

# Integrirani pristup očuvanju javnog zdravlja i vodnih resursa Banja Luke: zaštita izvorišta podzemnih voda „Subotica“

DRAGOLJUB I. BAJIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Univerzitet u Banjoj Luci,

Rudarski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina

ORCID: 0000-0002-4839-1093

MILICA D. STEPANOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0006-1594-3898

Stručni rad

UDC: 628.1.033(497.6)

502.51(497.6)

DOI: 10.5937/tehnika2504389B

Izvorište „Subotica“ predstavlja jedan od najstarijih i najvažnijih vodnih resursa u okviru regionalnog vodovodnog sistema grada Banja Luka (Republika Srpska, Bosna i Hercegovina). Od puštanja u eksploataciju 1908. godine, ovo izvorište, smešteno na južnim padinama planine Strmac, obezbeđuje gravitacioni transport hemijski ispravne vode do korisnika. Formirano je od četiri vodozahvatna objekta: Trklja, Barica, Krakići i Paljevina, koji zajedno daju do 20 l/s pijaće vode. Infrastruktura izvorišta obuhvata kako kaptažne objekte, tako i sabirne rezervoare, prekidne komore, tunel kroz brdo Koprivnjak i cevovodnu mrežu ukupne dužine preko 22 km. Vodovodni sistem je tokom svog razvoja obuhvatio niz tehničkih rešenja, što ga čini primerom održive inženjerske prakse u oblasti vodosnabdevanja. Zahvaljujući visinskom položaju izvorišta, omogućen je efikasan gravitacioni transport vode do gradskog područja, dok se podsistem „Koprivnjak“, razvijen usled povećanih potreba za vodom, nadovezuje na postojeću mrežu. U okviru sprovedenih istraživanja izvršen je monitoring kvantitativnog i kvalitativnog režima tokom 2022. godine, a između ostalog i ocena ranjivosti podzemnih voda primenom „GOD“ metode, što predstavlja predmet ovog rada. Dobijeni rezultati pružaju temelje za unapređenje programa sanitarne zaštite, zaštitu vodnih resursa i održivo obezbeđivanje pijaće vode, čime se direktno doprinosi očuvanju javnog zdravlja i sigurnosti vodosnabdevanja grada Banja Luka.

**Ključne reči:** javno vodosnabdevanje, pijaće vode, zaštita vodnih resursa, ocena ranjivosti podzemnih voda

## 1. UVOD

Pitanje obezbeđivanja kvalitetne pijaće vode predstavlja jedan od najvažnijih aspekata očuvanja javnog zdravlja i održivog upravljanja prirodnim resursima u savremenim urbanim sredinama. Grad Banja Luka, kao administrativni i zdravstveni centar Republike Srpske, oslanja se na kompleksan regionalni vodovodni sistem koji obuhvata više izvorišta, među kojima izvorište „Subotica“ zauzima istorijski i funkcionalno značajno mesto. Izvorište „Subotica“, locirano na južnim padinama planine Strmac, postoji više od jed-

nog veka i karakteriše se stabilnim kvantitativno-kvalitativnim režimom, hemijski ispravnom vodom i infrastrukturom koja omogućava gravitacioni transport vode do urbanog područja. Njegova struktura obuhvata četiri kaptažne jedinice: Trklju, Baricu, Krakiće i Paljevinu, čije zajedničke karakteristike omogućavaju isporuku do 20 l/s pijaće vode [1].

Značajan deo vodovodnog sistema je projektovan i izveden početkom 20. veka, uključujući sabirne rezervoare, prekidne komore, cevovode i tunel kroz brdo Koprivnjak, ukupne dužine preko 22 km. Tokom poslednjih decenija, u okviru širenja sistema, razvijen je podsistem „Koprivnjak“, koji je integrisan u postojeću mrežu i doprinosi zadovoljavanju povećanih potreba za vodom u višim zonama naselja Pavlovac.

U vremenu kada se globalno sve više ističe značaj održivog upravljanja vodnim resursima, lokalna vodo-

---

Adresa autora: Dragoljub Bajić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7

e-mail: dragoljub.bajic@rgf.bg.ac.rs

Rad primljen: 12.07.2025.

Rad prihvaćen: 23.07.2025.

vodna infrastruktura mora biti usmerena ka očuvanju prirodnog vodnog resursa, racionalnoj eksploataciji i stalnom praćenju kvaliteta. Održivo vodosnabdevanje podrazumeva balans između potrošnje i očuvanja resursa, čime se omogućava dugoročna sigurnost u snabdevanju stanovništva pitkom vodom [2]. Ovaj koncept ne predstavlja samo tehnički izazov, već i pitanje javnog zdravlja, budući da kvalitet i dostupnost vode direktno utiču na epidemiološku situaciju, higijenske standarde i opštu dobrobit zajednice [3].

S obzirom na sezonske varijacije u izdašnosti i mutnoći vode, kao i potrebu za zaštitom izvorišta od potencijalnih antropogenih uticaja, sprovedena su sistematska istraživanja kvalitativnog i kvantitativnog režima podzemnih voda tokom 2022. godine [4, 5]. U okviru tih ispitivanja vršene su fizičko-hemijske i bakteriološke analize vode u skladu sa propisima Republike Srpske [6, 7].

Rezultati istraživanja predstavljaju osnovu za izradu strategije dugoročne zaštite i održivog upravljanja izvorištem, sa ciljem obezbeđivanja pouzdanog javnog vodosnabdevanja i očuvanja zdravlja stanovništva grada Banja Luka. U okviru ovog naučnog rada, istraživanje je usmereno na izradu i unapređenje programa sanitarne zaštite izvorišta „Subotica“, koje se sagledava kao ključna komponenta regionalnog sistema vodosnabdevanja grada Banja Luka.

Akcent se stavlja na kontinuirano praćenje kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika podzemnih voda tokom određenog vremenskog perioda, kako bi se stekao sveobuhvatan uvid u dinamiku izvorišta. Posebna pažnja posvećena je identifikaciji prirodnih i antropogenih faktora koji mogu uticati na ranjivost podzemnih voda u širem prostoru izvorišta, što je neophodno za pravovremenu reakciju i preventivne mere.

U skladu sa navedenim pristupom, sprovedena je evaluacija mogućnosti primene „GOD“ metode kao alata za ocenu ranjivosti podzemnih voda, čime se stvaraju pretpostavke za definisanje konkretnih zaštitnih režima u budućem planiranju. Polazna hipoteza rada zasniva se na pretpostavci da se metod „GOD“, uzimajući u obzir geološke, hidrogeološke i antropogene parametre, može uspešno primeniti na području izvorišta „Subotica“, omogućavajući time objektivnu procenu stanja i formulaciju smernica za očuvanje vodnog resursa.

Zaključci dobijeni iz sprovedenih analiza predstavljaju polaznu osnovu za izradu dugoročne strategije zaštite izvorišta, sa ciljem obezbeđivanja stabilnog i pouzdanog javnog vodosnabdevanja, očuvanja kvaliteta pijaće vode, kao i unapređenja opštih uslova za zaštitu javnog zdravlja na teritoriji grada Banja Luka.

## 2. ISTRAŽNO PODRUČJE

Geološku građu šire okoline istražnog terena čine naslage koje pripadaju mezozojskoj i kvartarnoj starosti [8, 9]. Najstariji slojevi su iz donjeg trijasa, među kojima su najzastupljeniji peščari, škriljci, peskoviti krečnjaci, kao i povremene pojave dolomita i konglomerata. Ovi sedimenti su bogati fosilima. Debljina ovih naslaga dostiže oko 400 m. Dalje, srednji i gornji trijas čine sivi dolomiti, koji su u ovom području posebno značajni jer upravo se u okviru njih nalazi vodonosni sloj. Ovi dolomiti, debljine oko 1400 m, taloženi su u uslovima plitkog mora i predstavljaju gotovo kompletan stratigrafski stub trijasa u ovom regionu. Iznad njih nalaze se slojevi jure, najpre lijaso-dogerski krečnjaci sa povremenim dolomitnim slojevima, a zatim malmski krečnjaci smeđe boje. Sedimenti jure su prisutni u jugozapadnim i severoistočnim delovima terena. Na pojedinim mestima, preko slojeva jure transgresivno se pružaju sedimentne tvorevine iz perioda gornje krede. One su flišnog tipa i sastoje se od raznobojnih krečnjaka, lapora, peščara i roznaca. Njihova debljina je oko 100 metara.

Na kraju, najmlađi geološki segment predstavljaju kvartarni aluvijalni nanosi reke Gomjenice, koji se nalaze u severozapadnom delu istražnog prostora. Sa tektonske strane, šira okolina pripada kompleksnoj zoni u kojoj se izdvajaju tri geotektonske jedinice. Od njih, relevantna za ovo istraživanje jeste jedinica „paleozojski škriljci i mezozojski krečnjaci“. Unutar ove zone postoje dve glavne tektonske strukture: sanski paleozoik i volarska tektonska jedinica.

Prilikom analize hidrogeoloških karakteristika, može se zaključiti da područje istraživanja pripada „Srednjem hidrogeološkom rejonu Republike Srpske“ [10], koji se prostire u okviru geotektonske jedinice sastavljene od paleozojskih škriljaca i mezozojskih krečnjaka. Na osnovu podataka sa hidrogeološke karte i rezultata terenskih istraživanja, identifikovana su tri glavna tipa izdani.

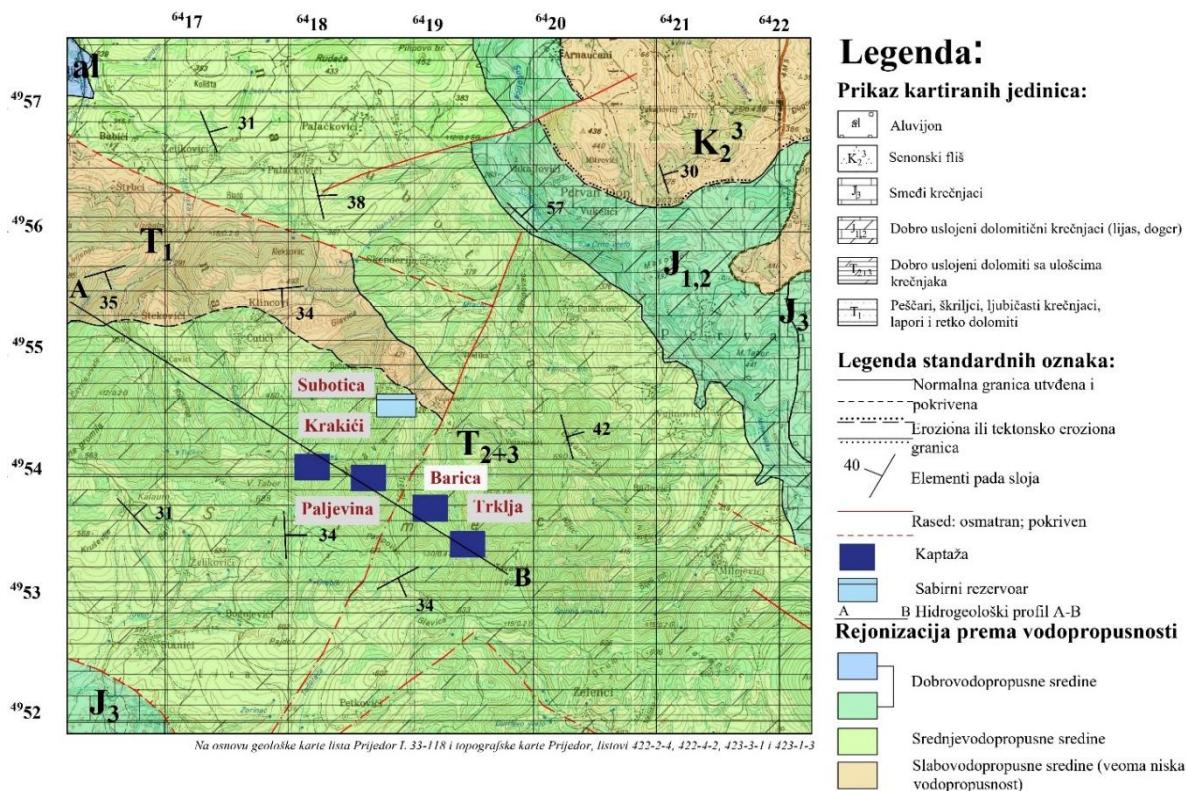
Zbijeni tip izdani, koji se javlja se u aluvijalnim nanosima reke Gomjenice, iako nije široko rasprostranjen, odlikuje se dobrim filtracionim karakteristikama.

Karstno-pukotinski tip izdani, razvijen je u smeđim krečnjacima, dolomitnim krečnjacima jurske starosti, kao i dolomitima srednjeg i gornjeg trijasa. Ovaj tip izdani ima visok stepen vodopropusnosti. Značajno prihranjivanje izdani vrši se direktno od padavina ili preko ponora. Shodno opštim karakteristikama ovakvog tipa izdani, direktno uslovljavaju oscilacije u izdašnosti prilikom isticanja. Upravo u dolomitima srednjeg i gornjeg trijasa formirane su podzemne vode koje kaptira izvorište „Subotica“, a koje se sastoji od više manjih izvora (Trklja, Barica,

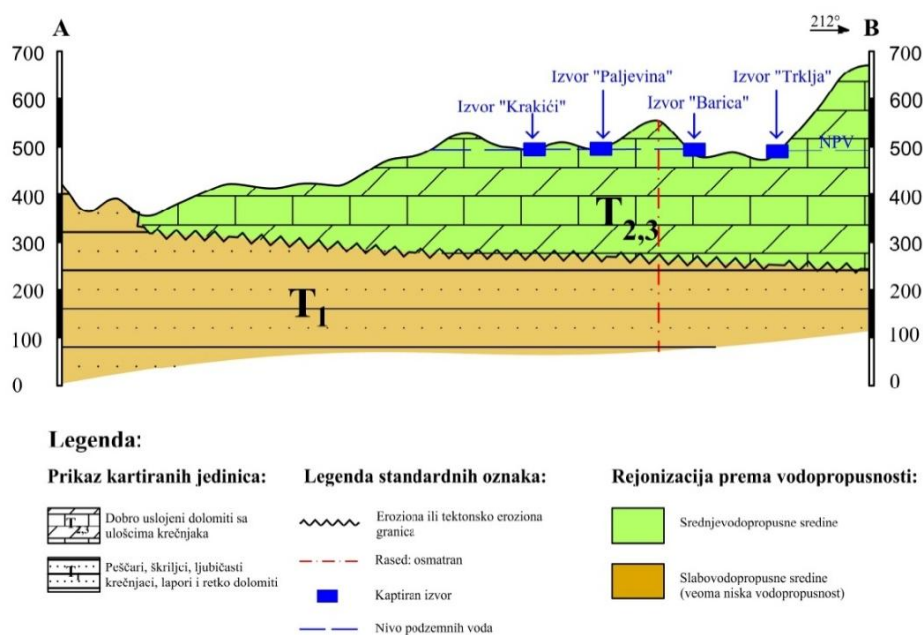
Paljevina i Krakići). Ukupan kapacitet tih izvora kreće se između 15 - 20 l/s.

Uslovno „bezvodni“ delovi terena odnose se na geološke formacije kao što su kredne flišne naslage i donjotrijaski sedimenti poput peščara, lapora i škriljaca, koji imaju slabu ili gotovo nikakvu vodo-propusnost.

Pored navedenog, izvršena je i rejonizacija terena prema vodu-propusnosti: zbijeni i karstno-pukotinski tip izdani (al, J<sub>1,2</sub> i J<sub>3</sub>) predstavljaju dobro vodo-propusne sredine, a srednjevodopropusne sredine čine sedimenti srednjeg i gornjeg trijasa (T<sub>2+3</sub>), dok u slabovodopropusne sredine spada kredni fliš (K<sub>2</sub><sup>3</sup>) i sedimenti donjeg trijasa (slike 1 i 2).



Slika 1 - Hidrogeološka karta izvorišta podzemnih voda „Subotica“ za vodosnabdevanje Banja Luke [10]



Slika 2 - Hidrogeološki profil izvorišta podzemnih voda „Subotica“ za vodosnabdevanje Banja Luke [10]

### 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodološki okvir ovog istraživanja zasniva se na kombinaciji terenskih hidrogeoloških aktivnosti, prikupljanja i analize podataka, kao i kabinetske obrade uz korišćenje GIS softvera i indeksne „GOD“ metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda. Cilj je sistematsko sagledavanje stanja izvorišta „Subotica“, identifikacija potencijalne ranjivosti od zagađenja, kao i definisanje smernica za sanitarnu zaštitu vodnog resursa.

Posebno se ističe da kako do sada nisu rađena detaljnija istraživanja na ovom delu terena, prikupljanje podataka za ovu analizu obuhvatilo je niz koordinisanih terenskih i laboratorijskih aktivnosti koje su bile neophodne za formiranje sveobuhvatnog uvida u hidrogeološke karakteristike izvorišta „Subotica“ [4]. Početna faza podrazumevala je detaljno hidrogeološko rekognosciranje terena [11], pri čemu je vršeno osmatranje geoloških formacija, morfoloških karakteristika i postojećih infrastrukturnih elemenata sistema vodosnabdevanja. Poseban fokus bio je na kaptažne objekte i njihovu prostornu povezanost u okviru regionalne mreže. Terenski rad obuhvatao je vizuelne opservacije pomenutih elemenata, uz geopozicioniranje pomoću GPS uređaja radi integracije u GIS bazu.

U sklopu prikupljanja kvantitativnih podataka, meren je proticaj na izlaznim tačkama kaptaža Trklja, Barica, Krakići i Paljevina, uz stalnu evidenciju izdašnosti tokom različitih vremenskih intervala kako bi se ustanovile sezonske oscilacije. Paralelno sa tim, sprovedeno je uzorkovanje vode za fizičko-hemijske i bakteriološke analize [4].

Kabinetska obrada podataka uključila je integraciju terenskih informacija u geografsku bazu podataka korišćenjem GIS softvera. Prostorna distribucija podataka omogućila je izradu digitalnih modela koji su korišćeni kao osnova za analizu ocene ranjivosti izvorišta.

U cilju ocene ranjivosti podzemnih voda, primenjena je indeksna metoda poznata kao „GOD“ [12, 13], koja je razvijena sredinom devedesetih godina kao pojednostavljena verzija DRASTIC metode [14]. GOD metoda predstavlja jednostavan i efikasan pristup za ocenu ranjivosti podzemnih voda, koji se temelji na analizi tri osnovna hidrogeološka parametra: tipa izdani (Groundwater occurrence - „G“), litološkog sastava zone aeracije (Overall lithology of unsaturated zone - „O“) i dubine do nivoa podzemne vode (Depth to groundwater - „D“). Svakom od ovih parametara dodeljuje se numerička vrednost u skladu sa definisanim klasifikacionim sistemom, nakon čega se vrednosti međusobno množe kako bi se dobio indeks ranjivosti. Ova metoda omogućava klasifikaciju prostora prema stepenu ranjivosti, što je od ključnog

značaja za planiranje zaštite izvorišta i upravljanje vodnim resursima. Vezano za tip izdani, određuje se da li se radi o slobodnoj izdani ili pod pritiskom, odnosno poluzatvorenoj ili zatvorenoj izdani, pri čemu su slobodne izdani najizloženije spoljnim uticajima. Litološki sastav nezasićene zone utiče na sposobnost porodne sredine da filtrira i zadrži zagađivače, dok dubina do podzemne vode određuje dužinu puta koji zagađivači moraju da pređu pre nego što dospeju do same izdani. Kombinovanjem ovih faktora dobija se indeks ranjivosti koji omogućava kategorizaciju područja na ona sa niskom, umerenom, visokom i veoma visokom ranjivošću. Iako je metoda jednostavna i pogodna za brzu procenu, njena ograničenja se ogledaju u činjenici da ne uzima u obzir sve relevantne faktore, poput padavina, brzine infiltracije ili antropogenih uticaja, zbog čega se preporučuje njena primena u kombinaciji sa drugim metodama, posebno u složenijim hidrogeološkim uslovima. Uprkos tome, GOD metoda ostaje koristan alat u inicijalnim fazama planiranja zaštite podzemnih voda, naročito u regionima gde su podaci ograničeni, kao što je slučaj sa izvorištem podzemnih voda „Subotica“, ili gde je potrebno brzo identifikovati prioriteta područja za dalja istraživanja i zaštitu.

Primena metode obuhvatila je izradu pojedinačnih tematskih karata za svaki od navedenih parametara. Te karte su potom preklapljene u GIS softveru, čime je dobijena finalna karta ranjivosti podzemnih voda na širem području izvorišta „Subotica“. Ova karta je klasifikovala teren prema stepenu ranjivosti koristeći vizuelno prepoznatljive klase u različitim bojama, koje simbolizuju intenzitet prirodne izloženosti podzemnih voda potencijalnom zagađenju. Takav rezultat predstavlja važan alat za upravljanje prostornim planovima, definisanje zona sanitarne zaštite i pravovremeno preduzimanje mera prevencije. Za prostornu analizu ranjivosti korišćen je GIS softver, koji omogućava izradu tematskih slojeva, generisanje karata i numeričku interpretaciju podataka. GIS okruženje je bilo ključno za prostornu kategorizaciju ranjivih zona i vizuelnu interpretaciju rezultata prema definisanim indeksnim vrednostima.

Rezultati dobijeni ovom metodom omogućili su identifikaciju zona sa izraženom ranjivošću, koje predstavljaju prioritet za sanitarne zaštitne mere. Time je obezbeđena stručna osnova za planiranje budućih aktivnosti u okviru lokalne strategije upravljanja vodnim resursima i prostorne zaštite izvorišta.

### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Na izvorištu „Subotica“, poroznu sredinu čine dobro uslojeni dolomiti sa krečnjacima srednjeg i gornjeg trijasa ( $T_{2+3}$ ). Na osnovu podataka prikazanih u okviru tumača za hidrogeološku kartu Republike Srpske, 1:300.000 [8], ovi sedimenti su okarakterisani kao

srednjevodopropusne sredine. Njihova debljine se, prema tumaču za osnovnu geološku kartu lista Prijedor kreće i do 1400 m [7].

Karta ranjivosti, a posledično i svaki od razmatranih faktora („G“, „O“ i „D“ faktor), određeni su za nešto šire područje istraživanja, odnosno za sedimente srednjeg i gornjeg trijasa ( $T_{2+3}$ ) i sedimente donjeg trijasa ( $T_1$ ). Karakteristike ovih sedimenata u pogledu određivanja vrednosti za svaki od pomenutih faktora definisane su na osnovu podataka za OGK ist Prijedor, 1:100.000 i pripadajućeg tumača [7], kao i na osnovu podataka dobijenih istraživanjima.

U skladu sa tim, vrednosti faktora „G“ na istražnom području koji se odnosi na hidrodinamičke karakteristike izdani su sledeće: sedimentima donjeg trijasa ( $T_1$ ), predstavljenim peščarima, škriljcima i laporima dodeljena je vrednost 0,6, koja odgovara slobodnoj izdani (pokrivenoj), a za dobro uslojene dolomite i krečnjake srednjeg i gornjeg trijasa ( $T_{2+3}$ ), vrednost ovog faktora iznosi 1, što zapravo karakteriše slobodnu izdan.

Litološki sastav i stepen konsolidacije slojeva u zoni aeracije (faktor „O“) definisana je sledećim vrednostima: 0,7 je dodeljena donjetrijaskim sedimentima ( $T_1$ ), dok za sedimente srednjeg i gornjeg trijasa ( $T_{2+3}$ ) iznosi 0,8.

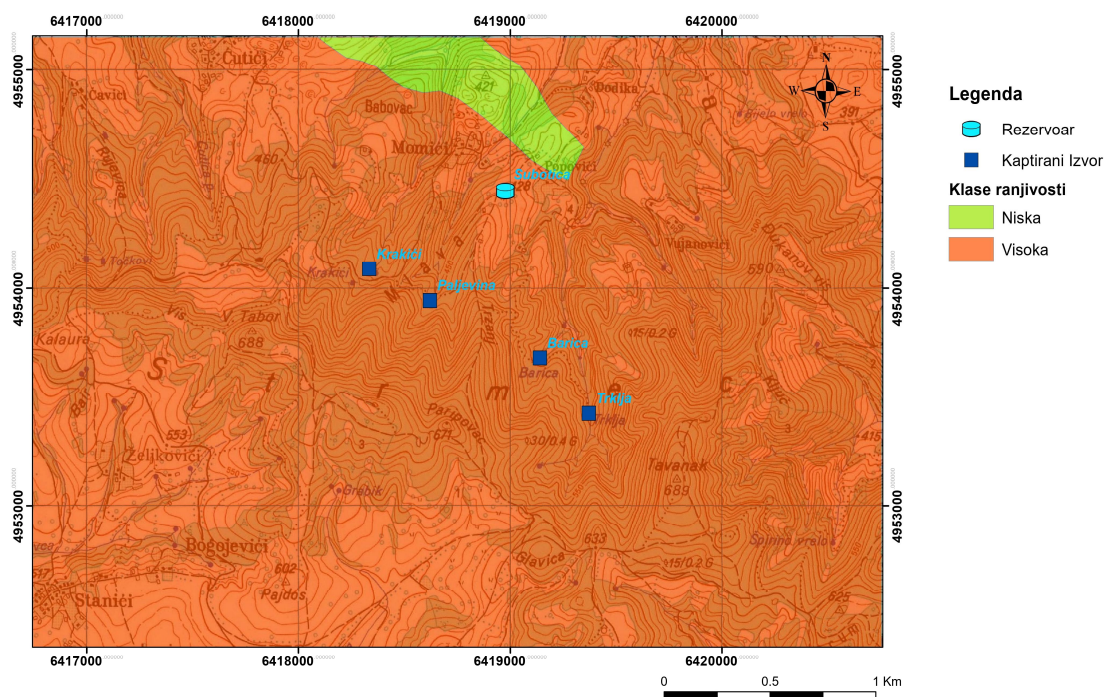
Vrednosti faktora „D“ na širem istražnom području definisana je u daljem tekstu. U okviru dolomita sa ulošcima krečnjaka srednjeg i donjeg trijasa ( $T_{2+3}$ ) ocenjeno je da dubina do nivoa podzemnih voda iznosi 5-20 m, zbog čega im je dodeljena vrednost od 0,8.

Pretpostavka je da je dubina do nivoa podzemnih voda kod tvorevina donje trijaskе starosti ( $T_1$ ) veća (20-50) m, odnosno, vrednost faktora „D“ iznosi 0,7.

Na kraju, u softveru, preklapanjem sve tri karte, dobija se konačna karta ranjivosti podzemnih voda koja je prikazana na slici 3. Izdvojene su dve klase ranjivosti. Visok stepen ranjivosti određen je u zoni samog izvorišta „Subotica“, u okviru dolomita sa krečnjacima srednjeg i gornjeg trijasa, što je donekle bilo i očekivano ako se uzme u obzir da je karstno-pukotinska izdan u ovom delu otkrivena, o čemu svedoče pre svega četiri, kaptirana, izvora (Barica, Trklja, Paljevina i Krakići). U ovom delu svakako da postoji potencijalna opasnost ranjivosti podzemnih voda na različite zagađivače.

Ono što pogoduje zaštiti ovih izvora, jeste to što se nalaze na hipsometrijski višem položaju od mogućih izvora zagađenja (poput npr. naseljenih mesta, industrije, poljoprivrednih aktivnosti i sl). Severnije u odnosu na predmetno izvorište, u okviru sedimenata donjeg trijasa, koji se u hidro-geološkom smislu karakterišu kao uslovno „bezzvodni“ delovi terena, ranjivost je ocenjena kao niska. Ovakvi slojevi svakako da mogu da spreče uticaj zagađivača sa površine terena.

Delovi terena u okviru kojih je ranjivost definisana kao „visoka“, svakako da zahtevaju i veću zaštitu, jer uvek postoji opasnost od potencijalnog zagađenja. Ovaj podatak svakako treba uzeti u obzir prilikom delineacije zona sanitarne zaštite izvorišta, a sve u skladu sa važećim Pravilnikom [4].



Slika 3 - Karta ranjivosti podzemnih voda zone izvorišta „Subotica“

## 5. ZAKLJUČAK

U kontekstu sve izraženijih izazova savremenog upravljanja vodnim resursima, očuvanje kvaliteta podzemnih voda i održivost sistema vodosnabdevanja predstavljaju ključne prioritete za lokalne samouprave i sektor javnog zdravlja. Sprovedeno istraživanje potvrdilo je da metod „GOD“ predstavlja efikasno rešenje za ocenu ranjivosti podzemnih voda, naročito u uslovima ograničene dostupnosti ulaznih podataka. Analizom litoloških, hidrogeoloških i morfoloških karakteristika terena definisane su zone sa različitim stepenom ranjivosti, koje su klasifikovane i vizualizovane putem karte ranjivosti izrađene korišćenjem GIS softverskih alata. Dobijeni rezultati potvrđuju polaznu hipotezu o primenljivosti metode „GOD“ na području izvorišta „Subotica“, čime se obezbeđuje pouzdana osnova za planiranje sanitarne zaštite i unapređenje tehničkih aspekata sistema vodosnabdevanja.

Naučni doprinos ovog istraživanja ogleda se u prilagođavanju i validaciji metode „GOD“ specifičnim hidrogeološkim uslovima izvorišta „Subotica“, čime se proširuje njena primenljivost u lokalnim kontekstima sa ograničenim podacima. Integracija GIS tehnologije u proces mapiranja ranjivosti doprinosi razvoju savremenih alata za prostorno planiranje i upravljanje rizicima u oblasti zaštite voda.

S druge strane, rad obogaćuje postojeću literaturu primerom primene metode „GOD“ u realnim uslovima, podstičući dalja istraživanja u oblasti hidrogeološkog modeliranja, GIS analiza i multisektorskog pristupa zaštiti vodnih resursa. Rezultati mogu poslužiti kao osnova za izradu nastavnih materijala, kao i za razvoj interdisciplinarnih studija koje povezuju geonauku, javno zdravlje i prostorno planiranje, čime se ističe direktan doprinos akademskoj zajednici.

I na samom kraju, treba dodati da dalje aktivnosti na predmetnom izvoristu podzemnih voda treba usmeriti ka integraciji rezultata u prostorne planske dokumente, proširenju monitoringa kvaliteta podzemnih voda, kao i razvoju savremenih metoda zaštite koje uključuju participaciju lokalne zajednice i multisektorske pristupe.

## 6. ZAHVALNICA

Autori izražavaju zahvalnost Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na podršci naučnim istraživanjima, koja su od suštinskog značaja za razvoj društva zasnovanog na znanju (Ugovor br. 4451-03-136/2025-03/200126).

Posebnu zahvalnost upućujemo uredniku i anonimnom recenzentu na konstruktivnim sugestijama i stručnoj pomoći, koje su značajno doprinele unapređenju naučne vrednosti i jasnoće ovog rada.

## LITERATURA

- [1] Bajić D, Stepanović M, Sanja B, Popović M, Applying data science techniques to groundwater vulnerability management and analysis: Case study of the groundwater source Novoselija, Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. *Review of the Bulgarian Geological Society*, 86 (1): 3-12. <https://doi.org/10.52215/-rev.bgs.2025.86.1.3>, 2025.
- [2] Mukherjee A, Jha M. K, Kim K. W, Pacheco A. L, *Groundwater resources: challenges and future opportunities*. Scientific Report, 14:28540. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79936-5>, 2024.
- [3] Xie X, Shi J, Pi K, Deng Y, Yan B, Tong L, Yao L, Dong Y, Li J, Ma L, Zheng C, Jiang G, Groundwater Quality and Public Health. *Annual Re-view of Environment and Resources*, 48:395-418. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112321-114701>, 2023.
- [4] Bajić D, Stepanović M, *Program sanitarne zaštite izvorišta „Subotica“ za vodosnabdijevanje grada Banja Luka*. Rudarski institut Prijedor, Prijedor, 2023.
- [5] Bajić D, Stepanović M, *Program sanitarne zaštite izvorišta „Novoselija“ za vodosnabdijevanje grada Banja Luka*. Rudarski institut Prijedor, Prijedor, 2023.
- [6] Pravilnik o mjerama zaštite, načinu određivanja, održavanja i obilježavanja zona sanitarne zaštite, *Službeni glasnik Republike Srpske*, br. 76/16, 2016.
- [7] Pravilnik o zdravstenoj ispravnosti vode namijenjene za ljudsku potrošnju, *Službeni glasnik Republike Srpske*, br. 88/17, 2017.
- [8] Mojićević S, Vilovski S, Tomić B, Pamić J, *Tumač za list Banja Luka L 33-119*. Savezni geološki zavod, Beograd, 1976.
- [9] Jurić M, *Tumač za list Prijedor L 33-118*. Savezni geološki zavod, Beograd, 1975.
- [10] Toholj N, Jolović B, Glavaš S, Mitrović D, *Tumač hidrogeološke karte Republike Srpske 1:300.000*. Republički zavod za geološka istraživanja Republike Srpske, Zvornik, 111 p, 2016.
- [11] Brassington R, *Field hydrogeology*, 3rd edn, 276 pp. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.
- [12] Ghazavi R, Ebrahimi Z, Assessing groundwater vulnerability to contamination in an arid environment using DRASTIC and GOD models. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12 (9) 2909-2918. DOI:10.1007/s13762-015-0813-2, 2015.
- [13] Foster S. S. D, Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy.

In: Van Duijvenbooden W, Van Waegeningh H. G, (Eds.). *Proceedings and information in vulnerability of soil and groundwater to pollutants*, vol. 38, TNO Committee on Hydrological Research, The Hague, pp. 69-86, 1987.

[14] Vrba J, Zapororec A, *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability*. International Contribution to Hydrogeology (IAH), 16:131 p, Hannover, 1994.

## SUMMARY

### AN INTEGRATED APPROACH TO PRESERVING PUBLIC HEALTH AND WATER RESOURCES IN BANJA LUKA: PROTECTION OF THE 'SUBOTICA' GROUNDWATER SOURCE

*The "Subotica" groundwater source is one of the oldest and most important water resources within the regional water supply system of the city of Banja Luka. Since its commissioning in 1908, the groundwater source, located on the southern slopes of Mount Strmac, has ensured the gravitational transport of chemically safe drinking water to users. It consists of four units: Trklja, Barica, Krakići, and Paljevina, which collectively supply up to 20 l/s of potable water. The groundwater source's infrastructure includes catchment structures, collection reservoirs, break-pressure chambers, a tunnel through Mount Koprivnjak, and a pipeline network exceeding 22 km in total length. Throughout its development, the water supply system has integrated numerous technical solutions, making it a model of sustainable engineering practice in the field of water supply. Thanks to the elevation of the groundwater source, efficient gravitational water transport to the urban area is enabled. The "Koprivnjak" subsystem, developed in response to growing demand, was incorporated into the existing distribution network. As part of the conducted research, monitoring of the quantitative and qualitative regime was carried out during 2022, and among other things, the assessment of groundwater vulnerability using the "GOD" method, which is the subject of this paper. The obtained results provide the basis for the improvement of the sanitary protection program, conserving water resources, and ensuring sustainable provision of drinking water - thereby directly contributing to public health preservation and the safety of Banja Luka's water supply.*

**Key Words:** *public water supply, drinking water, protection of water resources, assessment of groundwater vulnerability*