

## КОНЦЕПЦИЈА И ПРВИ РЕЗУЛТАТИ УСПОСТАВЉЕНОГ ОПЕРАТИВНОГ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНИХ ВОДА СРБИЈЕ

Зоран Стевановић<sup>1\*</sup>, Бранислав Петровић<sup>1</sup>, Вељко Мариновић<sup>1</sup>, Саша Милановић<sup>1</sup>, Љиљана Васић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију, Рударско – геолошки факултет, Универзитет у Београду (\*e-mail: zstev\_2000@yahoo.co.uk)

**Кључне речи:** подземне воде, оперативни мониторинг, ОДВ

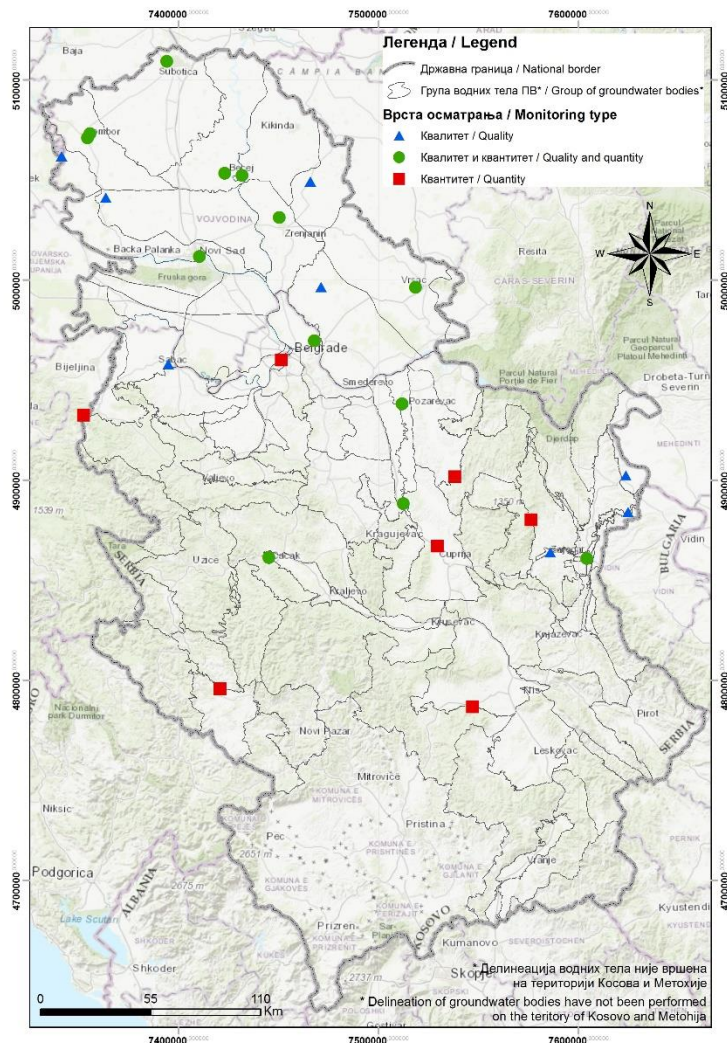
### УВОД

Осматрање квалитативних и квантитативних карактеристика подземних вода на територији Србије извршено је у склопу националног пројекта „Оперативни мониторинг површинских и подземних вода Републике Србије“ током 2017. године. Циљ имплементације оперативног мониторинга подразумевао је унапређење заштите вода Дунавског слива и имплементацију Оквирне директиве о водама (ОДВ) проширењем постојеће мониторинг мреже подземних вода Србије, а у складу са захтевима ОДВ (CIS guid. No. 15), односно Директиве о заштити подземне воде од загађивања и погоршања квалитета. Начин постизања дефинисаног циља обухватао је увођење испитивања параметара квантитативног и хемијског статуса (физичког и хемијског састава) подземних вода на одабраним мониторинг објектима, који до сада нису систематски праћени на територији Републике Србије, а припадају појединачним водним телима подземних вода која су оцењена да су под притиском или потенцијално под притиском на квалитет и квантитет.

### КОНЦЕПЦИЈА МОНИТОРИНГА

Основна начела приликом дефинисања концепције имплементације оперативног мониторинга произишла су из обавеза Републике Србије према Европској унији (ЕУ) на основу Поглавља 27 у склопу приступних преговора о придруживању Србије ЕУ као пуноправне чланице. Први корак у концепту организације оперативног мониторинга подземних вода подразумевао је одабир најрепрезентативнијих мониторинг пунктова у оквиру 20 (група) водних тела подземних вода. За одређивање хемијског статуса подземних вода, било је неопходно дефинисати репрезентативне квалитативне параметре у складу са ОДВ, важећим правилницима и уредбама Републике Србије везаним за квалитет вода. Ови параметри су подразумевали праћење основних физичко-хемијских параметара, садржај азотних једињења, органских материја, тешких метала и пестицида. Параметри за оцену квантитативног статуса подземних вода подразумевали су праћење нивоа подземних вода у бунарима и пијезометрима и издашност одабраних карстних извора. Имајући у виду дефиницију оперативног мониторинга, основна подлога приликом креирања мреже мониторинга биле су карте хазарда и ризика од загађења подземних вода израђених у Пројекту проширења мреже станица подземних вода Србије за потребе Републичког хидрометеоролошког завода Србије (Стевановић & Докмановић, 2015), при чему су само најугроженија водна тела узета у разматрање. Тако је, у складу са условима и критеријумима који произилазе из ОДВ ЕУ, националних прописа, постојеће мреже РХМЗ, евидентираних непосредних корисника подземних вода у Србији који имају обавезу праћења режима подземних вода и других подлога одабрано 20 пунктова за мониторинг квантитета и 20 пунктова за мониторинг квалитета у оквиру (групе) водних тела (ГВТ) (Сл. 1). Због рационализације трошкова, али и реалног стања угрожености квалитета и квантитета подземних вода, одређен број водних тела укључен је и у квантитативни и у квалитативни оперативни мониторинг подземних вода. Током истраживања, квалитативном мониторингу је додат још један објекат. Концепција истраживања подразумевала је узорковање подземних вода, израду хемијских анализа и/или осматрања нивоа подземних вода. Због кратких рокова, динамика реализације обухватила је две серије узорковања воде потребне за хемијске анализе,

односно праћење нивоа подземних вода од почетка реализације. Концепт узимања узорака за хемијске анализе обухватао је узорковања вода у периоду малих вода (август-септембар) и великих вода након кишног периода (октобар-новембар). Са друге стране, мерења нивоа подземних вода су планирана као континуирана током периода август-децембар, динамиком која је зависно од врсте водног тела, дефинисана са локалним извориштима. На тај начин покушано је да се што прецизније дефинише сезонска флукуација хемијског састава и нивоа подземних вода, имајући у виду временску лимитираност узроковану кратким роком имплементације пројекта, али и периодом неопходним за израду хемијских анализа.



**Слика 1.** Локације објекта у оквиру оперативног мониторинга ПВ  
**Figure 1.** Locations of objects within groundwater operational monitoring

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Највећи број осматрачких објеката је лоциран и одабран у подручјима постојећих изворишта, али где год је то било могуће изван непосредне зоне утицаја бунара у раду. Такав концепт може дати релевантне и ажурне податке о стању подземних вода и при том умногоме рационализује и олакшава организацију мониторинг мреже. Избор локација за осматрање квалитета био је диригован степеном угрожености подземних вода од загађења, тако да је највећи број локација концентрисан на територију Војводине, затим алувијоне Црног, Белог и Великог Тимока, Западне и Велике Мораве када је реч о централној Србији. У табели 1 дати су бројеви мониторинг објеката где су установљене повишене концентрације неких параметара квалитета подземних вода. Генерално, оцењено је да су најугроженија водна тела у Војводини која припадају „основном водоносном хоризонту“ (мада се ради о утицају геогенетских фактора),

односно водна тела формирана у алувијонима већих речних токова када је реч о централној Србији.

**Табела 1.** Упоредни приказ броја мониторинг водних објеката у односу на 21 узорак у којима су констатоване повишене концентрације одређених параметара квалитета подземних вода

**Table 1.** Comparative review of the number of monitoring water points out of 21 samples in which high concentrations of certain parameters of groundwater quality have been recorded

Период / Period	NTU	Ес	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	KMnO <sub>4</sub>	Fe	Mn	As	B
Мале воде / Low-water	10	3	11	1	15	7	7	4	4
Велике воде / High-water	2	0	10	1	8	9	8	4	4

Констатовано је присуство повећаних концентрација гвожђа и мангана у нешто плићим изданима интергрануларног типа у Војводини. Такође, потврђено је присуство арсена и бора у дубљим изданима формираним код Зрењанина и Новог Бечеја. Садржај бора прати садржај арсена и везан је за исте локације. Садржај азотне тријаде и утрошак KMnO<sub>4</sub> је у повећаном садржају претежно у Војводини, односно у алувијонима већих река. Када је реч о хемијским анализама подземних вода у оквиру великих вода, такође је уочен повећан садржај гвожђа и мангана, готово у истим водним телима, количине арсена и бора су забележене на истим мониторинг пунктовима, које су три, односно 8 пута веће од дозвољене концентрације. Оно што је уочљиво током теренских истраживања и израде хемијских анализа, јесте да је садржај пестицида код свих тестираних узорака био испод максималне дозвољене границе, чак и границе детекције, што може указивати или да постоји заштитни повлатни слој издани добрих ретенционих и разградљивих способности или на релативно слабо коришћење пестицида у пољопривреди. Са друге стране, што се тиче квантитативних карактеристика, на неколико водних тела уочено је благо опадање нивоа подземних вода током периода осматрања август – децембар, што се може објаснити генерално сушним летом, када није било довољно атмосферских падавина које би омогућиле адекватно прихрањивање. Сушни период је потрајао у већем делу Србије све до почетка новембра месеца, када је на простору неколико водних тела дошло до повећаних падавина што је узроковало и делимично попуњавање резерви подземних вода. Осим тога, неопходно је напоменути да за изузетно кратак рок од свега три месеца који је остављен за осматрања нивоа подземних вода, није било могуће у потпуности сагледати режим водозамене и квантитета издани, поготово када је реч о карстним изданима, али ће у наредним фазама реализације пројекта то бити могуће.

### ЗАКЉУЧАК

Оперативни мониторинг подземних вода Републике Србије извршен је у другој половини 2017. године на укупно 28 мониторинг пунктова на којима су вршена осматрања квалитета и/или квантитета подземних вода. Имајући у виду кратак период имплементације, концепт осматрања обухватао је узорковање подземних вода током периода малих и великих вода у два наврата, док је квантитет осматран континуирано током 3 месеца. Генерални закључак је да су подземне воде Републике Србије доброг квалитета уз присуство повишених концентрација одређених квалитативних параметара који су махом аутохтоног геогенетског порекла. Са друге стране, квантитативни оперативни мониторинг је показао минималне флукуације нивоа подземних вода и резерве веће од тренутне експлоатације. Другим речима, оперативни мониторинг је указао да одређена водна тела могу прећи из оперативног у надзорни мониторинг.

### ЗАХВАЛНОСТ

Истраживања су реализована средствима Министарства животне средине и МПНТР преко пројекта ОИ176022 на чему им аутори рада захваљују.

### ЛИТЕРАТУРА

Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског статуса подземних вода („Сл. Гласник РС“ бр.74/2011)

Стевановић З. & Докмановић П., 2015: Пројекат проширења мреже станица подземних вода, фондурска документација РГФ, Београд

Стевановић З., 2017: Извештај прве фазе пројекта Оперативни мониторинг подземних вода, фондурска документација РГФ, Београд

DIRECTIVE 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration (Директива о заштити подземних вода од загађивања и нарушавања квалитета)

WFD (2005): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Groundwater Summary Report, Directorate General Environment of the European Commission, Brussels, Belgium

WFD CIS Guidance Document No. 15 (2007): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance on Groundwater Monitoring, (Водич Документ бр. 15 - Водич за Мониторинг подземних вода) Directorate General Environment of the European Commission, Brussels, Belgium

### **CONCEPT AND FIRST RESULTS OF ESTABLISHED OPERATIONAL GROUNDWATER MONITORING OF SERBIA**

Zoran Stevanović,<sup>1\*</sup> Branislav Petrović,<sup>1</sup> Veljko Marinović,<sup>1</sup> Saša Milanović,<sup>1</sup> Ljiljana Vasić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre for Karst Hydrogeology, Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade (\*email: zstev\_@yahoo.co.uk)

**Key words:** groundwater, operational monitoring, WFD

#### INTRODUCTION

The monitoring of qualitative and quantitative characteristics of groundwater in the territory of Serbia was carried out in 2017, within the framework of the national project “Operational monitoring of surface and ground water of the Republic of Serbia”. The objective of the implementation of said operational monitoring was to improve the protection of the waters of the Danube River basin and the implementation of the Water Framework Directive (WFD) by further developing the existing groundwater monitoring network, in accordance with the requirements of WFD and the Directive on the protection of groundwater from pollution and deterioration of quality. The method of achieving the defined objective included testing the parameters of quantitative and chemical status (physical and chemical composition) of groundwater at selected monitoring points that so far have not been systematically monitored in the territory of the Republic of Serbia, assessed by previous analyses as being potentially or in fact under threat

#### CONCEPT AND IMPLEMENTATION OF OPERATIONAL MONITORING

The main principles of defining the concept of implementation of operational monitoring came as a result of the obligations of the Republic of Serbia to the European Union (EU) under Chapter 27, as part of the negotiations on Serbia's accession to full EU membership. The first step in the concept of organisation of groundwater operational monitoring was to select the most representative monitoring points within (a group of) 20 groundwater bodies. To determine the chemical status of groundwater, it was necessary to first define representative qualitative parameters in accordance with WFD and the valid regulations of the Republic of Serbia related to water quality. These parameters included monitoring of the main physical-chemical parameters, the content of nitrogenous compounds, organic matter, heavy metals and pesticides. The parameters for assessing the quantitative status of groundwater were to monitor the groundwater level in wells and piezometers, as well as the discharge of selected karst springs. Having in mind the definition of operational monitoring, the basis for the creation of the monitoring network were the maps of hazards and risks to the pollution of groundwater (Stevanović & Dokmanović, 2015), where only the most endangered groundwater bodies were taken into consideration. Thus, in accordance with the conditions and criteria deriving from the WFD of the EU, the national regulations, the existing RHMZ [Republic Hydrometeorologic Service of



Serbia] networks, the registered direct users of groundwater in Serbia obliged to monitor the groundwater regime, as well as others, 20 points for quantitative monitoring and 20 for qualitative monitoring were selected within the group of groundwater bodies (GVT) (Figure 1). Due to the rationalisation of the costs and the real state of groundwater vulnerability, a certain number of groundwater bodies were included in the quantitative and qualitative groundwater operational monitoring at the same time. One additional monitoring point was added to the qualitative monitoring in the course of the research. The concept of the research involved groundwater sampling, chemical analysis and/or groundwater level monitoring. The implementation dynamics included two series of groundwater sampling needed for chemical analyses and monitoring of the groundwater level from the beginning of the implementation. The concept of sampling for chemical analyses included sampling of water in the low-water period (August-September) and the high-water period after a rainy period (October-November). On the other hand, continued measurements of groundwater level were planned during the period August-December, with the dynamics of sampling defined by the local groundwater sources. In this way, an attempt was made to precisely define the seasonal fluctuation of the chemical composition and groundwater level, taking into account the time limitation caused by the short project implementation deadline, as well as the period necessary for performing a chemical analysis.

### RESULTS AND DISCUSSION

The majority of the monitoring points were located and selected in the areas of existing groundwater sources, but - wherever it was possible - outside the radius of wells. Such a concept can provide relevant and up-to-date information on groundwater status, significantly reducing and facilitating the organisation of the monitoring network. The selection of locations for groundwater quality monitoring was conducted based on the degree of groundwater vulnerability, and therefore the largest number of locations were concentrated in Vojvodina, in alluvial sediments of the Crni, Beli and Veliki Timok rivers and the Zapadna and Velika Morava rivers in central Serbia. Table 1 shows the number of monitoring points where high concentrations of some parameters of groundwater quality have been recorded. Generally, it is estimated that the most vulnerable groundwater bodies in Vojvodina belong to the "basic aquifer" (although geogenetic factors also play a role) and groundwater bodies formed in alluvions of larger rivers in central Serbia. The presence of high concentration of iron and manganese was noted in somewhat shallow intergranular aquifers in Vojvodina. Also, the presence of arsenic and boron was confirmed in the deeper aquifers formed in Zrenjanin and Novi Bečej. The content of boron follows the content of arsenic and is related to the same locations. The content of nitrogen compounds and the  $\text{KMnO}_4$  consumption was found in increased concentration mostly in Vojvodina and in the alluvials of larger rivers. As regards chemical analyses of groundwater during high-water periods, there was also an increase in the content of iron and manganese, almost in the same groundwater bodies, while the quantities of arsenic and boron that are three, sometimes even eight times higher than the allowed concentration limit were recorded at the same monitoring points. What was noted during field research and chemical analysis was that the pesticide content of all the tested samples was below the maximum allowed concentration limit, even below the detection limit, which may indicate either that there is a protective overlying layer with good retention and degradability capabilities, or that the use of pesticides in agriculture is relatively low. On the other hand, when it comes to quantitative characteristics, a slight decrease in the groundwater level was observed on several groundwater bodies during the observation period from August to December, which can be explained by the generally dry season without sufficient atmospheric precipitation to allow adequate recharge. In most parts of Serbia, the drying-out period lasted until the beginning of November, when the increased precipitation occurred in some areas, causing partial replenishment of groundwater reserves. Besides the above, it is also necessary to note that the exceptionally short period of only three months, assigned for the observation of the groundwater level, was not sufficient to fully consider the water regime, especially in the case of karst aquifers.

#### CONCLUSION

Operational groundwater monitoring of the Republic of Serbia was performed in the second half of 2017, at the total of 28 monitoring points where observations of the quality and/or quantity of groundwater were carried out. Bearing in mind the short period of implementation, the concept of observation included groundwater sampling during the low-water and high-water period on two occasions, while the quantity was observed continuously for three months. The general conclusion is that the groundwater of the Republic of Serbia is of good quality, with the presence of high concentration of certain qualitative parameters that are mostly of autochthonous geogenetic origin. On the other hand, quantitative operational monitoring has shown minimal fluctuations of groundwater levels, and reserves that are greater than the current exploitation. In other words, operational monitoring has indicated that certain groundwater bodies can be switched from operational to surveillance monitoring.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The research was carried out using the funds provided by the Ministry of Environment and MPNTR through the OI176022 project, for which the authors express their gratitude.