

HIDROGEOLOGIJA I RANJIVOST PODZEMNIH VODA U PODRUČJU NACIONALNOG PARKA „FRUŠKA GORA“

Tanja PETROVIĆ PANTIĆ, Žarko VELJKOVIĆ, Milan TOMIĆ, Katarina SAMOLOV
Geološki zavod Srbije, Rovinjska 12, Beograd

REZIME

U radu je prikazana hidrogeologija i model ranjivosti podzemnih voda Nacionalnog parka Fruška gora. Osnova modela ranjivosti podzemnih voda je proučavanje više različitih faktora koji utiču na prodor zagađivača i moguće narušavanje kvaliteta voda. Faktori koji se proučavaju su dubina do nivoa podzemne vode, prihranjivanje, osobine sredine u kojoj je formirana izdan, tip zemljišta, topografija, uticaj zone aeracije, provodljivost izdani. Na području istraživanja primenjena je metoda DRASTIC. Krajnji cilj ove metode je da se kompilacijom više karata dobije jedna koja će dati opštu ocenu o ranjivosti podzemnih voda.

Ključne reči: ugroženost, ranjivost, modeliranje, podzemne vode, Nacionalni park Fruška gora

1. UVOD

Fruška gora je proglašena za Nacionalni park 1960. godine. Područje Nacionalnog parka Fruška Gora nalazi se na teritorijama opština: Petrovaradin, Sremski Karlovci, Beočin, Bačka Palanka, Šid, Sremska Mitrovica, Irig i Inđija. Nacionalni park se pruža na 255,25 km². Prostornim planom iz 2004. godine [1] definisane su i granice zaštitne zone Nacionalnog parka. Područje aktivne zaštite poklapa se sa granicom NP Fruška gora, pri čemu su definisane i zaštitna zona Nacionalnog parka i stroga zaštita prirodnih vrednosti. Zbog odličnog strateškog položaja, blizine velikih gradova Novog Sada i Beograda, bogatstva flore i faune, kao i veoma prijatne klime, Fruška gora je zabeležila porast broja stanovnika poslednjih dvadesetak godina. Stalni porast broja stanovnika uslovljava i razvoj privrede, industrije i turizma čime dolazi do naglašenog antropogenog uticaja na prirodne vrednosti Nacionalnog parka. Vode, podzemne i površinske, kao deo prirodne vrednosti posebno mogu biti ugrožene. Podzemne vode

predstavljaju osnovni vid vodosnabdevanja na ovom području. Obilaskom prirodnih izvora i merenjem njihove izdašnosti u toku 2009. godine zabeležena je znatno manja izdašnost u odnosu na podatke iz 1976. godine [2].

U cilju zaštite podzemnih voda primenjuju se metode za ocenu ranjivosti, kao što su DRASTIC, EPIC, PI, COP, IZDAN. Metoda DRASTIC je primenjena za Nacionalne parkove Đerdap, Stara planina [3] i Tara [4], kao i za Nacionalni park Fruška gora koji je prikazan u ovom radu.

2. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE FRUŠKE GORE

Fruška Gora predstavlja horst koji je formiran od kraja tercijara do kasnog kvartara, usled neotektonskog izdizanja Panonskog basena. Duboke dislokacije duž južne i severne strane ove planine formirale su, sa intenzivnim erozionim procesima, asimetričan horst okružen kvartarnim sedimentima Bačke i Sremske ravnice.

Osnovno obeležje njene geološke građe su blokovi različitog sastava, porekla i razvoja. Metamorfisani paleozojski i trijaski sedimenti su došli u kontakt sa peridotitima, flišem i krečnjacima. U neogenu je delovala subvulkanska aktivnost (andezitskog karaktera), pri čemu je došlo do hidrotermalnih promena stena. Veliko prostranstvo tercijarnih sedimenata vezuje se za jezersko i slatkovodno razviće, dok kvartarne tvorevine pripadaju rečnim, jezerskim, padinskim ili eolskim formacijama [5].

Najstarije stene su serpentiniti, koji su produkt paleogenog magmatizma, i niskometamorfni škriljci. Trijas je razvijen u faciji peščara, glinaca, krečnjaka i dolomita. Raprostranjen je na južnim padinama Fruške

Gore (Jazak, Vrdnik, Bešenovo) i u krajnjem jugoistočnom delu terena (Sremski Karlovci, Dobočaš, Paragovo). Preko stena facije zelenih škriljaca i delimično metamorfisanih krečnjaka srednjeg trijasa leže slabo metamorfisani peščari, krečnjaci, glinci, argilošisti i argilofiliti, koji su mlađi od stena facije zelenih škriljaca i od sedimenata trijasa.

Dijabazi, melafiri i gabrovi probijaju trijaske stene. U SI delu Fruške Gore razvijen je fliš debljine preko 1500 m, a u SZ delu razvijena je marinsko-brakična facija predstavljena brečama, konglomeratima, peščarima, sprudnim krečnjacima i laporcima.

Na južnim padinama Fruške gore utvrđeni su serpentiniti jurske starosti na dubinama preko 760 m.

U *kredne* sedimente utisnuti su latiti verovatno oligomiocenske starosti.

Tercijar je prisutan kroz donji, srednji i gornji miocen i gotovo ceo pliocen. Donji miocen je rasprostranjen u južnom delu i predstavljen peskovitim i šljunkovitim glinama sa proslojcima uglja, peskovitim laporcima, peščarima i sprudnim krečnjacima dok je na severnoj strani Fruške gore predstavljen brečama, konglomeratima, peščarima, glinama, glincima i ugljem. Srednji miocen (sarmat) je predstavljen konglomeratima, peščarima, tufovima i laporcima u donjem delu i krečnjacima, peščarima i laporcima u gornjem delu. Gornji miocen čini facija peščara, krečnjaka, laporaca, glina i kaspibrakični panon u faciji belih laporaca i glina.

Pliocenski sedimenti su prisutni u severozapadnom delu Fruške gore.

Kvartarne tvorevine su predstavljene sedimentima pleistocenske i holocenske starosti. Zauzimaju najveće prostranstvo. U pleistocenu su zastupljeni sedimenti proluvijalno-deluvijalnog tipa, sedimenti dunavskih rečnih terasa i formacija kopnenog lesa. Holocenske starosti su sedimenti koji izgrađuju široke aluvijalne ravni Dunava i Save i njihovih pritoka [6].

3. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE FRUŠKE GORE

Sa aspekta zagađivanja podzemnih voda, odnosno prodora zagađivača, veliki uticaj ima vodopropusnost litostratigrafskih jedinica. U skladu sa tim, na području

Fruške gore se izdvajaju propusne, pretežno nepropusne i praktično nepropusne stenske mase.

Vodopropusne stene su:

-*Kvartarne naslage*: facija korita i povodnja, proluvijalno-deluvijalni sedimenti, rečne terase, deluvijum i plavinski konusi. Značajno rasprostiranje imaju u aluvijalnim sedimentima Dunava, aluvijalnim naslagama potoka i naročito po lesnom obodu Fruške Gore. Veoma izdašna izdan nalazi se u aluvijalnoj ravni Dunava u okviru šljunkovito-peskovitog horizonta (facija korita i povodnja) koja se koristi za vodosnabdevanje Novog Sada. Koeficijenti filtracije su od oko $2,3 \times 10^{-2}$ do $7,1 \times 10^{-3}$ m/s. Ispod ovih sedimenata nalaze se gline i laporovite gline. Nivo izdani je plitko ispod površine terena i u hidrauličkoj je vezi sa Dunavom.

- *Stene neogene starosti*: stene pliocenske starosti i sarmatski peskovi, gline, laporci, šljunkovi. Ove stene prisutne su po obodu Fruške gore. Karakteriše ih intergranularna poroznost. Pliocenski i sedimenti gornjeg pontaa imaju značajno rasprostranjenje ispod kvartarnih naslaga na južnim padinama Fruške gore. Karakteristično je smenjivanje sedimenata različite vodopropusnosti. Koeficijenti filtracije su od 10^{-4} do 10^{-6} m/s, koeficijenti transmisibilnosti od 10^{-3} do 10^{-4} m²/s.

-*Miocenske stene* (peščari, laporci, krečnjaci, konglomerati, tufovi). Podzemne vode se akumuliraju u peščarima i krupnozrnim klastitima ili peskovito-sprudnim krečnjacima. U okviru miocenskih stena formira se pukotinsko karstna izdan male izdašnosti.

-*Trijaske stene* (krečnjaci, dolomiti, peščari, konglomerati). Trijaski krečnjaci su prisutni u području Jaska. Karstno-pukotinska izdan formirana je u okviru trijaskih krečnjaka i dolomita. U okviru ovih izdani zahvataju se vode u Jasku, koje se i flaširaju. Na uticaj krečnjaka i dolomita ukazuje i hemijski sastav vode gde dominiraju HCO₃, Ca i Mg sa odnosom rCa/rMg 1,68 [7]. Koeficijenti filtracije u okviru krečnjaka su od $8,5 \times 10^{-5}$ do $4,4 \times 10^{-6}$ m/s, transmisibilnosti T= $3,2 \times 10^{-3}$ do $1,34 \times 10^{-4}$ m²/s [8]. Krečnjaci nisu značajnije otkriveni na površini terena, već se prostiru ispod tercijarnih sedimenata. Karstna izdan na području Fruške gore nije jedinstvena, već se javlja u više oblasti. Veliki karstni izvori su privedeni nameni, priključeni na lokalni vodovod ili obezbeđeni za vodosnabdevanje određenog područja. Značajniji karstni izvori su: izvor Kuštilj

(priključen na vodovod Sremske Mitrovice), izvor kod Erdevika (6-7 l/s), izvor u krugu manastira Ravanica, Vrdnik (10 l/s). U okviru donje trijaskih pešćara, konglomerata, glinaca i laporaca prisutan je pukotinski tip izdani.

Pretežno vodonepropusne stene:

Predstavljene su facijom starača kvartarne starosti, lesom, zatim intruzivnim stenama (latiti, melafiri, dijabazi, hidrotermalno promenjene stene, daciti, andeziti, gabro) i serpentinitima. Značajno rasprostranjenje lesa uočeno je na južnim padinama Fruške Gore. Odlikuje se vertikalnom vodopropusnošću tako da se padavine i površinske vode proceđuju u dublje delove terena. Isticanje se manifestuje kroz brojne izvore i preko potoka i rečica.

Škriljavi serpentiniti se smatraju bezvodni, dok se u silifikovanim serpentinitima pojavljuju gravitacioni izvori izdašnosti do 0,5 l/s. Ovi izvori su kaptirani za potrebe vodosnabdevanja Vrdnika i planinarskog doma na Zmajevcu

U okviru krednih pešćara i konglomerata formira se pukotinska izdan izdašnosti 0,1 do 0,2 l/s.

Praktično vodonepropusne stene

Praktično vodonepropusne stene su argilošisti, filiti, kvarciti, pešćari, škriljci, kvarciti, filiti. Najstarije stene, paleozojski škriljci, se mogu svrstati u kategoriju slabopropusnih stena sa pukotinskom poroznošću. Zone njihovog rasprostranjenja predstavljaju zone površinskog i podzemnog oticanja.

Pukotine, prsline i pore u škriljcima stvarane su primarno u fazi kristalizacije i u toku višestrukog ubiranja i razlamanja [9]. Izdan je plitko ispod površine terena, dok su na većim dubinama prsline i pukotine često zapunjene produktima raspadanja, najčešće glinovitog materijala. Ovako formirana izdan je pod uticajem atmosferskih i površinskih voda. Izvori su male izdašnosti oko 0,1 l/s.

4. MINERALNE I TERMALNE POJAVE

Na području NP Fruška Gora, poznate su sledeće lokacije sa pojavama termalnih i mineralnih voda: Vrdnik, Stari Slankamen, sumporna voda Staro Hopovo i terma Kulina.

Lekovita voda u **Vrdniku** odlikuje se specifičnim poreklom i sredinom iz koje se eksploatiše. Na lokalitetu Vrdnika postojao je rudnik mrkog uglja, koji je potopljen provalom podzemne vode 1931. godine. Do provale termalne vode došlo je kad se istražnim potkopom iz tercijarnih naslaga ušlo u karstifikovane krečnjake, koji zaležu na dubini od 100-330 m [10]. Registrovana temperatura vode iznosila je 38°C, a nakon hidrohemijskih ispitivanja utvrđena su balneološka svojstva vode. Danas se na području Vrdnik banje nalazi balneološko-rekreativni kompleks, pri čemu se koristi voda temperature 32,5°C.

Na osnovu hemijskih analiza, voda je malomineralizovana $M=0,89$ g/l, HCO_3 , $\text{SO}_4\text{-Na}$, Mg, pH vrednosti 7,5 [10].

Voda se kreće kroz kavernozne krečnjake po širokim pukotinama i kavernama, kao i kroz krupnozrne dendritične sedimente [11].

Banja Slankamen ubraja se među najstarija prirodna lečilišta u Srbiji. Stari Slankamen predstavlja krajnju istočnu granicu Fruške gore. Mineralna voda ističe ispod lesnog odseka na obali Dunava, na 80 m.n.v.

Geološku građu ovog terena čine serpentiniti, preko kojih se pružaju konglomerati i pešćari. Iznad njih se pružaju krečnjaci, pešćari, peskovi i gline, prekriveni debelim naslagama lesa. Prodirući ka većim dubinama, infiltracione vode ispiraju tercijarne naslage bogate NaCl, odnosno naslage u kojima su se sadržale fosilne morske vode formirajući NaCl visokomineralizovane vode subarterskog tipa [9]. Zbog ovakvog sastava, izvor je nazvan „slanjača“. Izvor je kaptiran bunarom dubine 3,5 m odakle se voda oprema u kupatilo Specijalne bolnice u Starom Slankamenu. Temperatura vode je 18,5°C, mineralizacija 6,8 g/l, sa povišenim sadržajem joda i prisustvom slobodnih gasova (metan i ugljen dioksid). Ovakav hemijski sastav ukazuje na vezu sa naftnim vodama.

Terma Kulina nalazi se između Erdevika i sela Ljuba. Iznad terme nalazi se kamenolom krečnjaka. Postoji više mesta isticanja. U vodi dominiraju HCO_3 , Ca i Mg, dok je u vodi prisutan i povišen sadržaj organskih materija. Voda ove terme preporučuje se za kožne bolesti. Iako se sumnjalo da voda ima povišen sadržaj halogenih elemenata, urađene hemijske analize nisu potvrdile tu pretpostavku. Zapravo u uzorku vode bromidi i jodidi

uošte nisu konstatovani, dok je sadržaj fluora i hlorida veoma nizak.

Sumporna voda u Starom Hopovu. Izvor izdašnosti 0,4 l/s [2] pojavljuje se u samom koritu Lipovog potoka na tektonskom kontaktu miocenskih laporaca, škriljaca i serpentinita. Temperatura vode 18,5°C, a u hemijskom sastavu dominiraju HCO₃, Na i Mg dok je prisutan i povišen sadržaj gasa H₂S. Izvor je uzlazni duž rasedne linije. Meša se sa vodama prve izdani u aluvionu potoka Lipa.

5. VODOSNABDEVANJE NASELJA

Naselja na severnim i južnim padinama Fruške gore priključena su na gradske vodovodne sisteme na obodu Fruške gore. Naselja na južnoj padini priključena su na sistem vodovoda u Šidu, Sremskoj Mitrovici, Rumi, dok su naselja na severnim padinama priključena na vodovod Beočina, Sremske Kamenice i Petrovaradina. Fruška gora obiluje brojnim izvorima, od kojih su samo pojedini značajnije izdašnosti priključeni na vodovodnu mrežu (izvor Kuštilj je priključen na sremsko-mitrovački vodovod). Izvori malih kapaciteta, uz lokalne bunare koriste se za lokalno snabdevanje stanovnika i za potrebe turističkih objekata (izvor Zmajevac).

Preko dubokih bušenih bunara, eksploatiše se izdan pod pritiskom u krečnjacima u Jasku i Vrdniku (izvorište, vodovod i termalna voda za potrebe hotela "Termal"). U ostalim naseljima eksploatišu se zbijene izdani sa slobodnim nivoom u aluvijalnoj ravni Dunava (Beočin i Petrovaradin) i zbijene izdani sa nivoom pod pritiskom formirane u peskovima.

Kanalizaciona mreža je izgrađena na području Petrovaradina, Sremskih Karlovaca, Sremske Kamenice, Sremske Mitrovice, Beočina i delom Iriga, ali i ova naselja nemaju potpune sisteme za odvođenje i tretiranje otpadnih voda, jer se iste ispuštaju u recipijente bez prečišćavanja [12]. Ostala naselja nemaju izgrađenu kanalizacionu mrežu. Za prikupljanje i evakuaciju otpadnih voda se i dalje koriste septičke jame ograničenog kapaciteta, koje su u velikom broju izvedene od napuštenih bunara, čime se direktno ugrožava neposredna životna sredina i podzemne vode. Zaostajanje izgradnje kanalizacije za vodovodnom mrežom je veoma izraženo na ovom području, što doprinosi permanetnom zagađenju životne sredine i ugrožavanju vodnih resursa.

6. ZONE ZAŠTITE NACIONALNOG PARKA FRUŠKA GORA

Ugroženi delovi Nacionalnog parka Fruška Gora i tri zone zaštite definisane su Prostornim planom do 2022. godine [1].

Potencijalno ugrožene vrednosti Nacionalnog parka su površine u okviru agrikulturne zone, grebenski delovi Fruške gore, staništa sa plitkim i suvim zemljištem i primetnim erozionim procesima, izletnički lokaliteti i pojasevi uz saobraćajnice. Promena prirodnih uslova uočava se u dolinama potoka, primetan je uticaj fluvijalne erozije i pojava klizišta na severnim padinama Fruške gore. Delovanje čoveka dovelo je do krčenja velikih površina šuma, degradiranja površina kamenoloma i mesta deponovanja jalovine, kao i neplansko širenje vikend naselja. U okviru NP Fruška Gora postoji dvadesetak površinskih kopova. Na samom području NP nalazi se 57 naselja u okviru 9 opština, pri čemu je došlo do potpune izmene prirodnih uslova. U urbanim sredinama došlo je i do pojave aerozagađenja.

U cilju zaštite prirodnih dobara, očuvanja i unapređenja prostornih celina, zaštite geološko-paleontoloških i geomorfoloških lokaliteta, definisana su tri režima I, II, III stepena zaštite [1]:

- I stepen zaštite ili područje stroge zaštite prirodnih vrednosti
- II stepen zaštite ili zaštitna zona Nacionalnog parka
- III stepen zaštite ili područje aktivne zaštite

Ukupna površina područja stroge zaštite je 951ha i leži isključivo na šumskom zemljištu i zelenim površinama. U okviru prve zone zaštite nalazi se geološki i geomorfološki lokaliteti: paleontološki lokalitet Grgeteg, paleontološko nalazište sliv Orlovačkog, Dobrog i Čerevičkog potoka, stena „Orlovac“ i paleontološki lokalitet „Papradinac“.

Područje II stepena zaštite proteže se od Šida na zapadu do Čotanovaca na istoku. Ukupna površina ove zone je 630,45 ha. U okviru druge zone zaštite nalazi se geološki i geomorfološki lokaliteti: deo paleontološkog lokaliteta Grgeteg, vulkanski tuf kod sela Rakovca, „Grgurevačka pećina“ na Popovačkom čotu, lokalitet „Kozje brdo“ i paleontološki lokalitet „Šakotinac“.

Područja režima III stepena – područje aktivne zaštite predstavlja granicu Nacionalnog parka.

7. DRASTIC METODA

DRASTIC metoda je razvijena u cilju ocenjivanja ranjivosti podzemnih voda u regionima većim od 40 ha. Predstavlja jednu od prvih metoda koje su razvijene radi ocenjivanja ranjivosti podzemnih voda sa aspekta zagađenja. Metodom se analiziraju mogućnosti infiltracije zagađivača sa površine terena u zavisnosti od uticaja različitih faktora. Karta ranjivosti prikazuje klasifikovane zone analiziranog područja po stepenu ranjivosti podzemnih voda. Faktori čiji se uticaj razmatra su sledeći [13]:

- dubina do nivoa podzemne vode - *Depth to the Water Table*
- prihranjivanje - *Recharge (Net)*
- tip izdani - *Aquifer Media*
- tip zemljišta - *Soil Media*
- topografija - *Topography (slope)*
- uticaj zone aeracije - *Impacts of the Vadose Zone Media*
- propustljivost izdani - *Conductivity of the Aquifer (Hydraulic)*

Osnova metode je da se vrši ocena i rangiranje svakog pojedinačnog faktora DRASTIC, a konačni DRASTIC indeks se dobija na osnovu sledeće formule:

$$\text{DRASTIC index (Pollution Potential)} = 5Dr + 4Rr + 3Ar + 2Sr + 1Tr + 5Ir + 3Cr$$

gde su: *Dr, Rr, Ar, Sr, Tr, Ir, Cr* - vrednosti parametra u određenoj tački; a brojevi predstavljaju težinski koeficijent parametra.

Stepen ranjivosti razlikuje se na osnovu indeksa ranjivosti:

- <75 Veoma nizak stepen ranjivosti
- 75-100 Nizak stepen ranjivosti
- 100-125 Nisko-srednji stepen ranjivosti
- 125-150 Srednje-visok stepen ranjivosti
- 150-175 Visok stepen ranjivosti
- >175 Veoma visok stepen ranjivosti

Karte su napravljene za svaki pojedinačni parametar, a kompilacijom ovih sedam karata dobija se karta ranjivosti podzemnih voda. Karte su urađene uz pomoć softvera ArcMAP (ESRI).

8. PRIMENA DRASTIC METODE NA PODRUČJU NACIONALNOG PARKA FRUŠKA GORA

Karte pojedinačnih faktora DRASTIC za područje Fruške Gore prikazane su na slici 1. Njihovo značenje i kako su izrađene dato je u daljem tekstu. Za svaki faktor utvrđeno je njegovo vrednovanje, tako da su dobijenim vrednostima parametara DRASTIC dodeljivani brojevi od 1 do 10.

Karta faktora D- *Depth to watertable*

Na prostoru Nacionalnog parka Fruška Gora dubina do nivoa podzemnih voda određivana je preko bunara i posredno, u zavisnosti od hidrogeoloških karakteristika terena i udaljenosti od izvora i površinskih tokova.

Podaci o vodnim objektima i pojavama, prikupljeni u dosadašnjim istraživanjima, predstavljeni su na karti vodnih objekata. Na ovoj karti su prikazane i zone udaljenosti od bunara, izvora i reka. Drugi faktor koji direktno utiče na dubinu do podzemnih voda su hidrogeološke karakteristike sredine (tipovi izdani). Zbog toga je karta zona udaljenosti preklapljen sa hidrogeološkom kartom.

Na osnovu dobijene karte faktora D (slika 1), najveće dubine su zabeležene na grebenu Fruške gore (>20 m), dok su najmanje dubine na obodima Nacionalnog parka (1,5-5 m).

Karta faktora R- *Recharge*

Veličina prihranjivanja zavisi od više faktora. Osnovni su: padavine, nagib terena i tip zemljišta. Uticaj ovih faktora analiziran je kroz izradu sledećih karata [15, 2]:

- karta rasporeda padavina, koja je urađena na osnovu analize padavina na više kišomernih stanica, a nalaze se na širem području istraživanja
- karta nagiba terena, koja je urađena na osnovu DEM modela
- karta sastava tla, urađena na osnovu pedološke karte

Preklapanjem tri ulazne karte – karta rasporeda padavina, karta nagiba terena i karta sastava tla, dobijena je karta faktora R, odnosno veličine prihranjivanja.

Najmanje prihranjivanje je na centralnom delu Fruške gore, do 100 mm, dok je na delovima terena uz Dunav i

oko Erdevika i Mandelosa (južna padina) prihranjivanje veće od 250 mm (slika 1).

Karta faktora A - *Aquifer media*

Faktor A predstavlja osobine sredine u kojoj je formirana izdan. Od njenih litoloških karakteristika, a kod čvrstih stena ispućalosti, zavisi način i brzina kretanja podzemnih voda, odnosno zagađivača kroz sredinu kao i procesi koji će se pri tome odvijati. Sredinu sa većom poroznošću odlikuje i veća vodopropusnost. Takve sredine su ranjivije sa aspekta prodora zagađenja.

Na osnovu litološkog sastava, na terenu najranjiviji su: kvartarni sedimenti, miocenski i trijaski krečnjaci, dolomiti, konglomerati.

Karta faktora S - *Soil media*

Faktor S oslikava karakteristike zemljišta. Od njih zavisi mogućnost infiltracije vode sa površine terena, a time i zagađivača u podzemlje. Odlučujuće karakteristike u ovom smislu su veličina čestica, koje sačinjavaju zemljište i njegova debljina. Što je materijal sitniji, infiltracija je manja. Osnovne osobine zemljišta, na osnovu kojih je izvršena klasifikacija, određene su na osnovu granulometrijskih analiza. Kao osnova za izradu karte faktora S, korišćena je pedološka karta. Za područje istraživanja faktor S je od 2 do 10 (slika 1), tako da su niži faktori dodeljeni za blato i ilovaču, dok su viši faktori dodeljeni za tanko ili nepostojeće tlo, šljunak, pesak i treset.

Karta faktora T - *Topography*

Faktor T uključuje uticaj reljefa na mogućnosti infiltracije zagađivača u podzemlje. Sa porastom nagiba terena površinsko spiranje je intenzivnije u odnosu na infiltraciju, tako da su šanse da potencijalni zagađivač stigne do podzemne vode manje.

Nagib terena područja istraživanja je u pojedinim delovima <2%, dok je u pojedinim delovima terena veći od 18%. Ova karta (slika 1) je urađena na osnovu topografskih karata, izradom Digitalnog Elevacionog Modela (DEM).

Karta faktora I – *Impact of the Vadose Zone*

Karta faktora I (slika 1) predstavlja uticaj zone aeracije na prodor zagađivača do nivoa podzemnih voda.

Zavisno od karakteristika zone aeracije, kretanje zagađivača ka izdani može biti usporeno, tako da se posledice zagađenja, usled odvijanja različitih procesa smanjuju.

Najnepogodniji uticaj zone aeracije na prodor zagađivača je u šljunkovima, peskovima, dok je najmanji uticaj u glinovitim sredinama koje su slabovodopropusne kako za vodu, tako i za zagađivače.

Karta faktora C- *Hydraulic conductivity*

Karta faktora C (slika 1) predstavlja mogućnost stenske mase da propušta vodu. Što je propustljivost veća, veća je i mogućnost da dođe do prodora zagađivača. Ovaj faktor se određuje pomoću koeficijenta filtracije koji predstavlja funkciju brzine filtracije. Ovaj koeficijent, kod litološki ili genetski istih vrsta stena, može da se kreće u širokom rasponu, što je naročito izraženo kod konsolidovanih sredina. U tom slučaju veličina koeficijenta filtracije zavisi od ispućalosti stena.

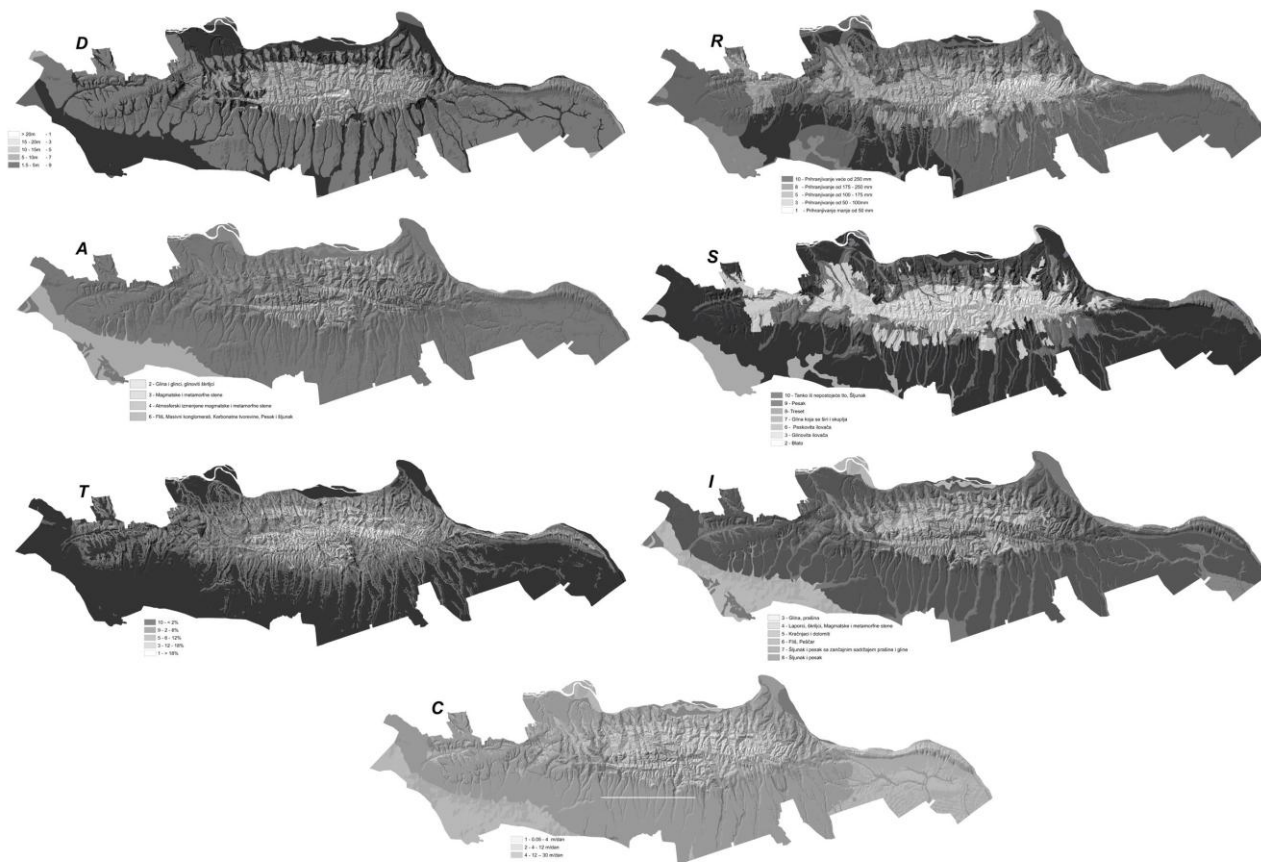
Na osnovu prikupljenih podataka na području Fruške gore hidraulički koeficijenti su od 0,05 do 30 m/dan.

Karta ranjivosti podzemnih voda

Unošenjem pojedinih faktora i njihovih težinskih koeficijenata u formulu dobija se indeks ranjivosti za celo istraživano područje. Ovako urađena karta ranjivosti (slika 2), omogućava nam sagledavanje mogućnosti zagađenja podzemnih voda na osnovu analize prirodnih faktora karakterističnih za područje nacionalnog parka Fruška Gora.

Na karti ranjivosti podzemnih voda Fruške gore uočava se nizak do veoma nizak stepen ranjivosti centralnog dela Fruške gore (grebena). Spuštajući se niz padine Fruške gore stepen ranjivosti se povećava, tako da su najugroženiji obodni delovi ove planine, koji su i najgušće naseljeni.

Karta ranjivosti podzemnih voda značajno odstupa od zona zaštite Nacionalnog parka Fruška gora, što je utvrđeno i za Nacionalni park Đerdap i Park prirode Stara planina [2]. Ovo je značajno, da bi se ranjivost podzemnih voda uzela u obzir prilikom određivanja zona zaštite određenih područja.



Slika 1. Karte faktora čiji se uticaj razmatra pri izradi karte ranjivosti podzemnih voda Nacionalnog parka “Fruška Gora”



Slika 2. Karta ranjivosti podzemnih voda Nacionalnog parka “Fruška Gora”

9. ZAKLJUČAK

Karta ranjivosti omogućava sagledavanje osobina terena sa aspekta mogućeg zagađivanja podzemnih voda, kao posledice prirodnih uslova na datom terenu. Ovakva karta, urađena DRASTIC metodom, analizira uticaj geoloških, hidrogeoloških, pedoloških, topografskih i klimatskih uslova na procenu ranjivosti područja. Značaj karte ogleda se u dobijanju informacije o prirodnim mogućnostima i ograničenjima nekog područja kada se razmatraju uslovi očuvanja kvaliteta podzemnih voda. Ovakva informacija nam omogućava određivanje pravca razvoja područja i planiranje aktivnosti, za koje bi unapred mogli da procenimo rizike, koje nose po pitanju podzemnih voda.

Preporuka je da se karte ranjivosti koriste pri izradi zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda, zatim pri procenama mogućnosti rizika od zagađenja koja se radi u cilju očuvanja životne sredine, kao i pri izradi prostornog plana za određeno područje.

LITERATURA

- [1] Službeni list APV br. 16/2004. Prostorni plan područja posebne namene Fruške Gore do 2022. godine, Republika Srbija Autonomna Pokrajina Vojvodina.
- [2] Petrović T., Stanić N., Pantić R.: Značaj formiranja baze podataka u cilju praćenja hidrogeoloških uslova na području NP Fruška Gora, Zbornik radova 15. Kongresa geologa Srbije, Beograd, p.663-666, 2010.
- [3] Živanović V., Dragišić V., Atanacković N.: Primena DRASTIC metode pri proceni ranjivosti podzemnih voda na primerima nacionalnih parkova i parkova prirode, Vodoprivreda 44 258-260, p.277-284, 2012.
- [4] Živanović V.: Ocena ranjivosti podzemnih voda od zagađenja na primerima karsta Srbije, Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2011.
- [5] Košćal M., Menković Lj., Knežević M., Mijatović M. Geomorfološka karta Autonomne pokrajine Vojvodine i tumač za geomorfološku kartu 1:200.000. Geozavod-Gemini, Beograd, 2005.
- [6] Čičulić-Trifunović M., Rakić M.: Tumač za Osnovnu geološku kartu 1:100.000, list Novi Sad L 34-100, Savezni geološki zavod, Beograd, 1977.
- [7] Petrović T., Zlokolica-Mandić M., Veljković N., Vidojević D.: Hydrogeological conditions for the forming and quality of mineral waters in Serbia. Journal of Geochemical Exploration 107, 373–381, 2010.
- [8] Stoilković D.: Hidrogeološke odlike Fruške Gore. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, 27 (1): 138-46, 2003.
- [9] Protić D.: Hidrogeološke karakteristike područja i hidrogeološka karta Fruške Gore 1:50.000 u okviru projekta: Regionalna istraživanja nuklearnih sirovina na teritoriji SAP Vojvodine, Geoinstitut-OUR, IMSIH-Beograd, 1981.
- [10] Protić D.: Mineralne i termalne vode Srbije, Geoinstitut, Beograd, 1995.
- [11] Milojević N.: Hidrogeologija Fruške Gore sa hidrogeološkom kartom, Vode Vojvodine, 1976.
- [12] Stojiljković D.: Izveštaj za Prostorni plan područja posebne namene Fruške gore do 2022. god., Autonomna pokrajina Vojvodina, Republika Srbija, 2003.
- [13] Aller L., Bennet, T. Lehr, J. Petty R. and Hackett G.: DRASTIC. A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings, U.S. EPA, Chicago, Illinois, 1985.
- [14] Piscopo G.: Groundwater vulnerability map explanatory notes, NSW Department of Land and Water Conservation, Australia, 2001.

HYDROGEOLOGY AND VULNERABILITY OF GROUNDWATER TO POLLUTING IN THE AREA OF NATIONAL PARK „FRUŠKA GORA“

by

Tanja PETROVIĆ PANTIĆ, Žarko VELJKOVIĆ, Milan TOMIĆ, Katarina SAMOLOV
Geological survey of Serbia, Rovinjska 12, Beograd

Summary

Fruška Gora is proclaimed a National Park in 1960. It is situated in the municipality of Petrovaradin, Sremski Karlovci, Beočin, Bačka Palanka, Šid, Sremska Mitrovica Irig and Indija. The National Park extends to 255.55km². Due to the excellent strategic location, proximity to large cities of Novi Sad and Belgrade, rich flora and fauna, as well as a very pleasant climate, Fruška Gora recorded a population increase in the past twenty years. The constant increase in population stimulates economic development, industry and tourism which lead to enhanced anthropogenic impact on the natural values of the National Park. Groundwater and surface water, as a part of the natural values, can be particularly vulnerable, thus the special attention needs to be paid. Groundwater is a basic form of water supply in this area.

Different methods for assessing the vulnerability of groundwater such as DRASTIC, EPIC, PI, COP and IZDAN are applied in order to protect them. DRASTIC

method has been applied for the National Parks Đerdap, Stara Planina (Živanović et al 2012) and Tara (Živanović 2011) likewise for Fruška Gora National Park which is presented in this paper. The method is based on the study of various factors affecting the penetration of pollutants and possible disruption of water quality. Analyzed factors are: water table, recharge and aquifer media, soil type, topography, impact of the vadose zone and hydraulic conductivity. The aim of this method is to compile the factor maps and to get the one which will be able to provide a general assessment of the vulnerability of groundwater.

Usage of the vulnerability of groundwater maps is recommended due to assessment of zones of sanitary protection, assessment of pollution risk as well as for the preparation of the spatial plan for the specific area.

Key words: vulnerability, modelling, ground water, National Park Fruška gora

Redigovano 20.10.2017.