



# The importance of an integrated approach to the decommissioning of hydrogeological objects on the example of the "Homolje Neresnica" groundwater source near Kučevo

Vladimir ŽIVANOVIĆ<sup>1\*</sup> , Nebojša ATANACKOVIĆ<sup>1</sup> , Sava MAGAZINOVIC<sup>1</sup>, Saša STOJADINOVIC<sup>1</sup>   
& Sunčica GARDIJAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology, Djusina 7, 11000 Belgrade, Serbia.

\*Corresponding Author e-mail: [sava.magazinovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:sava.magazinovic@rgf.bg.ac.rs)

**Abstract:** Proper decommissioning of abandoned or damaged wells and boreholes is of particular importance for preventing groundwater contamination, loss of pressure in confined aquifers, hydraulic connection between different aquifers, and changes in groundwater quality. This paper presents the decommissioning of the exploratory hydrogeological borehole K-1 within the "Homolje Neresnica" groundwater source. The source is used for bottling natural mineral water and taps a karst aquifer in Lower Cretaceous limestones. The aim of the study was to adequately decommission the damaged borehole, protect the captured aquifer, and ensure undisturbed exploitation from wells KB-1 and KB-2. Methodologically, a phased approach was applied, comprising: assessment of the borehole condition (underwater camera inspection, CBL logging, air-lift cleaning), sealing of the intake section with quartz gravel and a bentonite plug followed by cementation, perforation of casing sections with insufficient cement bonding and injection of new cement into the casing and annulus, as well as final cutting, removal of the steel casing, and complete cement backfilling up to the ground surface. The implemented activities resulted in hermetic sealing of the entire borehole and a complete cessation of artesian flow, thereby preserving groundwater quality and the existing exploitation regime. The research highlights the importance of a phased, professionally supervised approach to decommissioning old or damaged structures under complex hydrogeological conditions.

**Keywords:** borehole liquidation; well liquidation; Neresnica Homolje; bottling; carbonated water.

**Article history:** <Manuscript received 12 January 2026. - Accepted 4 March 2026.>

## Значај интегралног приступа ликвидацији хидрогеолошких објеката на примеру изворишта „Хомолје Нересница“ код Кучева

Владимир ЖИВАНОВИЋ<sup>1\*</sup>, Небојша АТАНАЦКОВИЋ<sup>1</sup>, Сава МАГАЗИНОВИЋ<sup>1</sup>, Саша СТОЈАДИНОВИЋ<sup>1</sup>  
& Сунчица ГАРДИЈАН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд, Србија.

\*Кореспондирајући аутор: e-mail: [sava.magazinovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:sava.magazinovic@rgf.bg.ac.rs)

**Апстракт:** Правилна ликвидација напуштених или оштећених бунара и истражних бушотина од посебног је значаја за спречавање контаминације подземних вода, губитка притиска у изданима под притиском, хидрауличког повезивања различитих водоносних хоризоната и неповољних промена у квалитету подземних вода. У овом раду приказана је ликвидација истражне хидрогеолошке бушотине К-1 у оквиру изворишта „Хомолје Нересница“. Извориште се користи за флаширање природне минералне воде и каптира карстну издан у доњокредним кречњацима. Циљ истраживања био је да се на адекватан начин изврши ликвидација оштећене бушотине, заштити каптирана издан и обезбеди неугрожена експлоатација из бунара КБ-1 и КБ-2. Методолошки, примењен је фазни приступ који је обухватио: утврђивање стања бушотине (снимање подводном камером, СВЛ каротаж, чишћење аир-лифтом), запуну водопријемног дела кварцним гранулатом и бентонитским тампоном са накнадном цементацијом, перфорацију делова обложне колоне са недовољном цементацијом и утискивање новог цемента између колоне и међупростора, као и завршно сечење, вађење челичне колоне и потпуно цементацију до површине терена. Изведене активности су резултирале херметичким запуњавањем комплетне бушотине и потпуним заустављањем самоизлива што је омогућило очување квалитета и режима експлоатације подземних вода. Изведена истраживања показују значај фазног и стручно вођеног приступа ликвидацији старих или оштећених објеката у сложеним хидрогеолошким условима.

**Кључне речи:** ликвидација бушотина; ликвидација бунара; Нересница Хомолје; флаширање; угљокиселе воде.

**Хронологија:** <Рад примљен 12. јануара 2026. - Прихваћен 4. марта 2026.>



## 1. Увод

Ликвидацији напуштених и оштећених бунара и истражних бушотина треба приступити са посебном пажњом како би се спречила контаминација подземних вода, спречили физички хазарди као што је урушавање конструкције, одржао пијезометарски притисак у случају издани под притиском, сачувале резерве подземних вода и спречило мешање вода из различитих водоносних хоризоната. У већини развијених земаља прописана је обавеза ликвидације или конзервације таквих хидрогеолошких објеката (Hodder, 2017) уз давање техничких смерница на који начин је извести.

Специфичну врсту изазова представља ликвидација у оквиру изворишта која се користе за јавно водоснабдевање или флаширање, какав је био случај са извориштем „Хомоље Нересница“. У циљу заштите квалитета подземних вода који је од пресудног значаја, код оваквих изворишта је неопходно приступити са посебним мерама опреза. Додатно, радови на ликвидацији треба у што мањој мери да наруше постојећу експлоатацију подземних вода, како не би дошло до значајнијих прекида у водоснабдевању.

Поступак ликвидације зависи од низа фактора, као што су хидрогеолошке карактеристике терена, нпр. хидродинамички услови у каптираној издани (са слободним нивоом или под притиском), затим начина израде бунара или бушотине и тренутног стања у којем се налази, опреме која је уграђена у њима, па до низа других специфичних чиниоца које треба узети у обзир, а који се по правилу разликују између локација. Сходно томе, не постоји универзално упутство, већ свакој ликвидацији треба приступити на одговарајући начин како би се очувале квалитативне и квантитативне карактеристике подземних вода.

У овом раду је приказан поступак ликвидације истражне хидрогеолошке бушотине К-1 која се налази у извориште „Хомоље Нересница“ код Кучева, а која је изведена давне 1970. године. Бушотина је имала самоизлив дужи временски период, при чему је у последње време било приметно истицање подземних вода и између зида бушотине и челичне обложне колоне. Сходно томе, представљала је ризик по предметно извориште које се користи за флаширање природне минералне воде.

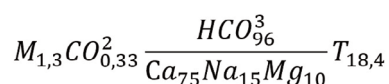
## 2. Опште карактеристике изворишта „Хомоље Нересница“

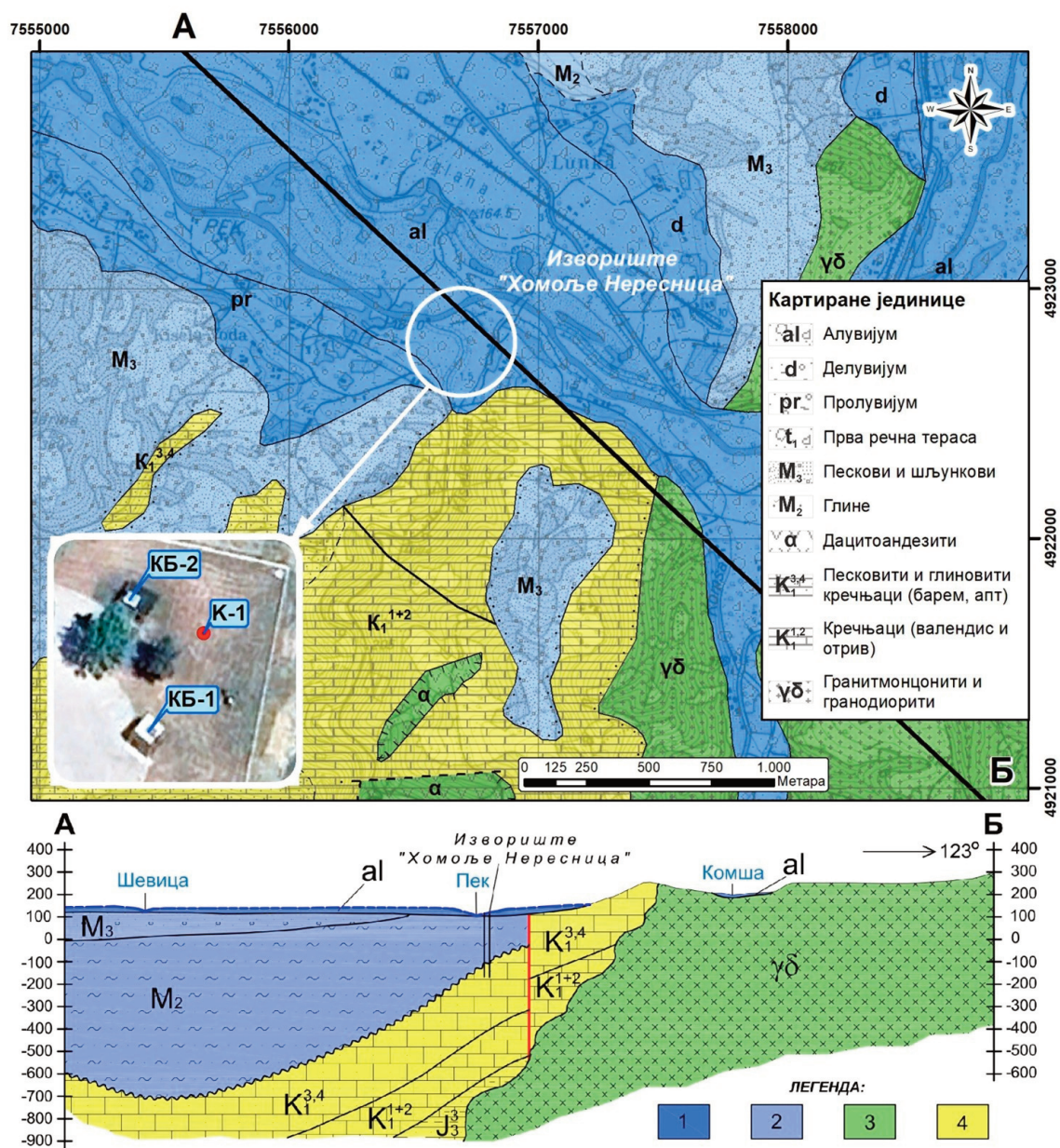
Извориште „Хомоље Нересница“ налази се у источној Србији, у атару села Нересница у близини Кучева, од кога је удаљено 6 km у правцу југоистока. Терен на којем се налази извориште у орографском смислу припада Јужним Карпатима. Извориште је у прошлости било познато под називом „Кисела вода“, међутим променом корисника предметног ресурса током 2021. године, промењен је и назив у „Хомоље Нересница“.

Геолошка грађа ширег подручја изворишта је веома комплексна, с обзиром да у њој учествују стене почев од најстаријих, протерозојских шкриљаца и гнајсеви, преко палеозојских метаморфита и магматских стена, затим мезозојских кластита и карбоната, до најмлађих, квартарних творевина, представљених терасним, пролувијалним, делувијалним и алувијалним седиментима (Kalenić & Hadži Vuković, 1978). Додатну комплексност геолошкој грађи даје и нереснички гранитоид, који се налази у непосредној близини изворишта, као и веома сложена тектоника овог дела Јужних Карпата (Kalenić et al., 1980). Мезозојски кречњаци испуњавају геосинклинални простор правца пружања С-Ј, настао у зони сучељавања палеозојских и протерозојских метаморфита и магматита (Krunić et al., 2012).

Извориште „Хомоље Нересница“ се састоји од два бунара, КБ-1 и КБ-2, који су изведени почетком две хиљадитих година. Бунари КБ-1 и КБ-2 каптирају кречњаке доњокредне старости у интервалу дубине 181-287 m. У оквиру њих формирана је карстна издан под притиском са артеским нивоом (Слика 1). Кречњаци су веома карстификовани, са идентификованим кавернама дециметарских до метарских димензија у више дубинских интервала.

Резерве подземних вода предметног изворишта су оцењене на 29,4 l/s, уз могућност повећања у будућности с обзиром да се ради о водоносној средини са изузетним филтрационим карактеристикама (Živanović & Magazinović, 2025). Каптиране воде су минерализоване, угљокиселе са садржајем CO<sub>2</sub> од 300-400 mg/l, благо повишене температуре (до 20 °C), хидрокарбонатне класе, калцијумске групе:





Слика 1. Хидрогеолошка карта и хидрогеолошки профил ширег подручја изворишта „Хомоље Нересница“. Легенда: 1. Збијени тип издани у квартарним седиментима; 2. хидрогеолошки комплекс у неогеним седиментима; 3. пукотински тип издани; 4. карстни тип издани (подлога Kalenić & Hadži-Vuković, 1978)

Порекло угљендиоксида у подземним водама се везује за Нереснички гранитоид, односно за метаморфне процесе који су се десили приликом његовог утискивања. Угљендиоксид са већих дубина, највероватније раседним структурама, доспева до карстне издани у мезозојским кречњацима, што доводи и до повећања минерализације и садржаја хидрокарбоната у предметним подземним водама (Parić et al., 1994).

На основу изотопских анализа одређена је старост подземних вода од око 20.000 година. Воде порекло од падавина са нижих надморских висина (Milivojević, 1989).

На локацији самог изворишта, предметни ресурс подземних вода откривен је још давне 1970. године израдом истражне хидрогеолошке бушотине К-1. Изведена је до дубине од 252 m на око 280 m од некадашње природне појаве истицања минералних вода у кориту потока Кисела вода. Бушотина се налазила

на 20 m од бунара КБ-1, односно 13 m од бунара КБ-2. Бушење истражне бушотине је изведено пречником  $\varnothing$  146 mm до дубине од 186 m, након чега је уграђена и цементирана челична обложна колона спољњег пречника  $\varnothing$  113 mm до површине терена. Даље бушење је настављено пречником  $\varnothing$  86 mm до крајње дубине бушотине. Водопријемни део је остао незацењен (open hole). Израдом бушотине добијен је самоизлив у количини од 5 l/s. Непосредно након израде бушотине, у лето 1970. године, измерен је хидростатички притисак од око 0,3 bara (Milovanović, 2000).

Услед старости и дотрајалости бушотине К-1, током времена је дошло до истицања подземних вода из међупростора између зида бушотине и челичне обложне колоне.

### 3. Методологија изведених радова на ликвидацији бушотине К-1

Услед појаве истицања подземних вода у међупростору око челичне обложне колоне јавила се потреба за ликвидацијом бушотине К-1. Сходно томе, представљала је ризик по извориште, примарно по квалитет каптираних подземних вода и опадање хидростатичког притиска у каптираној издани, с обзиром да се налазила на веома малом растојању од бунара КБ-1 и КБ-2.

Посебан изазов представљала је чињеница да на бушотини постоји самоизлив. Додатно, није било познато у каквом стању се бушотина тренутно налази, с обзиром да је изведена пре више од 50 година.

Ликвидација истражне хидрогеолошке бушотине К-1 изведена је крајем 2023. године у неколико фаза (Andrijašević, 2024):

1. Припремни радови (провера стања бушотине) - снимање бушотине подводном камером, провера интегритета цементне испуне у међупростору око обложне колоне применом каротајне методе Cement Bond Log (CBL), чишћење бушотине методом air-лифта и постављање привремене „главе“ са манометром;
2. Ликвидација дела бушотине 201-112 m - уградња кварцног гранулата и глиненог тампона и цементација у обложној колони;
3. Ликвидација дела бушотине 112-30 m – перфорација обложне колоне и цементација обложне колоне и међупростора;
4. Ликвидација дела бушотине 30-0 m – разбушивање око обложне колоне, сечење и вађење обложне колоне и цементација бушотине.

Фазни приступ је омогућио да се бушотина ликвидира успешно уз што мање прекиде у експлоатацији подземних вода из изворишта.

Сви радови на ликвидацији бушотине су изведени са одговарајућом гарнитуром за бушење.

Материјали и опрема који су коришћени су претходно дезинфиковани распршивањем под притиском, нарочито они употребљавани за ликвидацију водопријемног дела бушотине. За те потребе коришћен је 3 % раствор дезинфицијенса на бази водоник пероксида (Охурак S).

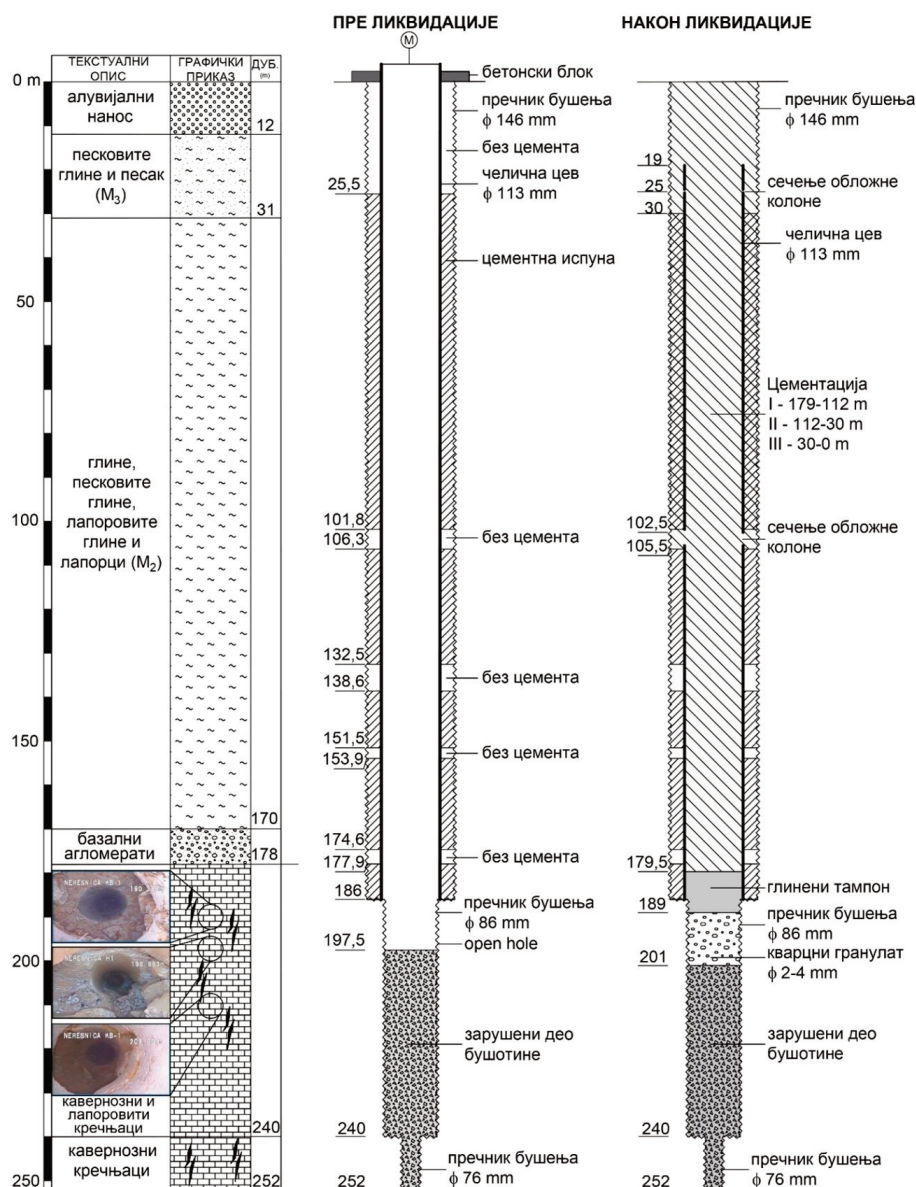
Из изворишта није вршена експлоатација током ликвидације водопријемног дела бушотине. Након тога, започето је захватање подземних вода уз сталну контролу квалитета подземних вода у интерној лабораторији пунионице.

### 4. Резултати и дискусија

На основу припремних радова (прва фаза радова) детектовано је да је бушотина проходна до дубине од 201 m. Претпоставка је да је у овом делу бушотина блокирана материјалом из каверне, која се налази непосредно изнад. На основу снимка камером утврђено је да нема оштећења челичне обложне колоне и да су варови на цевима конзистентни. Применом CBL каротајне методе констатовано је да је око 41 m' међупростора између зида бушотине и обложне колоне без цемента и то у следећим интервалима дубине: 0-25,5 m; 101,8-106,3 m; 132,5-138,6 m; 151,5-153,9 m и 174,6-177,9 m. Преостали део цементираног међупростора одликује се добрим интегритетом цементне испуне. С обзиром да је у бушотини констатовано присуство материјала из каверне, као и других нечистоћа, извршено је чишћење бушотине ком-

пресиращем. Бушотину није било могуће прочистити испод дубине од 201 m. На привремено постављеној „глави“ измерен је хидростатички притисак од око 0,05 бара, односно око 1 m изнад површине терена.

Циљ припремних радова је био да се утврди стање у којем се бушотина тренутно налази, а на основу тога да се у детаљу испланирају сви радови неопходни за њену успешну ликвидацију. Радови на самој ликвидацији (друга фаза радова) започети су уградњом кварцног гранулата пречника зрна  $\varnothing$  2-4 mm у интервалу дубине 201-189 m (Слика 2), односно у водопријемном (open hole) делу бушотине. Уградња гранулата је вршена кроз бушаће цеви спуштене испод пете обложне колоне. У преостали простор водо-



Слика 2. Литолошки опис и конструкција бушотине К-1 пре и после ликвидација

пријемног дела уграђен је тампон од бентониске глине. Глинени тампон уграђен је у интервалу бушотине 189-179,5 m, односно 3 m у водопријемном делу бушотине и 6,5 m у челичној обложној колони. Након уградње кварцног гранулата и глиненог тампона заустављен је самоизлив на бушотини.

Друга фаза ликвидације бушотине К-1 завршена је цементацијом у обложној колони у интервалу дубине 179,5-112 m. Цементација је изведена одоздо навише, преко бушаћих цеви спуштених у бушо-

По завршетку цементације, на бушотини није било радова неколико дана, како би се цементна маса везала (стврднала).

У наредној, трећој фази, најпре је извршена перфорација челичне обложне колоне у интервалу дубине 102,5-105,5 m. За та потребе коришћен је секач пречника  $\varnothing$  102 mm, који под притиском воде отвара ножеве све до максималног пречника сечења од  $\varnothing$  114 mm. Перфорација колоне је извршена целим обимом на 4 дубине: 105,5m, 104,5m, 103,5m и 102,5m, односно у делу бушотине где је CBL-ом детектовано да нема цементне испуне у међупростору. По успешно урађеној перфорацији челичне колоне извршена је цементација обложне колоне и међупростора у интервалу дубине 112-30 m. Цементно млеко густине  $\gamma = 1,8 \text{ kg/dm}^3$  упумпавано је у бушотину под притиском у зони перфорације колоне. Цементно млеко је потискивано водом и након постизања притиска од 3 бара бушотина је херметизована. На устима бушотине постављен је манометар у циљу праћења притиска у бушотини. Са почетних 3 бара, притисак се постепено смањивао на 1,5 бара, где се зауставио и није даље опадао. Након цементације, бушотина је била у фази мировања 3 дана, како би се омогућило адекватно везивање цемента.

Последња, четврта фаза ликвидације обухватила је вађење дела челичне обложне колоне пречника  $\varnothing$  113 mm и цементацију преосталог дела бушотине. На почетку ове фазе извршено је сечење челичне колоне на дубини од 25 m. Затим је покушано вађење колоне које је било неуспешно. Услед тога се приступило разбушивању око колоне бушаћом круном пречника  $\varnothing$  168 mm. На овај начин је бушено до дубине од око 30 m, односно до врха цементне испуне из претходне фазе радова. Челична колона је покренута помоћу сајле на бушаћој гарнитурџи, при чему је извађено укупно 19 m' колоне. На овај дубини је приликом потезања дошло до пуцања челичне колоне. У склопу завршетка радова у овој фази извршена је цементација преосталог дела бушотине у интервалу дубине од 30 m па до површине терена. Предметном цементацијом је фактички завршена ликвидација бушотине К-1.

Током реализације свих радова на ликвидацији бушотине К-1, квалитет подземних вода из бунара КБ-1 и КБ-2 је био стабилан, без појаве замућења или неке од загађујућих материја. Сходно томе, може се констатовати да је реализована успешно, уз прекид у експлоатацији подземних из изворишта у трајању од само неколико дана.

## 5. Закључак

Подземне воде из изворишта „Хомоље Нересница“ код Кучева се користе за флаширање природне минералне воде. Извориште се састоји од два бунара који каптирају карстну издан под притиском, са артеским нивоом у оквиру доњокредних кречњака на дубинама испод 180 m. Предметни кречњаци су интензивно карстификовани, услед чега представљају водоносну средину са изузетним хидрогеолошким потенцијалом. Појединачни капацитети бунара се крећу изнад 15 l/s.

У изворишту се налазила и истражна хидрогеолошка бушотина К-1, која је изведене пре више од 50 година. На бушотини је било приметно истицање подземних вода око „уста“ бушотине, односно између зида бушотине и челичне обложне колоне. Као таква, представљала је опасност по извориште, на првом месту по квалитет каптираних подземних вода. Услед тога, током 2023. године, успешно је ликвидирана. Посебна пажња посвећена је припремним радовима који су имали за циљ да утврде стање у којем се налази бушотина К-1, што је било од круцијалног значаја за даље планирање ликвидације.

Ликвидација бушотине К-1 указала је на значај интегралног приступа у истраживачком процесу при специфичним условима који су присутни у предметном изворишту, као што су старост бушотине, присуство самоизлива на бушотини, нешто агресивније воде (угљокиселе), близина експлоатационих објеката (бунара), као и готово свакодневне потребе за експлоатацијом вода из изворишта.

Додатно, пример из изворишта „Хомоље Нересница“ указао је да је присуство инжењера хидрогеологије кроз све фазе ликвидације, почев од припремних радова, преко планирања/пројектовања, па до самог извођења, од кључног значаја за успешну реализацију ликвидације, као и ангажовање бушачке компаније са дугогодишњим искуством у изради бунара у фази извођења радова.

## Финансирање

Ово истраживање је подржано од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије по основу уговора 451-03-34/2026-03/ 200126 и 451-03-33/2026-03/ 200126.

## Сукоб интереса

Аутори изјављују да немају било какав финансијски, професионални или лични сукоб интереса који би могао утицати на објективност резултата и тумачење података представљених у овом раду. Ниједан од аутора није у позицији која би могла изазвати сумњу у непристрасност истраживања, нити је било директног или индиректног комерцијалног, институционалног или личног утицаја на израду рукописа. Уколико дође до промене околности, аутори ће благовремено обавестити уредништво.

## Литература - References

- Andrijašević, J. (2024). *Izveštaj o stručnom hidrogeološkom nadzoru nad izvođenjem istraživanja za potrebe likvidacije bušotine K-1 u izvoristu „Kisela voda“ u Neresnici kod Kučeva* (izveštaj u rukopisu). Aquaterra Consulting doo, Beograd.
- Hodder, E.A. (2017). Well Decommission, Policy, Processes, and the Urban Environment. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 159 (1), 117-126. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2016.03233.x>
- Kalenić, M., Hadži-Vuković, M. (1978). *Osnovna geološka karta 1: 100 000, list Kučevo (L 33-128)*. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Kalenić, M., Hadži-Vuković, M., Dolić, D., Lončarević, Č., Rakić, M. (1980). *Tumač za Osnovnu geološku kartu 1: 100 000, list Kučevo (L 33-128)*. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Krunić, O., Parlić, S., Jovanović, M. (2012). Geneza ugljikiselih voda Kučevskog neogenog basena. *Zbornik radova XIV srpskog simpzijuma o hidrogeologiji, Zlatibor*, 245-251.
- Milivojević, M., (1989). *Ocena geotermalnih resursa teritorije SR Srbije van teritorija SAP*. Doktorska disertacija u rukopisu. Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, pp. 1-478.
- Milovanović, B. (2000). *Elaborat o rezervama mineralnih voda u istražnom prostoru Kučevo* (elaborat u rukopisu). Geozavod, Beograd.
- Papić, P., Dragišić, V. i Miladinović B. (1994). Pojave ugljikiselih voda u Karpato-balkanidima istočne Srbije i mogućnost njihovog flaširanja. *Zbornik radova međunarodne konferencije „Kvalitet voda“*, Čačak, 143-147.
- Živanović, V. i Magazinić, S. (2025). *Šesti Elaborat o rezervama prirodnih mineralnih voda izvorišta „Homolje Neresnica“ u opštini Kučevo (bunari KB-1 i KB-2)* (elaborat u rukopisu). Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

**Одрицање од одговорности / Напомена издавача:** Изјаве, мишљења и подаци садржани у свим публикацијама су искључиво мишљење појединачних аутора/аутора и сарадника и не представљају ставове СГД и/или уредника. СГД и/или уредници одричу се одговорности за било какве повреде личности или имовине које могу настати као резултат било којих идеја, метода, упутстава или производа на које се упућује у садржају.