

PRIMENA DRASTIC METODE PRI OCENI RANJIVOSTI PODZEMNIH VODA NA PRIMERIMA NACIONALNIH PARKOVA I PARKOVA PRIRODE SRBIJE

Vladimir ŽIVANOVIĆ, Veselin DRAGIŠIĆ i Nebojša ATANACKOVIĆ
Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu

REZIME

Metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda u novije vreme imaju sve veću primenu u zaštiti vodnih resursa. Karte koje se dobijaju primenom ovih metoda imaju poseban značaj jer predstavljaju značajne podloge u određivanju zona sanitarne zaštite, kao i u prostornom planiranju. Problematika zaštite podzemnih voda posebno dolazi do izražaja u Nacionalnim parkovima (NP) i Parkovima prirode (PP) jer i pored toga što ova dobra predstavljaju najviše oblike zaštite životne sredine, zaštita podzemnih voda je stavljena u drugi plan.

Izbor metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda je veoma bitan zadatak, jer od pravilno izabrane metode će zavistiti i kvalitet i brzina kojom se dobijaju karte ranjivosti. U radu je prikazana primena DRASTIC metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Tara. Složena geološka i hidrogeološka građa izabranih terena su opravdali izbor metode koja je veoma pogodna kada se vrši ocena ranjivosti podzemnih voda velikih područja. Primena DRASTIC metode zahteva izradu posebnih karta tj, oleata koje prikazuju uticaj analiziranih parametara na ukupnu ranjivosti podzemnih voda. Zbog veličine istražnih područja kao i zbog složenosti geoloških prilika, najteže je bilo odrediti faktore D (dubina do nivoa podzemnih voda) i faktor R (prihranjivanje). Upravo zato je u radu najviše pažnje posvećeno određivanju ovih parametara.

Ključne reči: ranjivost podzemnih voda, karta ranjivosti, DRASTIC metoda, NP Đerdap, PP Stara Planina

1. UVOD

Mere zaštite nacionalnih parkova i parkova prirode u Srbiji su bazirane na Zakonu o zaštiti prirode (Službeni

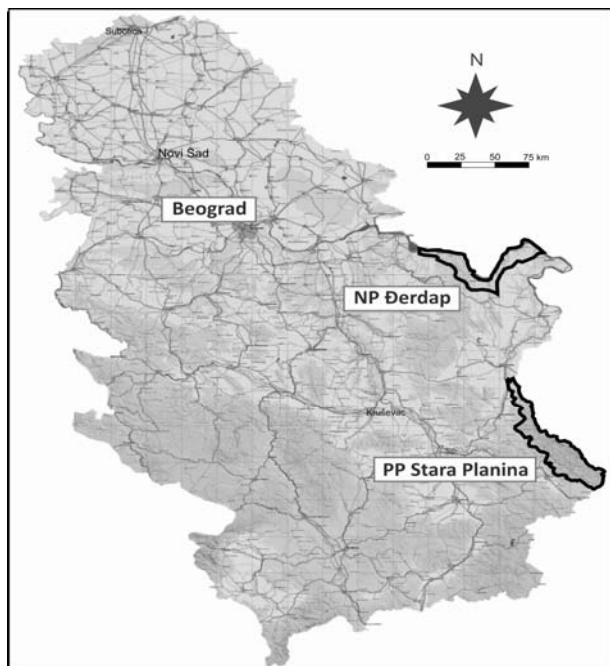
glasnik RS, broj 36/09), kao i aktima o zaštiti pojedinih lokaliteta u rangu rezervata i spomenika prirode. Posebnim studijama su za svaki park definisane zone sa različitim stepenom zaštite prirode. Mere zaštite koje se sprovode u okviru ovih zona se uglavnom odnose na zaštitu biljnih i životinjskih vrsta kao i pojedinih spomenika prirode. Zaštita podzemnih voda je dovedena u drugi plan.

Prvi i najbitniji korak u zaštiti podzemnih voda jeste uspostavljanje preventivnih mera. Najsigurniji, a u isto vreme i najjeftiniji način za očuvanje kvaliteta podzemnih voda jeste da se blagovremeno spreči ispuštanje zagađujućih supstanci koje bi mogle da dospeju do izdanske zone. U današnjoj praksi za uspostavljanje preventivnih mera za zaštitu podzemnih voda sve više se koriste karte ranjivosti podzemnih voda. Ove karte se dobijaju primenom metoda za ocenu ranjivosti koje u zavisnosti od geoloških, pedoloških, geomorfoloških, hidrogeoloških i drugih uslova određuju koliko je lako ili teško za neku zagađujuću supstancu da prodre sa površine terena do izdani.

2. PRIMENJENA METODOLOGIJA I STRAŽIVANJA

Jedna od prvih i najviše korišćenih metoda za ocenu ranjivosti podzemnih voda je DRASTIC metoda (Aller L., et al 1985). Metoda razmatra ponašanje zagađujuće supstance na površini zemlje, koji se infiltrira zajedno sa padavinama, tako što se proučavaju prirodne karakteristike izdanske i nadizdanske zone, nivo podzemnih voda, topografija i prihranjivanje. Metoda koristi sedam parametara: dubinu do nivoa podzemnih voda (faktor D), prihranjivanje (faktor P), karakter sredina u kojoj je formirana izdan (faktor A), tip zemljišta (faktor S), topografiju terena (faktor T), uticaj zone aeracije (faktor I) i transmisibilnost izdani, odnosno akvifera (faktor C). Prilikom proračuna ukupne

ranjivosti podzemnih voda, svakom faktoru je dodat i težinski koeficijent koji definiše značaj istog u ukupnoj prirodnoj zaštiti. Tako je veličina ranjivosti tj. DRASTIC indeks dobijen formulom: $DRASTIC\ Indeks = 5 \cdot Dr + 4 \cdot Rr + 3 \cdot Ar + 2 \cdot Sr + Tr + 5 \cdot Ir + 3 \cdot Cr$. U radu je prikazana primena DRASTIC metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara Planina.



Slika 1. Geografski položaj NP Đerdap i PP Stara Planina

Područje NP Đerdap odlikuje se veoma složenom geološkom građom. Preovlađuju metamorfne i sedimentne, ali su česte i magmatske (i intruzivne i efuzivne) stene. Najstarije tvorevine su prekambrijumske, a najmlađe kvartarne starosti. Složena geološka građa je uslovlila i postojanje različitih tipova izdani (akvifera). Najveće rasprostranjenje imaju stene koje su po svojim hidrogeološkim svojstvima okarakterisane kao bezvodne i u kojima se nalaze beznačajne rezerve podzemnih voda. Karbonatne tvorevine i u njima formiran karstni ili karstno-pukotinski tip izdani ima značajnije rasprostranjenje u istočnom delu NP (planina Miroč). Geološka građa terena, hidrogeološke, geomorfološke i pedološke karakteristike područja NP inicirali su primenu DRASTIC metode, pri izradi karte ranjivosti podzemnih voda.

U geološkoj građi **područja PP Stare planine** i terena njenog oboda učestvuju stene stvarane počev od gornjeg proterozoika do danas. Dok u južnom delu dominiraju crveni permski peščari i mezozojski krečnjaci i dolomiti, u centralnom i severnom delu dominiraju kristalasti škriljci probijeni bazičnim i kiselim intruzivnim stenama. Najznačajnije rezerve podzemnih voda vezane su za karbonatni mezozojski kompleks u južnom delu PP. Kao i kod NP Đerdap, geološka građa, hidrogeološke, pedološke i geomorfološke karakteristike terena uslovile su izradu karte ranjivosti podzemnih voda primenom DRASTIC metode.

3. PRIKAZ DOBIJENIH REZULTATA

Izrada karti ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara Planina zahtevala je izradu posebnih oleata tj. karata za svaki analizirani parametar. Na ovim kartama su izdvojena područja sa različitim uticajem analiziranog faktora na ranjivost podzemnih voda. Prilikom primene DRASTIC metodologije na ovako velikom području, najteže je bilo definisati prva dva parametra D i R. Parametri A, I i C su relativno lako određeni na osnovu poznate geološke i hidrogeološke situacije u istražnom području, parametar S je procenjen prema pedološkim karakteristikama tla, dok je parametar T određen analizom nagiba terena koristeći DEM model. Zato je u daljem tekstu najviše pažnje posvećeno određivanju parametara D i R.

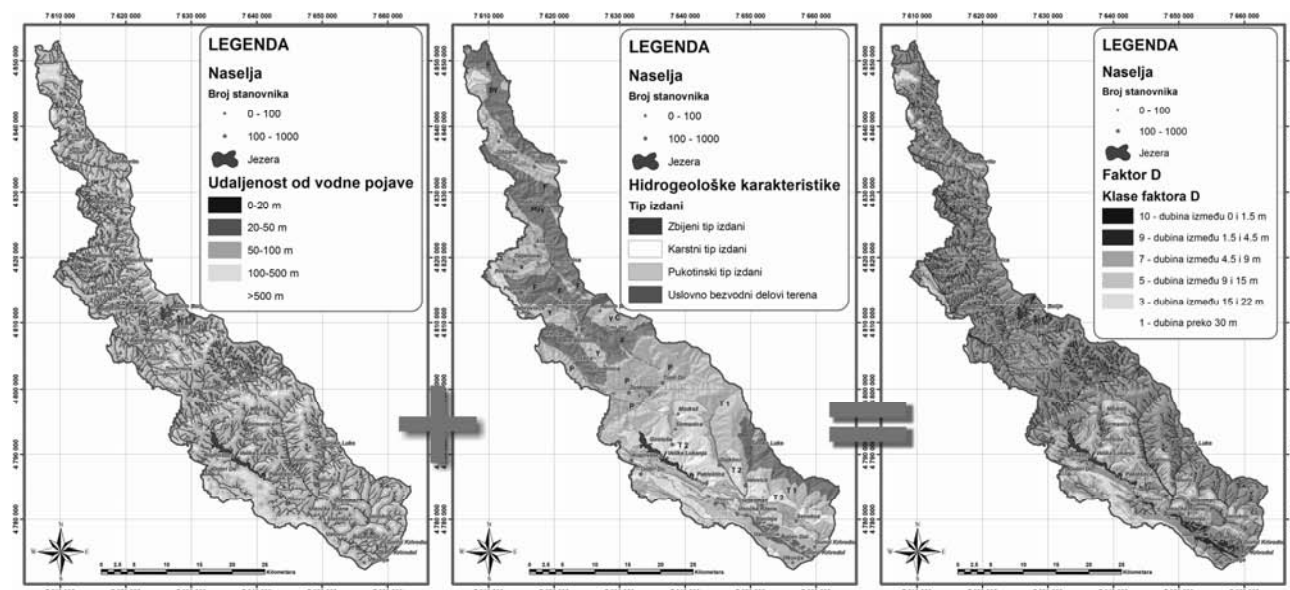
Faktor D. Glavni faktori koji utiču na dubinu do nivoa podzemnih voda su hidrogeološke karakteristike terena sa jedne strane i blizina vodnih objekata i reka sa druge strane (Živanović V., 2011). Što smo bliže vodnoj pojavi (izvor, reka i sl.) veća je verovatnoća da će NPV biti bliži površini terena i obrnuto.

Tabela 1. Proračunska šema za procenu faktora D (Živanović V., 2011)

Tip izdani	Udaljenje od izvora ili reke (m)	Dubina do nivoa podzemnih voda (m)
Zbijeni tip izdani	0-20	0.0-1.5
	> 20	1.5-4.5
Karstni tip izdani	0-20	0.0-1.5
	20-100	9.0-15.0
	100-500	15.0-22.0
	> 500	> 30
Pukotinski tip izdani i uslovno bezvodni delovi terena	0-20	0.0-1.5
	20-50	1.5-4.5
	> 50	4.5-9.0

Na osnovu karte vodnih objekata prethodno je urađena karta koja pokazuje koliko je određena tačka na terenu udaljena od nekog izvora, reke ili jezera. Ova karta se zatim koreliše sa hidrogeološkom kartom po proračunskoj šemi prikazanoj u tabeli 1. Spajanjem ove

dve oleate dobija se karta koja pokazuje uticaj dubine do nivoa podzemnih voda na ranjivost istih prema metodologiji DRASTIC metode. Na slici 2 dat je primer određivanja faktora D za područje PP Stara Planina.

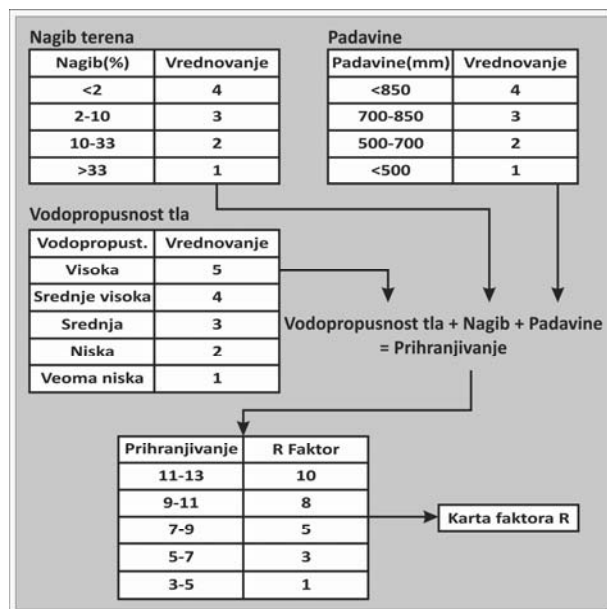


Slika 2. Izrada karte faktora D (PP Stara Planina)

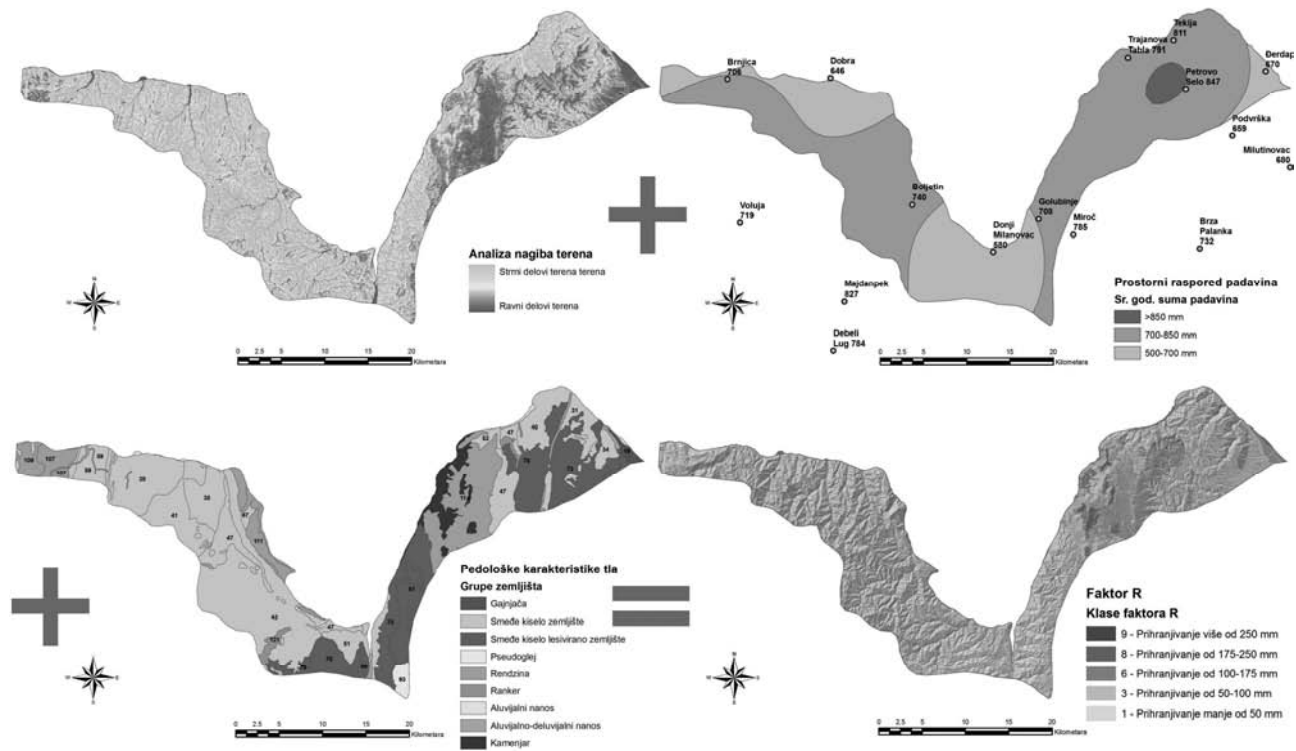
Faktor R. Prihranjivanje je parametar koji se ne može direktno izmeriti na terenu, već se dobija posredno preko drugih faktora od kojih zavisi. Zato je faktor R određen primenom posebne metodologije pri čemu su analizirani sledeći parametri (Piscopo G., 2001):

1. Oleata nagiba terena koja je urađena na osnovu DEM modela koristeći analizu nagiba terena, tzv. Slope analiza (slika 3).
2. Oleata prostornog rasporeda padavina. Za izradu ove oleate korišćeni su podaci srednjih višegodišnjih vrednosti padavina sa postojećih kišomernih stanice. Metodom Kriging interpolacije urađena je posebna karta prostornog rasporeda padavina u okviru koje su izdvojene različite klase količina padavina (slika 3).
3. Oleata sastava tla urađena je na osnovu pedološke karte. Klasifikacija terena izvršena je prema vodopropusnosti zemljišta (slika 3).

Spajanjem sve tri oleate koristeći proračunsku šemu prikazanu na slici 3 dobijena je karta faktora R. Na slici 4 dat je primer određivanja faktora R za područje NP Đerdap.



Slika 3. Proračunska šema za procenu faktora R



Slika 4. Izrada karte faktora R (NP Đerdap)

Nakon što su uređene karte svih faktora, za svaku tačku NP Đerdap i PP Stara Planina, proračunat je DRASTIC indeks ranjivosti podzemnih voda. Na osnovu veličine ovog indeksa izdvojeno je 6 zona (klasa) sa različitim stepenom ranjivosti podzemnih voda na zagađivanje sa površine.

Finalne karte ranjivosti (slike 5 i 6) pokazale su da su u oba područja istraživanja, najranjiviji delovi terena sa rasprostranjenjem karstne i zbijene izdani. U okviru ovih područja, izdvojene su i zone sa veoma visokom ranjivošću podzemnih voda, kod kojih karakter zemljišta i stena u nadizdanskoj zoni, ne omogućava dovoljnu zaštitu od zagađivanja sa površine terena.

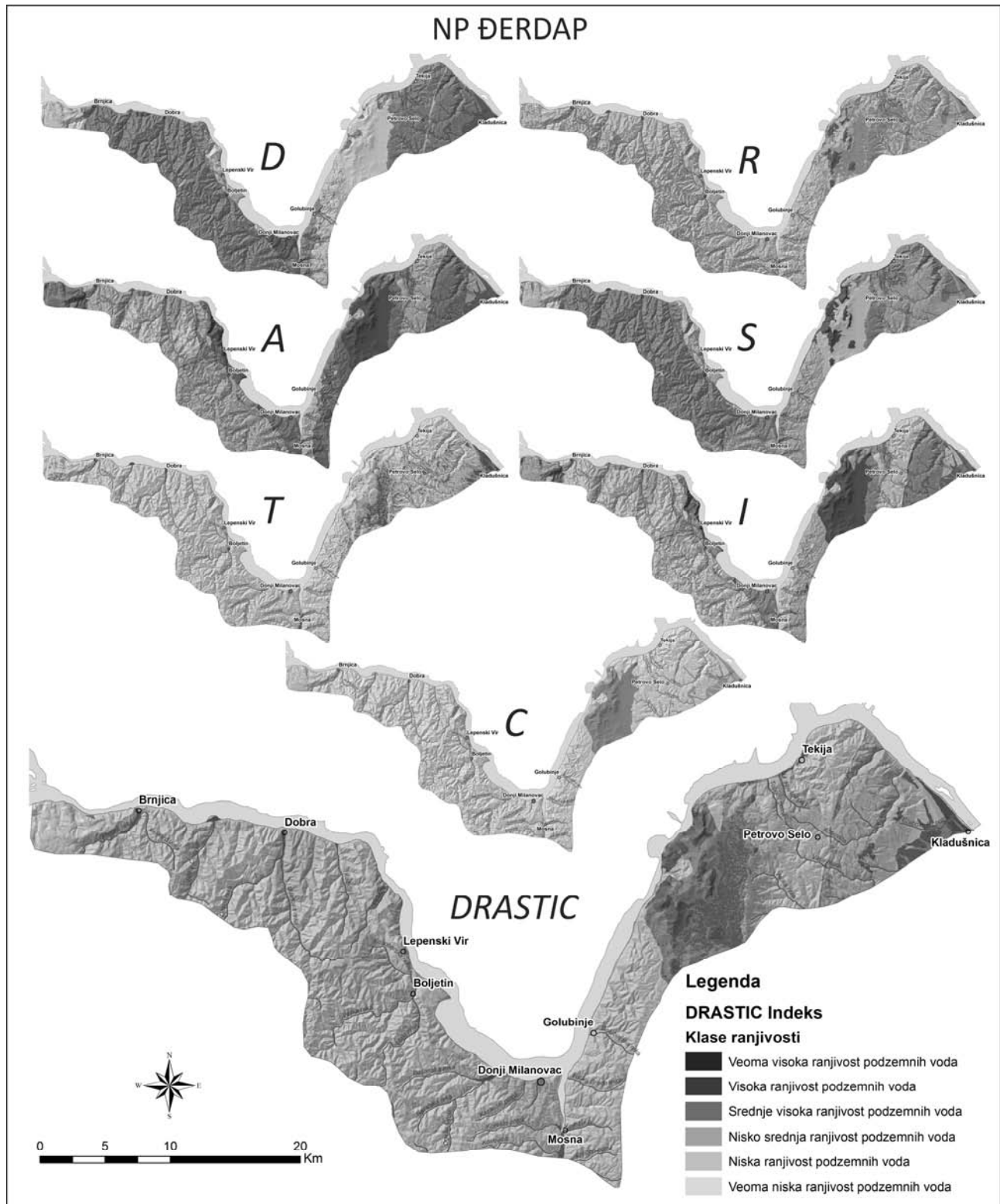
Ono što je svakako najbitnije jeste da se zone visoke i veoma visoke ranjivosti podzemnih voda, ne poklapaju sa zonama najvišeg stepena zaštite NP i PP. Ovo potvrđuje činjenicu da se u dosadašnjoj praksi zaštite prirodnih dobara Srbije nije poklanjala potrebna pažnja zaštiti podzemnih voda.

4. DISKUSIJA

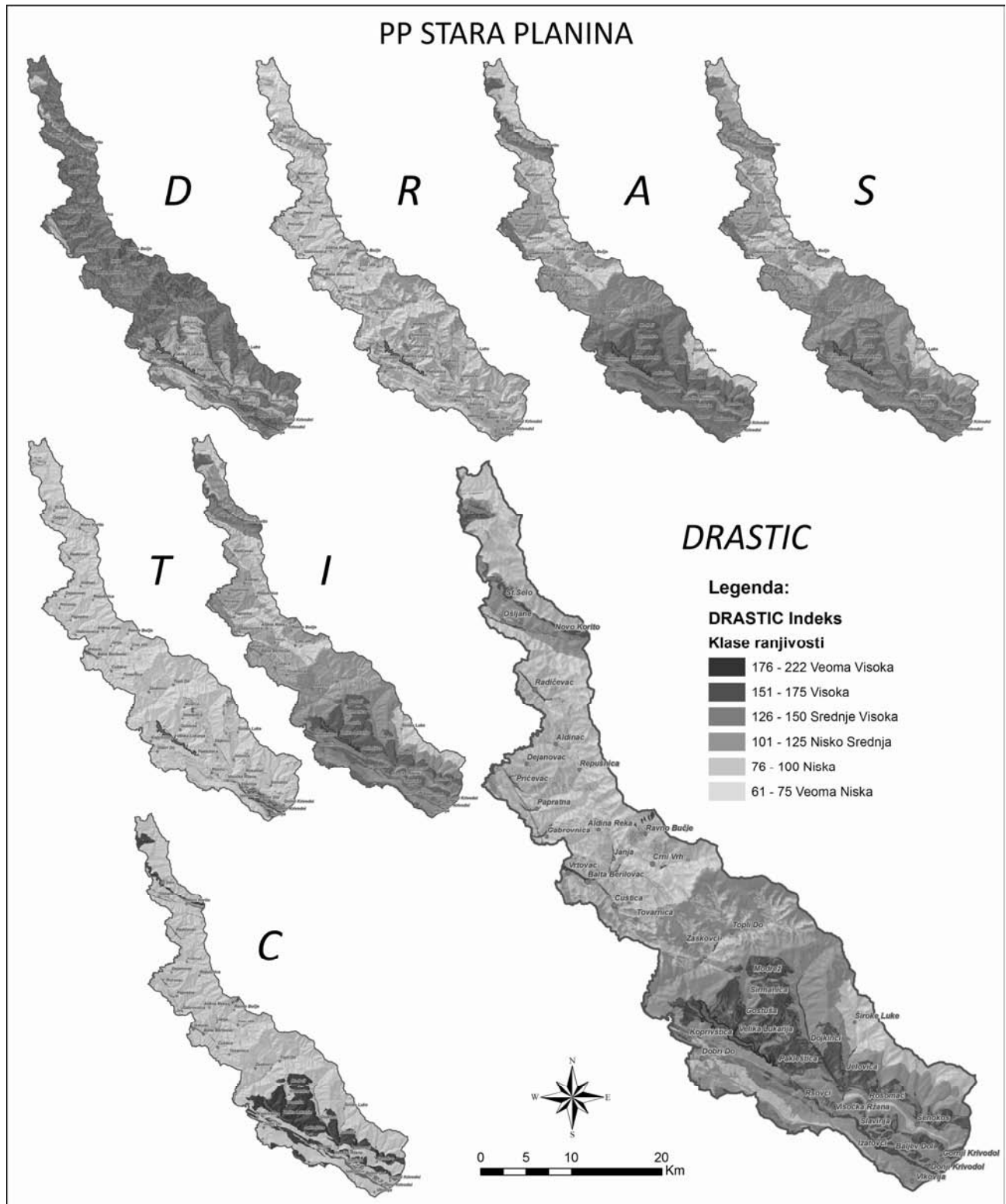
U radu je prikazana primena DRASTIC metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara planina. Primenom ove metode dobijene su karte ranjivosti na kojima su izdvojena područja sa različitim stepenom ranjivosti podzemnih voda.

Ono što posebno treba naglasiti, to je da su primenom DRASTIC metode utvrđene određene prednosti i nedostaci koje treba imati u vidu prilikom njene buduće primene:

- NP Đerdap i PP Stara planina zauzimaju veliko prostranstvo u kome se javljaju skoro svi tipovi izdani, što smanjuje mogućnosti primene metoda koje su razvijene isključivo za pojedine izdani, kao što je na primer EPIK metoda (Doerfliger N., Zwahlen F., 1997). Izbor DRASTIC metode se pokazao kao veoma dobar jer ova metoda je primenljiva za sva hidrogeološka okruženja.



Slika 5. Izrada karte ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap



Slika 6. Izrada karte ranjivosti podzemnih voda PP Stara Planina

- DRASTIC metoda ne zahteva precizno poznavanje svih litoloških članova u nadzidanskoj zoni. Parametri koji se odnose na geološke i hidrogeološke karakteristike terena (faktori A, I i C) dobijaju se opisnim putem na osnovu unapred zadatih tabela. Ovo je znatno olakšalo primenu DRASTIC metode u konkretnim slučajevima.
- Zbog veličine istražnih područja karte ranjivosti podzemnih voda urađene su u razmeri 1 : 200 000. Ova razmera nije onemogućila primenu DRASTIC metode, ali je zato ograničila upotrebu nekih savremenijih metoda kao što su PI metoda (Goldscheider N., 2000), COP metoda (Vias J.M. et al 2006) i sl.
- Na ukupan indeks ranjivosti najveći uticaj imaju faktori D (dubina do nivoa podzemnih voda), R (prihranjivanje) i I (uticaj nadzidanske zone). Zato i prilikom upotrebe ove metode najviše pažnje upravo treba posvetiti izradi karata ovih parametara.
- Primena DRASTIC metode pri oceni ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara planina pokazala je, da je najteže odrediti faktore D i R. Njih je moguće definisati posredno, analizirajući u obzir parametre od kojih najviše zavise. Procedura posrednog određivanja ovih faktora prikazana je u prethodnom poglavlju.
- DRASTIC metoda ne uzima u obzir koncentrisanu infiltraciju i mogućnost brzog zagađivanja karstnih podzemnih voda. U ovim područjima je moguće detaljno definisati ranjivost podzemnih voda uzimajući u obzir sve karakteristike karstne izdani, ali je zato neophodno primeniti metode kao što su EPIK (Doerfliger N., Zwahlen F., 1997), PI (Goldscheider N., 2000) i sl.

5. ZAKLJUČAK

Karte ranjivosti podzemnih voda pokazale su da značajna površina NP Đerdap i PP Stara planina karakteriše visoka i veoma visoka ranjivost podzemnih voda. To praktično znači da se podzemne vode u ovim delovima parkova mogu lako zagatiti u slučaju ispuštanja zagađujuće supstance na površini terena. Relativno dobar kvalitet podzemnih voda istraživanih područja jeste rezultat relativno male naseljenosti i odsustva potencijalnih izvora zagađivanja.

Međutim, urbanizacija i privredni razvoj ovih područja, u budućnosti mogu da ugroze kvalitet podzemnih voda. Da bi se obezbedio održivi razvoj NP i PP na dugoročnom nivou, neophodno je, da se prilikom njihove zaštite uzmu u obzir i rezultati dobijeni izradom karata ranjivosti podzemnih voda. U tu svrhu DRASTIC metoda se pokazala kao veoma primenljiva za dobijanje pomenutih karata.

LITERATURA

- [1] Aller L., T. Bennet, J. Lehr, R. Petty and G. Hackett: DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings, U.S. EPA, Chicago, Illinois, 1985.
- [2] Doerfliger N. and F. Zwahlen: EPIK: A new method for outlining of protection areas in karstic environment, Karst Waters and Environmental Impacts, Gunay and Johnson (eds), Balkema, Rotterdam, 1997.
- [3] Goldscheider N., M. Klute, S. Sturm and H. Hötzl: The PI method – a GIS-based approach to mapping groundwater vulnerability with special consideration of karst aquifers, Z. angew. Geol., 46 (2000) 3: 157-166, Hannover, 2000.
- [4] Piscopo G.: Groundwater vulnerability map explanatory notes, NSW Department of Land and Water Conservation, Australia, 2001.
- [5] Službeni Glasnik Republike Srbije: Zakon o zaštiti prirode, br 36/09, JP Službeni glasnik, Beograd, 2009.
- [6] Vias J.M., B. Andreo, M. J. Perles, F. Carrasco, I. Vadillo and P. Jimenez: Proposed method for groundwater vulnerability mapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method, Hydrogeology Journal 2006-14, 912-925, 2006.
- [7] Živanović V.: Ocena ranjivosti podzemnih voda od zagađenja na primerima karsta Srbije, Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2011.
- [8] Živanović V. and V. Dragišić: Primena EPIK metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda južnog dela Stare planine, 7. Simpozijum o zaštiti karsta, Bela Palanka, 2011.

APPLICATION OF DRASTIC METHOD FOR GROUNDWATER VULNERABILITY ASSESSMENT – EXAMPLES OF NATIONAL AND NATURE PARKS OF SERBIA

by

Vladimir ŽIVANOVIĆ, Veselin DRAGIŠIĆ, Nebojša ATANACKOVIĆ
Faculty of Mining and Geology, Belgrade

Summary

Groundwater vulnerability assessment methods have increasingly been used for protection of water resources lately. Maps which are obtained by applying these methods are particularly important because they represent a significant background in determining the sanitary protection zones, as well as in spatial planning. The issue of groundwater protection is particularly evident in National parks and nature parks, because despite the fact that these goods are the highest forms of environmental protection, protection of ground water is not satisfactory.

The choice of method for groundwater vulnerability assessment is an important task because the quality and the speed of vulnerability maps production will depend on the selected method. This paper describes the use of DRASTIC method to assess groundwater vulnerability of National park Djerdap and Nature park Tara.

Complex geological and hydrogeological structures of selected terrains justify the choice of the method which is very suitable for groundwater vulnerability assessment of large areas.

Application of DRASTIC method requires development of separate maps, showing the impact of the analysed parameters on groundwater vulnerability in total. Due to the size of the exploration area and the complexity of geological conditions, the most difficult was to determine factor D (depth to groundwater) and factor R (recharge). That is why this paper is focused on defining these two parameters.

Key words: groundwater vulnerability, vulnerability map, DRASTIC method, National park Djerdap, Nature Park Stara Planina

Redigovano 24.09.2012.