

Ocena naravne ranljivosti vodonosnika v zaledju izvira Rižane po metodi SINTACS

Intrinsic vulnerability assessment of the aquifer in the Rižana spring catchment by the method SINTACS

Mitja JANŽA & Joerg PRESTOR

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: naravna ranljivost, vodonosnik, SINTACS, vodni vir, Rižana
Key words: intrinsic vulnerability, aquifer, SINTACS, water resource, Rižana

Kratka vsebina

V članku je prikazana ocena naravne ranljivosti vodonosnika v zaledju izvira Rižane po metodi SINTACS. Metoda je parametrična in vključuje sedem parametrov (globino do nivoja podzemne vode, efektivno infiltracijo, lastnosti nezasičene cone, lastnosti tal, hidrogeološke lastnosti vodonosnika, prepustnost vodonosnika in naklon pobočja). Parametri na obravnavanem območju so prikazani z rastrskimi informacijskimi sloji, izdelanimi na podlagi interpretacije ter ustrezne GIS obdelave geoloških, hidrogeoloških, speleoloških, topografskih, meteoroloških in pedoloških podatkov. Skladno s pomenom posameznega parametra pri oceni ranljivosti so le-ti ustrezno obteženi. Končna karta ranljivosti je rezultat prekrivanja (seštevanja) sedmih obteženih informacijskih slojev (parametrov) in prikazuje napajalno zaledje izvira Rižane, razdeljeno na šest kategorij ranljivosti.

Abstract

In this paper is presented intrinsic vulnerability assessment of the aquifer in the Rižana spring catchment by the method SINTACS. It is parametric method that takes into consideration seven parameters (depth to ground water, effective infiltration action, unsaturated zone attenuation capacity, soil/overburden attenuation capacity, hydrogeological characteristics of the aquifer, hydraulic conductivity range of aquifer, hydrologic role of the topographic slope). Parameters are presented in grid information layers that were elaborated on the basis of interpretation and GIS processing of geological, hydrogeological, speleological, topographical, meteorological and pedological data. According to the parameters importance for vulnerability assessment, a multiplier (importance weight) was assigned to each parameter. Final map of vulnerability is a result of overlaying (summing) of weighted information layers (parameters) and shows the catchment area of the Rižana spring subdivided into six vulnerability classes.

Uvod

Izvir Rižane je najpomembnejši vodni vir za oskrbo jugozahodnega dela Slovenije s pitno vodo. Njegovo napajalno zaledje (slika 1) je varovano z varstvenimi pasovi štirih kategorij. Površina vodovarstvenega območja znaša okrog 245 km², del tega območja (17 km²) je na hrvaškem ozemlju. Povprečna nadmorska višina vodovarstvenega območja je 566 m.

Namen ocene ranljivosti napajalnega zaledja izvira Rižane je pridobiti dodatne informacije predvsem o tem, kako občutljivo je to območje na napredovanje onesnaževala (polutanta) s površine do gladine podzemne vode. Metodologija določanja varstvenih pasov upošteva namreč v splošnem le hitrosti

napredovanja onesnaževala v vodoravni smeri od točke posega (razlitja) do izvira. Z metodologijo določanja ranljivosti pa dobimo ranljivost vodonosnika v vsaki točki na tem prostoru, ne glede na oddaljenost od zajetja. Na ta način lahko območje določenega varstvenega pasu podrobneje razčlenimo na bolj in manj ranljive predele. Taka razčlenitev nam zelo pomaga pri uvajanju dejavnosti ali posegov, za katere je potrebna dodatna presoja, in tudi pri načrtovanju prioritete izvajanja sanacijskih in zaščitnih ukrepov.

Koncept ranljivosti vodonosnika

Ranljivost vodonosnika je naravna lastnost sistema podzemne vode, ki je odvisna



Sl. 1. Napajalno zaledje izvira Rižane – območje obravnave

od občutljivosti tega sistema na človekove in/ali naravne vplive (Zaporožec, 1994). Koncept ranljivosti temelji na predpostavki, da naravno okolje lahko zagotovi določeno stopnjo zaščite vodonosnika pred naravnimi in človekovimi vplivi, posebej tistimi, ki povzročajo prenos onesnaževala pod površje (Zaporožec, 1994). Ranljivost vodonosnika je relativna lastnost brez dimenzij, ki ni neposredno merljiva. Posledično prikazuje karta ranljivosti le relativno ranljivost območja, omejenega z mejami karte, ki ni primerljiva med različnimi kartami (Vrba & Civita, 1994).

V nadaljevanju je opisana metodologija ocene naravne ranljivosti (ang. intrinsic vulnerability), ki je le funkcija hidrogeoloških faktorjev (lastnosti vodonosnika, nad njim ležečih geoloških plasti in tal). Če vključimo

še specifičen človeški vpliv, govorimo o konceptu specifične ali integrirane ranljivosti (ang. specific / integrated vulnerability) (Zaporožec, 1994).

Metoda SINTACS

SINTACS je metoda za oceno naravne ranljivosti vodonosnika (Civita & De Maio, 1997). Je prirejena različica ameriške metode DRASTIC (Aller et al., 1987), ki je prilagojena hidrogeološki raznovrstnosti italijanskega ozemlja (Civita, 1990). Od leta 1990, ko se je začel njen razvoj, je bila večkrat spremenjena, tako da trenutna peta verzija ohranja le majhen del ogrodja metode DRASTIC (Civita & De Maio, 1997).

Metoda upošteva sedem parametrov:

- globino do nivoja podzemne vode,
- efektivno infiltracijo,
- lastnosti nezasičene cone,
- lastnosti tal,
- hidrogeološke lastnosti vodonosnika,
- prepustnost vodonosnika,
- nagib pobočja.

Vsak izbran parameter ima določen razpon in je razdeljen v diskretne hierarhične intervale, ki jim je pripisana vrednost v skladu z njegovo relativno stopnjo ranljivosti. Te vrednosti parametrov so pomnožene z utežmi, ki odražajo odnos med parametri in njihovo pomembnost pri oceni ranljivosti. Končni rezultat seštevanja obteženih parametrov je razdeljen v intervale, ki odražajo relativno stopnjo ranljivosti (Vrba & Civita, 1994).

Model ranljivosti obravnavanega območja

Za območje zaledja izvira Rižane smo privzeli območje, varovano z varstvenimi pasovi. Obdelava parametrov je potekala na širšem območju zaledja in je v končni karti omejena na območje zaledja. Pri delu smo uporabili velikost celice rastrskih informacijskih slojev 100 m. Vsak parameter je opredeljen z rastrskim slojem enakih dimenzij. Vrednosti parametra so v razponu od 1 do 10 (večja ranljivost – večja vrednost in obratno). Pri določitvi vrednosti parametra smo upoštevali vrednotenje, ki ga priporočata avtorja metode (Civita & De Maio, 1997). Parametre smo obtežili z ustreznima nizoma uteži. Končna karta ranljivosti je rezultat prekrivanja (seštevanja) sedmih obteženih informacijskih slojev (parametrov), ki so opisani v nadaljevanju.

Globina do nivoja podzemne vode

Na podlagi geoloških kart (Pleničar et al., 1969, Šikič et al., 1972) smo za modeliranje kamnine obravnavanega območja razdelili v tri skupine oziroma hidrogeološke enote: karbonatne kamnine, flišne plasti, aluvialne naplavine. Na območju vsake enote so bile ločeno interpretirane globine do nivoja podzemne vode:

– Območje, ki ga gradijo karbonatne kamnine, je bilo razdeljeno na šest con. V posamezni coni smo privzeli enoten nivo podzemne vode, ki smo ga ocenili na podlagi

meritev v opazovalnih vrtinah. Upoštevali smo stanje maksimalnih nivojev podzemne vode. Določena globina do nivoja podzemne vode je razlika med koto površja in ocenjenim nivojem podzemne vode.

– Na območju flišnih kamnin smo privzeli enotno globino do nivoja podzemne vode, ki znaša 10 m.

– Na območju flišnih kamnin smo privzeli enotno globino do nivoja podzemne vode, ki znaša 3 m.

Efektivna infiltracija

Efektivna infiltracija je bila izračunana na območjih z debelino tal pod 0,7 m kot produkt potencialnega infiltracijskega koeficienta ter razlike med povprečno letno višino padavin in evapotranspiracije. Na območjih z debelino tal nad 0,7 m pa kot produkt povprečne letne višine padavin in potencialnega infiltracijskega koeficienta. Vrednost slednjega je odvisna v prvem primeru od hidrogeoloških lastnosti kamnin, v drugem pa od lastnosti tal. Metoda (Civita & De Maio, 1997) sicer predvideva mejno debelino tal 0,5 m, vendar je na podlagi razpoložljivih podatkov mejna debelina 0,7 m bolj smiselna.

Tabela 1. Vrednosti potencialnega infiltracijskega koeficienta za hidrogeološke enote

hidrogeološka enota	χ
karbonati	0.7
aluvij	0.5
fliš	0.6

Vrednosti potencialnega infiltracijskega koeficienta (χ), uporabljene v modelu, so prikazane v tabeli 1 (za primer debeline tal pod 0,7 m) in v tabeli 2 (za primer debeline tal nad 0,7 m). V zadnjem primeru je bil potencialni infiltracijski koeficient (χ) določen na osnovi teksturnih podatkov tal digitalne pedološke karte (M 1:25.000) Centra za pedologijo in varstvo okolja.

Tabela 2. Vrednosti potencialnega infiltracijskega koeficienta za pedološke razrede

pedološki razred	χ
lahka in srednje težka tla	0.3
srednje težka tla	0.2
srednje težka in težka tla	0.03
težka tla	0.02

Za oceno padavin na obravnavanem območju so bile uporabljene vrednosti povprečnih letnih višin padavin iz desetih padavinskih postaj (Ilirska Bistrica, Knežak, Kozina, Kubed, Matavun, Movraž, Podgorje, Podgrad, Rakitivec, Škocjan) v obdobju med letoma 1971 in 1983 (Zupančič, 1995). Za prostorsko porazdelitev padavin je bila uporabljena linearna odvisnost padavin od nadmorske višine.

Izračun evapotranspiracije po Turc-u (1954) zahteva vrednost korigirane temperature (T_c), ki je funkcija povprečnih mesečnih temperatur in povprečnih mesečnih višin padavin. Korigirana temperatura je bila izračunana na mestih klimatoloških postaj Ilirska Bistrica, Koper, Kubed in Portorož. Uporabljeni so bili podatki v obdobju med letoma 1971 in 1980 (Zupančič, 1995). Za prostorsko porazdelitev T_c je bila uporabljena linearna odvisnost T_c od nadmorske višine.

Lastnosti nezasičene cone

Vrednosti parametra lastnosti nezasičene cone smo določili glede na lastnosti hidrogeoloških enot, v primeru karbonatnih kamnin pa je bila upoštevana še površinska gostota jam (tabela 3). Le-ta je bila izdelana na podlagi lokacij jam iz arhiva Jamarske zveze Slovenije. Za izračun je bila uporabljena metoda, ki pripiše celici vrednost površinske gostote jam na območju kroga s središčem v središču celice in radijem 1 km.

Tabela 3. Vrednosti parametra lastnosti nezasičene cone

hidrogeološka enota	gostota jam (št. jam/km ²)	vrednost parametra
karbonati	< 1	8
	1 – 5	9
	> 5	10
aluvij		2
fliš		3

Hidrogeološke lastnosti vodonosnika

Uporabljene vrednosti za parameter hidrogeološke lastnosti vodonosnika so prikazane v tabeli 4.

Tabela 4. Vrednosti parametra hidrogeološke lastnosti vodonosnika

hidrogeološka enota	vrednost parametra
karbonati	8
aluvij	5
fliš	6

Prepustnost vodonosnika

Vrednosti parametra prepustnost vodonosnika (tabela 5) so bile določene na podlagi rezultatov črpalnih poskusov in posredno tudi glede na priporočene vrednosti za posamezne hidrogeološke komplekse (Civita & De Maio, 1997). Pri karbonatnih kamninah je bila upoštevana še predpostavljena odvisnost prepustnosti od gostote jam.

Tabela 5. Vrednosti parametra prepustnost vodonosnika

hidrogeološka enota	gostota jam (št. jam/km ²)	koeficient prepustnosti (1E m/s)	vrednost parametra
karbonati	> 13	-2	10
	10 – 13	-3	9
	7 – 10	-4	7
	4 – 7	-5	5
	1 – 4	-6	3
	< 1	-7	2
aluvij		-5	5
fliš		-6	3

Nagib pobočja

Rastrski informacijski sloj nagib pobočja je bil izdelan na podlagi digitalnega modela reliefa območja, konstruiranega iz vektorskih plastnic (M 1:25.000) z ekvidistanco 25 m (Geodetska uprava Republike Slovenije).

Lastnosti tal

Parameter lastnosti tal (tabela 6) je bil ocenjen na osnovi teksturnih podatkov tal digitalne pedološke karte. Ta karta pokriva zgolj območje Slovenije. Za del zaledja na hrvaški strani je bilo na podlagi geoloških in reliefnih značilnosti privzeto, da ga pokrivajo pedološke enote, uvrščene v razred lahka in srednje težka tla. Območja kamnolomov in urbanih površin so brez teksturnih

podatkov, zato smo jih uvrstili v razred lahkih oziroma lahkih in srednje težkih tal na podlagi naše interpretacije.

Tabela 6. Vrednosti parametra lastnosti tal

pedološki razred	vrednost parametra
lahka tla	9
lahka in srednje težka tla	7
srednje težka tla	5
srednje težka in težka tla	3
težka tla	2

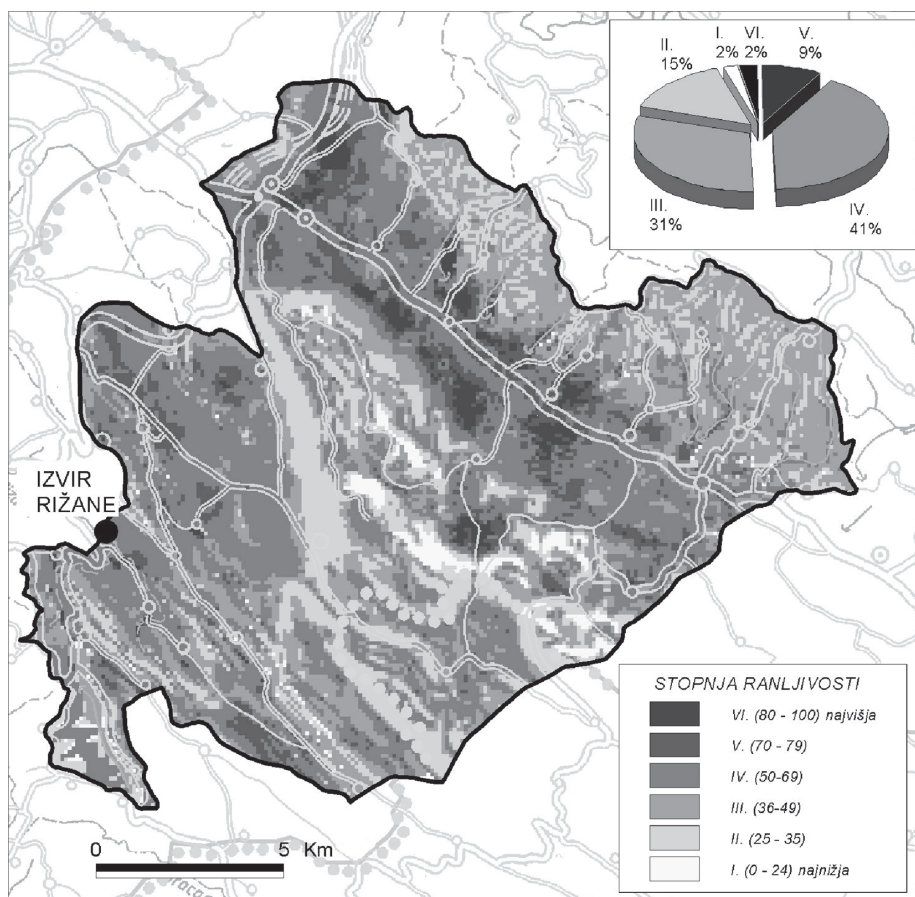
Uteži

Za obtežitev parametrov sta bila uporabljena dva niza uteži (tabela 7), ki sta po metodologiji (Civita & De Maio, 1997)

priporočena za »normalna« in kraška območja. Prvi niz je bil uporabljen na območju flišnih plasti in aluvialnih naplavin, drugi pa na območju karbonatnih kamnin.

Rezultati

Rezultat opisanega modeliranja je karta naravne ranljivosti vodonosnika v zaledju izvira Rižane (slika 2). Vrednosti indeksa ranljivosti SINTACS so v razponu od 66 do 183. Zaradi boljše preglednosti so vrednosti normalizirane na interval od 1 do 100 in razdeljene v šest razredov. Površinsko največji del ozemlja je uvrščen v srednje ranljive kategorije (slika 2). Najranljivejši del ozemlja, katerega površinski delež znaša okrog 2 %, pa je praviloma vezan na območja karbonatnih kamnin z večjo površinsko gostoto kraških jam.



Sl. 2. Karte naravne ranljivosti vodonosnika v zaledju izvira Rižane

Tabela 7. Uteži parametrov

parameter	uteži	
	aluvij, fliš	karbonati
globina do nivoja podzemne vode	5	2
efektivna infiltracija	4	5
lastnosti nenasičene cone	5	1
hidrogeološke lastnosti vodonosnika	4	3
prepustnost vodonosnika	3	5
nagib pobočja	3	5
lastnosti tal	2	5

Zaključek

Ocena naravna ranljivosti vodonosnika po metodi SINTACS je bila izvedena na območju napajalnega zaledja izvira Rižane. Uporabljeni so bili razpoložljivi podatki, ki so bili deloma dopolnjeni z izkustveno interpretacijo. Modeliranje je bilo opravljeno z GIS orodji, kar omogoča dodatne ugodnosti predvsem glede transparentnosti in ponovljivosti metode ter hranjenja, dopolnjevanja in prikazovanja podatkov. Končni rezultat modeliranja – karta ranljivosti – prikazuje razčlenitev območja na bolj in manj ranljive predele. Ta informacija je koristna upravljavcu vodnega vira pri uvajanju dejavnosti ali posegov, za katere je potrebna dodatna presoja, kot tudi pri načrtovanju prioritete izvajanja sanacijskih in zaščitnih ukrepov.

Literatura

Aller, L., Bennet, T., Lehr J.H., Petty R.J. & Hackett, G. 1987: DARSTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings. – U.S. Environmental Agency, Ada, OK, EPA/600/2-87-036, 455 pp., Washington.

Civita, M. 1990: La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. – Proc.

1st Con. Naz. »Protezione E Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Technologie e Obiettivi«, 3, 39-86, Marano sul Panaro.

Civita, M. & De Maio, M. 1997: SINTACS. Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia & automatizzazione. – Pitagora Editrice, 191 pp., Bologna.

Pleničar, M., Poišak, A. & Šikič, D. 1969: Osnovna geološka karta SFRJ, list Trst, 1:100.000. – Zvezni geološki zavod, Beograd.

Šikič, D., Pleničar, M. & Šparica, M. 1972: Osnovna geološka karta SFRJ, list Ilirska Bistrica, 1:100.000. – Zvezni geološki zavod, Beograd.

Turc, L. 1954: Le bilan d'eaux des sols: relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. – Ann. Agron. 5, 491-596.

Vrba, J., & Civita, M., 1994: Assessment of Groundwater Vulnerability. In: Vrba, J. & Zaporozec, A. (eds.), Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. – IAH, International Contributions to Hydrology, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, 16, 31-48, Hannover.

Vrba, J. & Zaporozec, A. 1994: Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. – IAH, International Contributions to Hydrology, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, 16, 131 pp., Hannover.

Zaporozec, A. 1994: Concept of Groundwater Vulnerability. In: Vrba, J. & Zaporozec, A. (eds.), Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. – IAH, International Contributions to Hydrology, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, 16, 3-7, Hannover.

Zupančič, B. 1995: Klimatografija Slovenije, 1961-1990, padavine. – MOP – Hidrometeorološki zavod Slovenije, 366 pp, Ljubljana.