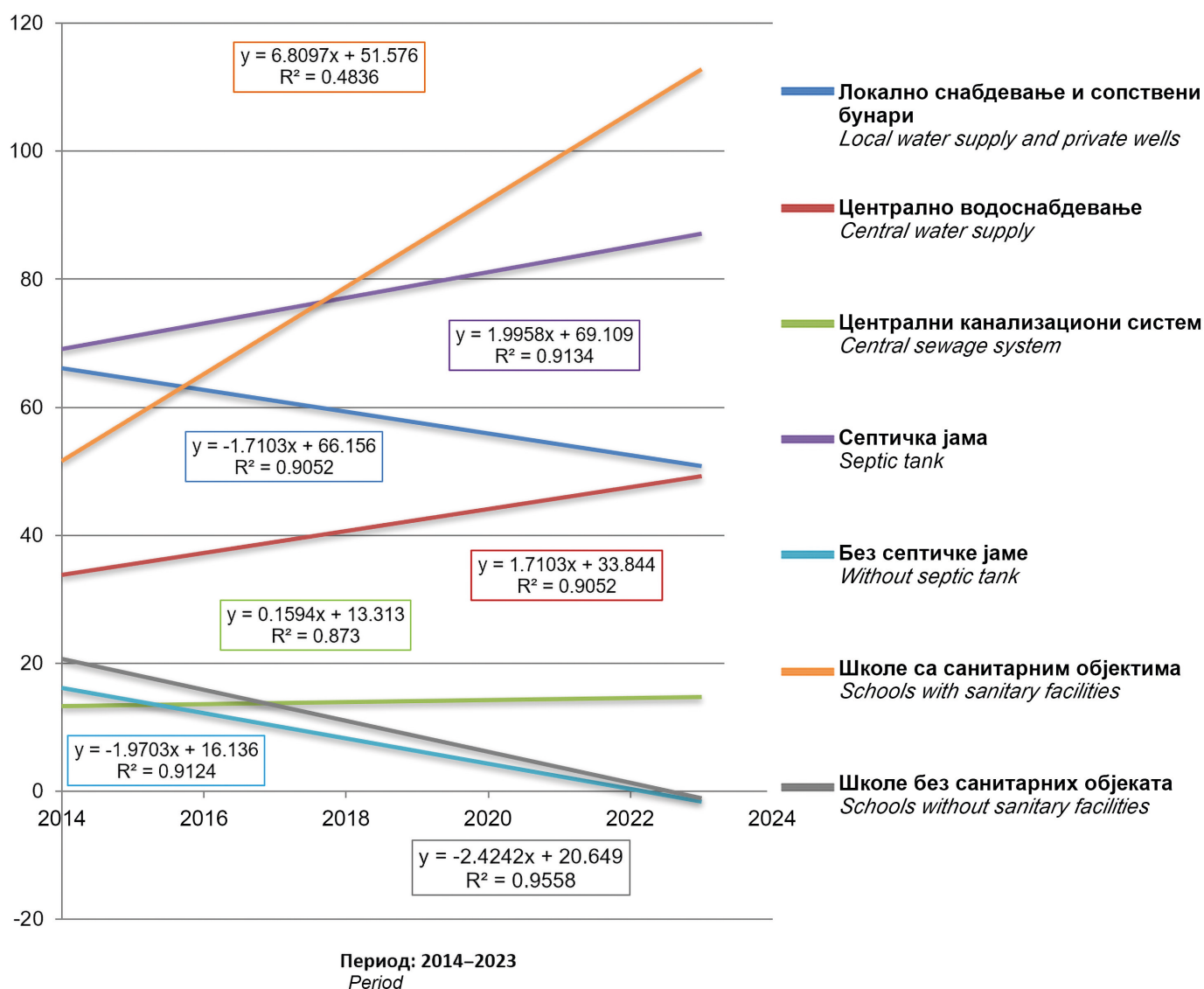


Линеарни трендови показују значајно повећање у броју школа са централизованим водоснабдевањем ( $y = 1,7103x + 33,844$ ) и централизованим канализационим системима ( $y = 0,1594x + 13,313$ ). Насупрот томе, број школа без санитарних објеката се смањује ( $y = -2,4242x + 20,649$ ), као и број школа без септичких јама ( $y = -1,9703x + 16,136$ ), што указује на унапређења инфраструктуре и хигијенских услова у школама (графикон 2).

Linear trends show a significant increase in the number of schools with centralized water supply ( $y = 1.7103x + 33.844$ ) and centralised sewage systems ( $y = 0.1594x + 13.313$ ). Conversely, the number of schools without sanitary facilities is decreasing ( $y = -2.4242x + 20.649$ ), as is the number of schools without septic tanks ( $y = -1.9703x + 16.136$ ), indicating improvements in infrastructure and hygiene conditions in schools (Chart 2).

**Графикон 2.** Трендови у санитарно-хигијенским условима у руралним основним школама у Мачванском округу, Србија (2014–2023)

**Chart 2.** Trends in sanitary-hygienic conditions of rural primary schools in the Mačva District, Serbia (2014–2023)



**Трендови и регресиона анализа унапређења у санитарним условима наспрам присуства *E. coli* у руралним школама**

**Trend and Regression Analysis between Improvements in Sanitary Conditions and the Presence of *E. coli* in Water in Rural Schools**

Резултати статистичке анализе (Пирсонове корелације) указују на снажну негативну корелацију између присуства *E. coli* у води и унапређења санитарних услова у руралним школама (корелација = -0,91,  $p = 0,0017$ ) и централизованог водоснабдевања (корелација = -0,90,

The results of statistical analysis (Pearson's correlation) show a strong negative correlation between the presence of *E. coli* in water and improvements in sanitary conditions in rural schools (correlation = -0.91,  $p = 0.0017$ ) and centralised water supply (correlation = -0.90,  $p = 0.0025$ ). Re-

$p=0,0025$ ). Регресиона анализа показује да модел који обухвата санитарне објекте, централизовано водоснабдевање и задовољавајуће хигијенске услове објашњава 90,5% варијансе у присуству *E. coli* ( $R^2=0,905$ ,  $p=0,0165$ ).

## Дискусија

Ово истраживање наглашава и даље присутни изазов у обезбеђењу здравствено исправне воде за пиће и одговарајућих санитарних услова у руралним основним школама, што је кључно јавноздравствено питање, посебно у земљама са ниским и средњим примањима. Наше истраживање показује значајан напредак у квалитету воде и санитарним условима у руралним основним школама у Мачванском округу у посматраном периоду. Опадајући тренд је забележен у броју школа у којима је *E. coli* била присутна у води за пиће, што указује на побољшање у управљању квалитетом воде и праксама санитације. Уз то, подаци показују повећање у броју школа са централним системом водоснабдевања и санитарним објектима, праћено истовременим смањењем броја школа без одговарајућих санитарних услова. Резултати статистичке анализе потврђују снажну повезаност између унапређених санитарно-хигијенских услова и смањене контаминације воде, наглашавајући значај сталних напора да се унапреди инфраструктура и хигијена у школама. Општи трендови указују на значајно побољшање дезинфекције воде у основним школама у Мачванском округу, што имплицира делотворније системе пречишћавања воде током посматраног периода. Међутим, варијације у последњих неколико година, посебно пад 2021. године, указују да су неопходни стални надзор и унапређење процедура, како би се одржали високи санитарни стандарди. Потребно је додатно истраживање како би се унапредила методологија коришћена у овом истраживању и спровела свеобухватнија оцена санитарно-хигијенских услова у школама, укључујући и примену методологије из нашег истраживања на школе у другим окружњима и регионима. Увођење међународно признатих методологија, као што је ЈМП, могло би да обезбеди тачније податке и олакша смислено поређење са резултатима из других региона и земаља.

Налази истичу преваленцију контаминације *E. coli* у води за пиће, што представља значајан здравствени ризик по ученике и наглашава потребу за делотворним интервенцијама у области водоснабдевања, санитације и хигијене. Присуство *E. coli* у изворима воде за пиће, које је утврђено у руралним школама Мачванског округа у Србији, у складу је са налазима из сличних студија које су спроведене широм света и у Србији, указујући

gression analysis shows that a model including sanitary facilities, centralised water supply, and satisfactory hygiene conditions explains 90.5% of the variance in the presence of *E. coli* ( $R^2 = 0.905$ ,  $p = 0.0165$ ).

## Discussion

This study highlights the ongoing challenge of providing safe drinking water and adequate sanitary conditions in rural primary schools, a key public health issue, particularly in low- and middle-income countries. Our research demonstrates significant progress in water safety and sanitation conditions in rural primary schools in the Mačva District over the observed period. A declining trend was recorded in the number of schools where *E. coli* was present in drinking water, indicating improvements in water quality management and sanitation practices. Additionally, the data show an increase in schools with central water supply and sanitary facilities, accompanied by a simultaneous decrease in schools without adequate sanitary conditions. The results of the statistical analysis confirm a strong association between improved sanitary-hygienic conditions and reduced water contamination, underscoring the importance of ongoing efforts to enhance infrastructure and hygiene in schools. The general trends indicate a significant improvement in water disinfection in primary schools in the Mačva District, suggesting more effective water purification systems during the studied period. However, variations in the last few years, particularly the decrease in 2021, suggest that continued monitoring and improvement of procedures are necessary to maintain a high level of sanitary standards. Further research is needed to improve the methodology used in this study and enable a more comprehensive assessment of sanitary-hygienic conditions in schools, including the application of the methodology from our research to schools in other districts and regions. Incorporating internationally recognized methodologies, such as JMP, could provide more accurate data and facilitate meaningful comparisons with results from other regions and countries.

The findings emphasize the prevalence of *E. coli* contamination in drinking water, which poses a significant health risk to pupils and highlights the need for effective water, sanitation, and hygiene interventions. The presence of *E. coli* in drinking water sources, as identified in rural schools of the Mačva District in Serbia, aligns with findings from similar studies conducted worldwide and in Serbia, indicating the widespread nature of this problem across different geographical regions [5, 14, 15, 17]. A recent study highlighted the strong association between access to sanitary-hygienic conditions services and child malnutrition in urban and rural areas of China, suggesting that integrating

на широку распрострањеност овог проблема у различитим географским подручјима [5, 14, 15, 17]. Недавна студија је нагласила снажну повезаност између приступа услугама санитације и хигијене и неухрањености код деце у урбаним и руралним деловима Кине, што указује да би интегрисање унапређења санитарно-хигијенских услова са ширим програмима у области здравља и исхране могло да донесе значајније резултате. Медијациона анализа је открила да су санитарно-хигијенски услови допринели смањењу од 23,96% (95%CI 4,34–43,58%) у разлици у успореном расту између урбаних и руралних подручја, док правилне праксе исхране и здравствене заштите нису показале значајан утицај [18].

Утицај неадекватних санитарно-хигијенских услова простире се даље од непосредних здравствених исхода. Студије, као што је она коју су спровели Чард *et al.* (2018), показале су да унапређење водоснабдевања, санитације и хигијене у школама може да смањи инциденцију заразних болести, што доводи до бољих укупних здравствених и образовних исхода за ученике [13]. Слично томе, Мекмајкл (2019) наглашава да је обезбеђење безбедних санитарно-хигијенских услова у школама од кључног значаја за стварање подржавајућег окружења за учење, уз смањење изостанака и промоцију здравствене равноправности. Резултати наше студије даље подржавају аргументе за усвајање интегрисаних и одрживих санитарно-хигијенских интервенција [3]. Кирира *et al.* (2023) су показали делотворност мултисекторских приступа у унапређењу приступа исправној води у руралним школама у Кенији [4]. Слично томе, интервенције усмерене и ка инфраструктурним, и ка понашајним променама неопходне су за дугорочно унапређење санитарно-хигијенских услова [12].

Упркос свим инвестицијама, и даље постоје изазови у обезбеђењу одрживих унапређења у руралним подручјима, у којима инфраструктурна и финансијска ограничења често сужавају делотворност интервенција. Кастиљо *et al.* (2024) су развили индекс рањивости за рурална подручја у Чилеу, што би могао бити користан инструмент за идентификацију и циљање најрањивијих популација у Србији и сличним контекстима [19]. Штавише, студије указују да фекална контаминација извора воде, чак и када постоји инфраструктура, може да се јави као последица неправилног одржавања и превида, што условљава редован надзор и ангажовање заједнице [14]. Иако су ови напори од кључног значаја, наше истраживање није испитало друге факторе који би могли имати утицај, као што су одржавање и функционалност система за дезинфекцију, квалификације запослених, или заштита изворишта. Додатно, ис-

sanitary-hygienic conditions improvements with broader health and nutrition programs could yield more significant results. The mediation analyses revealed that sanitary-hygienic conditions contributed to reducing 23.96% (95% CI: 4.34–43.58%) of the differences in stunting between urban and rural areas, whereas early proper feeding practices and healthcare did not show a significant impact [18].

The impact of inadequate sanitary-hygienic conditions goes beyond immediate health outcomes. Studies, such as the one conducted by Chard *et al.* (2018), have shown that improvements in water supply, sanitation, and hygiene in schools can reduce the incidence of infectious diseases, leading to better overall health and educational outcomes for students [13]. Similarly, McMichael (2019) emphasizes that providing safe sanitary-hygienic conditions in schools is crucial for creating a conducive learning environment, reducing absenteeism, and promoting health equity. The results of our study further support the argument for adopting integrated and sustainable sanitary-hygienic interventions [3]. Kirira *et al.* (2023) demonstrated the effectiveness of multisectoral approaches in improving access to safe water in rural schools in Kenya [4]. Likewise, interventions addressing both, infrastructural and behavioral changes are necessary for long-term improvements in sanitary-hygienic conditions [12].

Despite all investments, challenges remain in ensuring sustainable improvements in rural areas, where infrastructural and financial constraints often limit the effectiveness of interventions. Castillo *et al.* (2024) developed a vulnerability index for rural areas in Chile, which could be a useful tool for identifying and targeting the most vulnerable populations in Serbia and similar contexts [19]. Moreover, studies indicate that fecal contamination of water sources, even when infrastructure exists, can result from improper maintenance and oversight, necessitating regular monitoring and community engagement [14]. Although these efforts are crucial, our research did not explore other influential factors, such as the maintenance and functionality of disinfection systems, staff qualifications, or source protection. Additionally, the study did not examine how seasonal variations or external factors, such as septic tank functionality, might influence contamination levels. These aspects could provide further insights into the causes of contamination and the sustainability of interventions.

Bartram *et al.* (2015) and WHO (2018) also emphasize the importance of ongoing global monitoring of water supply and sanitation, as well as the development of robust guidelines to support national and local efforts in ensuring safe sanitary-hygienic condition services [6, 7, 10]. Global experiences and evidence from studies, such as those pre-

траживање није испитало како би сезонске варијације или спољашњи фактори, као што је функционалност септичких јама, могли да утичу на интензитет контаминације. Ови аспекти би могли донети додатне увиде у узроке контаминације и одрживост интервенција.

Бартрам *et al.* (2015) и СЗО (2018) такође наглашавају значај сталног глобалног надзора водоснабдевања и санитације, као и развоја снажних смерница којима би се подржали национални и локални напори у обезбеђењу безбедних услуга санитације и хигијене [6, 7, 10]. Глобална искуства и докази из студија, као што су оне представљене у овој дискусији, позивају на вишеслојан приступ којим се комбинују технолошке, образовне и интервенције у области политика како би се осигурало одрживо унапређење у санитарно-хигијенским условима у школама [1, 2, 20].

Наша студија бележи пад броја школа са контаминираним системима за водоснабдевање након увођења строжег надзора, контролних мера и унапређења санитације, посебно након 2016. године. Међутим, током пандемије ковида-19, дошло је до благог повећања контаминације 2021. године, што може да указује на смањену учесталост инспекцијског надзора или изазове у спровођењу редовних мера санитације, као и рада и одржавања, као што је показано у недавним студијама [17]. Стога је од критичног значаја да се настави оснаживање инфраструктурних и едукативних мера како би се постигли одрживи резултати у свим школама, посебно у контексту потенцијалних изазова током здравствених криза као што је била пандемија ковида-19 [9, 21].

Налази из анализе у нашој студији наглашавају значај разумевања локалних ризика од контаминације воде и потребу за континуалним унапређењем управљања квалитетом воде, посебно у осетљивим окружењима као што су основне школе. То се поклапа са ширим глобалним питањима контаминације воде за пиће, као што је наглашено у истраживању, где је показано да слични изазови постоје у разним регионима широм света. Као и у САД [22], где профили ризика од изложености снажно варирају у зависности од контаминанта и региона, наше истраживање у Мачванском округу наглашава потребу за сталним напорима да се унапреди дезинфекција воде и хигијенска инфраструктура, посебно имајући у виду недавне флукуације квалитета воде.

Налази нашег истраживања су у складу са глобалним увидима, који наглашавају значај посебно прилагођених стратегија које узимају у обзир локални контекст и услове.

sented in this discussion, call for a multi-layered approach that combines technological, educational, and policy interventions to ensure sustainable improvements in sanitary-hygienic conditions in schools [1, 2, 20].

Our study records a decrease in the number of schools with contaminated water systems following the introduction of stricter monitoring, control measures and improved sanitation, especially since 2016. However, during the COVID-19 pandemic, there was a slight increase in contamination in 2021, which may indicate reduced inspection frequency or challenging conditions for implementing regular sanitary measures, and operation and maintenance, as shown in recent studies [17]. Therefore, it is crucial to continue strengthening infrastructural and educational measures to achieve sustainable results in all schools, particularly in the context of potential challenges during health crises such as the COVID-19 pandemic [9, 21].

The findings from the analysis in our study underscore the importance of understanding local water contamination risk profiles and the need for continuous improvements in water quality management, particularly in vulnerable settings such as primary schools. This aligns with broader global concerns about drinking water contamination, as highlighted in research showing that similar challenges exist in various regions worldwide. Just as in the US [22], where exposure risk profiles vary widely by contaminant and region, our study in the Mačva District emphasizes the need for sustained efforts to enhance water disinfection and hygiene infrastructure, particularly given the recent fluctuations in water quality.

The findings of our study align with global insights, emphasizing the importance of tailored strategies that consider the local context and conditions.

### Potential Implications and Future Directions

Despite significant progress in water quality and sanitation conditions in rural schools, further research is needed to assess the long-term effects of implemented measures and identify additional interventions that can contribute to sustainable improvements in sanitation. Limited sanitary-hygienic conditions services, unsafe drinking water, poor sanitary, and inadequate hygiene practices lead to behaviors that directly affect the health of students. Studies, including those in Nepal, suggest that it is crucial to expand sanitary-hygienic conditions awareness programs to the families of students and enhance preventive and therapeutic measures against potential infections [23].

The developed vulnerability index has significant potential

## Потенцијалне импликације и будући правци

Упркос значајном напретку у исправности воде и условима санитације у руралним школама, потребно је додатно истраживање како би се оценили дугорочни ефекти спроведених мера и утврдили додатне интервенције које могу да допринесу одрживом унапређењу санитације. Ограничене услуге санитације и хигијене, неисправна вода за пиће, лоше праксе санитације и неодговарајуће хигијенске праксе доводе до понашања која директно утичу на здравље ученика. Студије, укључујући оне из Непала, указују да је кључно да се прошире програми информисања о санитарно-хигијенским условима на породице ученика, те да се унапреде превентивне и терапијске мере против потенцијалних инфекција [23].

Развој индекса осетљивости има значајан потенцијал као инструмент за праћење делотворности политика и активности усмерених ка смањењу рањивости у услугама водоснабдевања и санитације у руралним областима, што обезбеђује вишедимензионо сагледавање изазова са којима се те заједнице суочавају [19]. Како би се постигао универзални приступ основним услугама воде за пиће, санитације и хигијене у школама до 2030. године, тренутне стопе напретка ће морати да се повећају седам, пет и четири пута, редом [21].

Даља истраживања су од кључног значаја за разумевање како и у којој мери интервенције у области школских хигијенско-санитарних услова могу да унапреде хигијенске навике и здравље ширег круга чланова породице и заједнице. Докази о утицају ових програма на смањење одсуствовања ученика из школе су разнолики. Иако обезбеђивање приступа здравствено исправној води, санитацији и промоција хигијене у школама имају велики потенцијал за унапређење здравља и образовања, а доприносе и инклузији и равноправности, спровођење интервенција у области школских санитарно-хигијенских услова не гарантује позитивне исходе. Ригорозна истраживања, политичка воља и делотворне интервенције, са високим придржавањем програма, су неопходни [3]. Недавна студија је донела смернице за олакшавање дијалога између директора школа, образовних администратора, доносиоца одлука и шире заједнице у циљу унапређења управљања услугама санитације и хигијене. Добијени резултати могу да служе и као основ за даља истраживања и праћење напретка у спровођењу и одржавању услуга санитације и хигијене у школама [20].

Ангажовање шире заједнице у програмима како би се унапредили услови санитације и континуално пратила исправност воде могу даље да смање ризик од контаминације и унапреде здравље ученика. Такође је важно истражити како различити приступи системима за водоснабдевање и санитацију утичу на хигијенске праксе

as a tool for monitoring the effectiveness of policies and actions aimed at reducing vulnerability in water supply and sanitation services in rural areas, providing a multidimensional perspective on the challenges faced by these communities [19]. To achieve universal access to basic drinking water, sanitation, and hygiene services in schools by 2030, current rates of progress will need to increase seven, five, and four times, respectively [21].

Further research is essential to understand how and to what extent school sanitary-hygienic conditions interventions can improve hygiene habits and the health of a broader circle of family members and the community. Evidence on the impact of these programs on reducing student absenteeism is mixed. Although providing access to safe water, sanitation, and hygiene promotion in schools has great potential for improving health and education, as well as contributing to inclusion and equity, the implementation of school sanitary-hygienic conditions interventions does not guarantee positive outcomes. Rigorous research, political will, and effective interventions with high program fidelity are necessary [3]. A recent study has provided guidelines to facilitate dialogue between school managers, educational administrators, decision-makers, and the broader community to improve the management of sanitary-hygienic conditions services. The results obtained can also serve as a basis for future research to monitor progress in implementing and maintaining sanitary-hygienic conditions services in schools [20].

Engaging the broader community in programs to improve sanitary conditions and continuously monitoring water quality can further reduce the risk of contamination and improve student health. It is also important to explore how different approaches to water supply and sanitation systems affect hygiene practices and the overall health of students and staff [24]. To achieve universal access to basic drinking water, sanitation, and hygiene services in schools by 2030, it is necessary to significantly increase current rates of progress, with continuous adaptation of measures based on long-term effects and specific needs of rural schools [9, 21].

## Conclusion

Our study highlights the critical role of improving sanitation conditions and access to centralised water supply in reducing drinking water contamination in rural primary schools. The results show a significant association between improved sanitation facilities and the reduced presence of *E. coli* in well water, indicating that interventions aimed at increasing access to centralised water supply and maintaining high hygiene standards are essential for enhancing water safety. The reduced reliance on local water sources, which are often prone to contamination, further supports the safety of centralized systems.

и свеукупно здравље ученика и запослених [24]. Како би се постигао универзалан приступ основним услугама за воду за пиће, санитацију и хигијену у школама до 2030. године, неопходно је значајно повећати актуелне стопе напретка, уз континуално прилагођавање мера на основу дугорочних ефеката и специфичних потреба руралних школа [9, 21].

## Закључак

Наша студија наглашава критичну улогу унапређења санитације и приступа централизованом водоснабдевању у смањењу контаминације воде за пиће у руралним основним школама. Резултати показују значајну корелацију између унапређених санитарних објеката и смањеног присуства *E. coli* у води у бунарима, што указује да интервенције усмерене ка повећању приступа централизованим системима водоснабдевања и одржавању високих стандарда хигијене играју кључну улогу за унапређење здравствене исправности воде. Смањено ослањање на локалне изворе воде, који су често подложни контаминацији, даље говори у прилог безбедности централизованих система.

Иако постоји очигледан напредак у санитацији и исправности воде, даље истраживање и континуирани напори су потребни да би се обезбедила одрживост ових унапређења и истражили додатни санитарно-хигијенски аспекти, као што су управљање менструалном хигијеном, рад и одржавање санитарно-хигијенске инфраструктуре и задовољство ученика санитарно-хигијенским чворовима. Усвајање холистичког приступа који обухвата унапређење инфраструктуре, ангажовање заједнице, редовно праћење исправности воде и едукацију о хигијенским праксама је кључно за дугорочну заштиту здравља деце у руралним подручјима. Такве интегрисане интервенције могу значајно да смање ризик од заразних болести и унапреде здравље и добробит ученика. Препоручујемо да се спроведу додатна истраживања усмерена на дугорочне ефекте спроведених мера и идентификацију даљих интервенција које могу да допринесу одрживим побољшањима санитарних и хигијенских услова у школским окружењима.

## Конфликт интереса

Аутори изјављују да је истраживање спроведено уз одсуство било каквих комерцијалних или финансијских односа који би се могли тумачити као потенцијални конфликт интереса.

## Финансирање

За спровођење овог истраживања и/или израду овог рада није примљено никакво финансирање.

While there has been evident progress in sanitation conditions and water safety, further research and continuous efforts are needed to ensure the sustainability of these improvements and explore additional sanitary-hygienic aspects such as menstrual hygiene management, operation and maintenance of sanitary-hygienic infrastructure, and pupils' satisfaction with sanitary-hygienic facilities. Adopting a holistic approach that includes infrastructure enhancement, community engagement, regular water quality monitoring, and education on hygiene practices is crucial for the long-term protection of children's health in rural areas. Such integrated interventions can significantly reduce the risk of infectious diseases and improve students' health and well-being. We recommend that additional research focused on the long-term effects of implemented measures and the identification of further interventions that can contribute to sustainable improvements in the sanitary and hygiene conditions of school environments should be conducted.

## Conflict of Interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

## Funding

No funding has been received for the conduct of this study and/or preparation of this manuscript.

## Литература / References

1. World Health Organization. Water supply, sanitation and hygiene monitoring [Internet]. Geneva: WHO; 2023. Available from: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/monitoring-and-evidence/wash-monitoring>
2. World Health Organization, United Nations Children's Fund. Progress on drinking water, sanitation and hygiene in schools 2015–2023: special focus on menstrual health [Internet]. Geneva: WHO; 2024. Available from: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-wash-in-schools240525.pdf>
3. McMichael C. Water, Sanitation and Hygiene (WASH) in Schools in Low-Income Countries: A Review of Evidence of Impact. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(3):359. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030359>
4. Kirira P, Oyatsi F, Waudo A, Mbugua S. Improving Access to Safe Water in Rural Schools of Kenya: Qualitative Multisectoral Insights. *Cureus*. 2023; 15(11):e49174. <https://doi.org/10.7759/cureus.49174>
5. Jovanovic D, Karadzic V, Vasic M, Jovanovic V, Paunovic K. Drinking water quality as a risk factor for pupils' health in rural schools in Serbia. *Eur J Public Health*. 2022; 32(Suppl 3):ckac131.576. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac131.576>
6. World Health Organization. Drinking water, sanitation and hygiene in schools: Global baseline report 2018 [Internet]. Geneva: WHO; 2018 [cited 10 July 2024]. Available from: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-wash-in-schools-en.pdf?sfvrsn=95852ee7\\_5&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/jmp-wash-in-schools-en.pdf?sfvrsn=95852ee7_5&download=true)
7. World Health Organization. Guidelines on Sanitation and Health [Internet]. Geneva: WHO; 2018. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf>
8. World Health Organization. Sanitation in the pan-European region: 12–13 February 2019, Bonn, Germany: meeting report [Internet]. 2019 [cited 7 July 2024].
9. Bolatova Z, Tussupova K, Toleubekov B, Sukhanberdiyev K, Sharapatova K, Stafström M. Challenges of Access to WASH in Schools in Low- and Middle-Income Countries: Case Study from Rural Central Kazakhstan. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(18):9652. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189652>
10. Bartram J, Brocklehurst C, Fisher MB, Luyendijk R, Hossain R, Wardlaw T, et al. Global monitoring of water supply and sanitation: history, methods and future challenges. *Int J Environ Res Public Health*. 2014; 11(8):8137–65. <https://doi.org/10.3390/ijerph110808137>
11. World Health Organization (WHO). Improving drinking-water supply in rural areas of Serbia [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017. Available from: <https://www.who.int/europe/publications/m/item/improving-drinking-water-supply-in-rural-areas-of-serbia>
12. Karon AJ, Cronin AA, Cronk R, Hendrawan R. Improving water, sanitation, and hygiene in schools in Indonesia: A cross-sectional assessment on sustaining infrastructural and behavioral interventions. *Int J Hyg Environ Health*. 2017; 220(3):539–50. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.02.001>
13. Chard AN, Trinies V, Moss DM, Chang HH, Doumbia S, Lammie PJ, et al. The impact of school water, sanitation, and hygiene improvements on infectious disease using serum antibody detection. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018; 12(4):e0006418. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006418>
14. Genter F, Willetts J, Foster T. Faecal contamination of groundwater self-supply in low- and middle income countries: Systematic review and meta-analysis. *Water Res*. 2021; 201:117350. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117350>
15. Hernández-Vásquez A, Visconti-Lopez FJ, Vargas-Fernández R. Escherichia coli Contamination of Water for Human Consumption and Its Associated Factors in Peru: A Cross-Sectional Study. *Am J Trop Med Hyg*. 2022; 108(1):187–94. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.22-0240>
16. Jozić S, Vukić Lušić D, Ordulj M, Frlan E, Cenov A, Diković S, et al. Performance characteristics of the temperature-modified ISO 9308-1 method for the enumeration of Escherichia coli in marine and inland bathing waters. *Mar Pollut Bull*. 2018; 135:150–8. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.002>
17. Poague KIH, Blanford JI, Anthonj C. Water, Sanitation and Hygiene in Schools in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Implications for the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(5):3124. <https://doi.org/10.3390/ijerph19053124>

18. Lin J, Feng XL. Exploring the impact of water, sanitation and hygiene (WASH), early adequate feeding and access to health care on urban-rural disparities of child malnutrition in China. *Matern Child Nutr.* 2023; 19(4):e13542. <https://doi.org/10.1111/mcn.13542>
19. Castillo CV, Cobo JN, Escobar GM, Bravo SS. Development and assessment of a vulnerability index for access to rural drinking water and sanitation services in the semi-arid region of north-central Chile. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development.* 2024; 14(3):145–60. <https://doi.org/10.2166/wash-dev.2024.106>
20. Pereira CT, Sorlini S, Sátiro J, Albuquerque A. Water, Sanitation, and Hygiene (WASH) in Schools: A Catalyst for Upholding Human Rights to Water and Sanitation in Anápolis, Brazil. *Sustainability.* 2024; 16(13):5361. <https://doi.org/10.3390/su16135361>
21. United Nations Children's Fund (UNICEF). Progress on drinking water, sanitation and hygiene in schools: focus on COVID-19 [Internet]. New York: UNICEF; 2020 [cited 17 July 2024]. Available from: <https://www.unicef.org/media/74011/file/Progress-on-drinking-water-sanitation-and-hygiene-in-schools-focus-on%20covid-19.pdf>
22. Levin R, Villanueva CM, Beene D, Cradock AL, Donat-Vargas C, Lewis J, et al. US drinking water quality: exposure risk profiles for seven legacy and emerging contaminants. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2024; 34(1):3–22. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00597-z>
23. Sharma MK, Adhikari R. Effect of School Water, Sanitation, and Hygiene on Health Status Among Basic Level Students' in Nepal. *Environ Health Insights.* 2022; 16:11786302221095030. <https://doi.org/10.1177/11786302221095030>
24. World Health Organization (WHO). Improving health and learning through better water, sanitation and hygiene in schools: an information package for school staff [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329531/9789289054508-eng.pdf>



**Примљено / Received**

13. 11. 2024.

**Ревидирано / Revised**

3. 12. 2024.

**Прихваћено / Accepted**

3. 12. 2024.

**Кореспонденција / Correspondence**

Маријана Срећковић - Marijana Srećković  
[drsreckovicmaja@gmail.com](mailto:drsreckovicmaja@gmail.com)