

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XIV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
17-20. maj 2012. godine



XIV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI

sa međunarodnim učešćem

ZBORNIK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Vladica Cvetković, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Nevena Savić, dipl. inž.
Marina Jovanović, dipl. inž.

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafik Centar

Na 123. sednici Nastavno-naučnog veća Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 24.05.2011.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd
556.3(082)

SRPSKI simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem (14 ; 2012 ; Zlatibor)
Zbornik radova XIV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem,
Zlatibor, 17-20. maj 2012. godine /
[organizator Rudarsko-geološki fakultet ... et al.]. - Beograd : #Univerzitet,
#Rudarsko-geološki fakultet, 2012 (Beograd : Grafik centar).
- [18], 642 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Tiraž 150. - Str. [7-8]:
Uvodna reč organizatora / Dejan Milenić, Zoran Stevanović. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-236-4

a) Hidrogeologija - Zbornici
COBISS.SR-ID 190619660

SADRŽAJ

UVODNA PREDAVANJA

Petar Dokmanović, Zoran Nikić

Resursi podzemnih voda i hidrogeološka istraživanja u kontekstu aktuelne zakonske regulative u Srbiji.....	1
---	---

Milan Dimkić

Procesi u aluvijalnim podzemnim vodama i njihov značaj.....	5
---	---

Zoran Stevanović

Izazovi edukacije hidrogeologa u 21. veku – domaći i internacionalni kontekst.....	11
--	----

1. VODOSNABDEVANJE I MENADŽMENT PODZEMNIH VODA

Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Petar Dokmanović, Vesna Ristić Vakanjac, Bojan Hajdin, Saša Milanović, Dragoljub Bajić

Optimizacija vodosnabdevanja podzemnim vodama u Srbiji.....	15
---	----

Milenko Pušić, Milan Dimkić, Dragan Vidović, Milan Dotlić, Ilija Oparušić

Hidrodinamička analiza kapaciteta bunara sa horizontalnim drenovima na primeru beogradskog izvorišta.....	21
--	----

Ivana Obradović, Ranko Vukićević, Ljupka Mrkonja, Ivana Špadijer, Benno Grassl, Milan Lazarević, Dejan Drašković

Proširenje kapaciteta izvorišta utiskivanjem horizontalnih drenova-primer novosadskog izvorišta.....	27
---	----

Igor Jemcov, Dušan Polomčić, Rastko Petrović, Marina Ćuk

Prilog poznavanju režima rada i uslova eksploatacije neogene izdani na području Centralnog Pomoravlja – izvorište Ribare.....	33
--	----

Nenad Toholj, Spasoje Glavaš, Boban Jolović

Pitka voda kao značajan obnovljivi mineralni resurs Republike Srpske.....	39
--	----

Ivica Nikolić, Vladan Kocić, Vesna Ristić-Vakanjac

Monitoring podzemnih voda u državnoj mreži Stanica Srbije.....	45
---	----

Brankica Majkić-Dursun, Stevan Prohaska, Anđelija Koprivica, Vanja Vukelić

Uloga baznog oticaja na ključnim profilima vodomernih stanica reke Dunav i njenih pritoka u Srbiji.....	51
--	----

Miloš Zorić, Tibor Slimak, Nenad Vrvic

Metodologija izrade hidrogeološkog modela na primeru bunara sa horizontalnim drenovima RB-16 na Adi Ciganliji.....	57
---	----

Dušan Đurić, Vladimir Lukić, Anđelko Soro

Mogućnost proširenja izvorišta „Petrovaradinska Ada“ izgradnjom vodozahvata pored reke.....	63
--	----

Neda Dević, Dragan Radojević, Stanka Filipović, Veselin Blečić

Prilog poznavanju veze između voda sliva Gornje Morače i vodozahvata Mareza.....	69
--	----

Ilija Oparušić, Đorđije Božović

Definisanje devijacije drenova na bunarima beogradskog izvorišta podzemnih voda.....	75
--	----

Dušan Đurić, Tibor Slimak, Anđelka Petković

Ocena statusa podzemnih voda na primeru vodnog tela Pančevački rit.....	81
---	----

Brankica Majkić-Dursun, Ljiljana Popović, Dušan Miolski, Oliver Anđelković

Efekti promene režima podzemnih voda na izvorištu „Trnovče“ u periodu 2010-2011.....	87
--	----

Branko Hlevnjak, Željko Duić

Prilagođavanje konstrukcije i održavanje zdenaca u vodonosnicima s povišenim sadržajem željeza.....	93
--	----

Vladimir Filipović, Milenko Vasiljević, Goran Rašula, Budimir Filipović, Srđan Filipović

Hidrogeološke osnove održivog razvoja eksploatacije podzemnih voda Severnog Srema.....	101
---	-----

Bojan Hajdin, Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Dragoljub Bajić, Katarina Hajdin

Ocena perspektivnosti izvorišta “Vić bare” za vodosnabdevanje Obrenovca.....	107
--	-----

Bojan Nikolić, Sibela Nuhović, Gordana Letić, Vlade Čanić

Potencijalnost Ribarskog neogenog basena sa aspekta vodosnabdevanja naselja u opštini Kruševac.....	113
--	-----

Risto Milošević, Boško Vuković

Mogućnost zahvatanja podzemnih voda iz karstne izdani ispod neogenih naslaga u gatačkom ugljenom basenu za vodosnabdevanje Gacka.....	119
--	-----

2. GEOTERMALNA ENERGIJA I TERMOMINERALNE VODE**Dejan Milenić, Ana Vranješ**

Izrada hidrogeoloških dubleta kao optimalnog načina eksploatacije i korišćenja subhidrogeotermalnih resursa.....	125
---	-----

Neven Miošić, Natalija Samardžić, Hazim Hrvatović

Stanje istraživanja i korišćenja geotermalne energije Bosne i Hercegovine.....	131
---	-----

Boban Jolović, Spasoje Glavaš, Nenad Toholj

Geotermalni potencijali Republike Srpske.....	137
---	-----

Ivan Matić, Slobodan Vujasinović, Stanko Sorajić, Nenad Marić, Dejan Drašković, Slobodan Ćurčić, Nikola Vulić

Očuvanje podzemnih vodnih resursa kod korišćenja subgeotermalne energije na Novom Beogradu..... 145

Ana Vranješ

Procena hidrogeotermalnog potencijala uže teritorije grada Beograda..... 149

Ana Vranješ, Bojan Dončev

Uticaj efekta toplotnog ostrva na podzemne vode Novog Beograda..... 157

Vladimir Vuličević

Primer dobre prakse: pasivno hlađenje i aktivno grejanje Viessmann toplotnom pumpom..... 163

Nebojša Stanić

Korišćenje hidrogeotermalne energije u sistemima instalacija grejanja i hlađenja sa Rehau toplotnim pumpama..... 167

Josip Papeš, Josip Bać, Dragoslav Đorđević, Natalija Samardžić, Neven Miošić

Višegradska banja – determinacija geologije ofiolitske zone Bosne i Hercegovine..... 175

Ferid Skopljak

Prvo otkriće mineralne vode na Ilidži kod Sarajeva..... 181

Tamara Marković, Ozren Larva

Hidrokemijska obilježja termalne vode na području Daruvara..... 187

Tamara Marković, Josip Terzić, Jasmina Lukač-Reberski

Određivanje trendova kakvoće vode pomoću geokemijskih pokazatelja u krškom vodonosniku Blatskog polja na otoku Korčuli..... 193

Irena Grujić, Vladimir Stojadinović, Dušan Stojadinović

Termalne vode Ribarske banje i njihova svojstva..... 199

Mića Martinović, Sava Magazinović, Dragana Dimitrijević, Dragana Đurđanović

Mogućnost proizvodnje električne energije iz hidrogeotermalnih resursa na području surduličkog granitoidnog masiva..... 203

Mihailo Milivojević, Mića Martinović, Nenad Malović, Sava Magazinović

Problematika bušenja dubokih hidrotermalnih bušotina na području Semberije na primeru bušotine GD-2 u Slobomiru (Bijeljina)..... 209

Vojislav Tomić, Predrag Milanović, Dragan Simić

Geotermalni potencijal bunara PK-1/H u Smederevskoj Palanci..... 215

Vlade Čanić, Ivan Đokić, Mirko Čekić, Marina Stojić

Novi prilog poznavanju hidrogeotermalne potencijalnosti područja grada Bečeja..... 221

Željko Kljajić, Vladimir Lazić, Miloško Lazić, Daniela Radoš

Energetski potencijal termalnih voda specijalne bolnice "Termal" iz Vrdnika..... 227

Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Dragan Milovanović, Stefan Stratimirović

Prilog poznavanju termomineralnih voda Sijarinske banje..... 233

Goran Marinković, Petar Papić, Jana Stojković, Veselin Dragišić

Faktori formiranja sistema ugljikiselih mineralnih voda Srbije..... 239

Olivera Krunić, Srđan Parlić, Marina Jovanović

Geneza ugljikiselih voda Kučevskog neogenog basena..... 245

Ivana Demić

Detaljna hidrogeološka istraživanja termalnih voda na području Bačkog Petrovca 253

Žarko Veljković

Potencijalnost grada Kruševca sa aspekta korišćenja mineralnih i termomineralnih voda..... 259

3. HIDROGEOLOGIJA LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA**Veselin Dragišić, Gordana Milentijević, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Dejan Nešković**

Rudničke vode napuštenih rudarskih radova i životna sredina u području Srbije..... 265

Goran Jevtić, Miloš Zorić

Hidrogeološki model prostora projektovanog podvodnog rudnika uglja Kovin..... 271

Aleksandar Avramović, Vladislav Marinković

Hidrodinamički model površinskog rudnika uglja „Drmno“ – Srbija..... 277

Aleksandar Avramović, Vladislav Marinković

Hidrodinamičke karakteristike zapadnog kostolačkog ugljonosnog basena, sa konceptom otvaranja rudnika i ocenom uticaja na režim podzemnih voda..... 283

Dušan Mikavica

Vodni bilans akumulacije Kladnica u sistemu zaštite PK „Tamnava – Zapadno Polje“ od podzemnih voda..... 289

Ivana Demić, Rastko Pešalj

Mogućnost otkrivanja ležišta visoko temperaturnih voda u Vojvodini, za potrebe proizvodnje električne energije..... 295

Boris Vakanjac, Vesna Ristić-Vakanjac

Uzorkovanje vode kod istraživanja urana u jugoistočnoj Mongoliji..... 301

Milovan Rakijaš

Hidrogeološke karakteristike šire zone ležišta krečnjaka površinskih kopova
"Beli kamen" i "Mutalj" kod Beočina..... 309

4. KVALITET I ZAŠTITA PODZEMNIH VODA**Olivera Krunić, Srdjan Parlić**

Mikrokomponente u mineralnim vodama Srbije..... 317

Adam Dangić, Jelena Dangić

Karsno izvorište Zeleni Vir kod Olova (Bosna): hidrogeohemija olova..... 323

Tanja Petrović-Pantić, Milena Zlokolica-Mandić

Kakvu vodu pijemo?..... 329

Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Nebojša Atanacković

Primena metoda za ocenu ranjivosti podzemnih voda u zaštiti
vodnih resursa nacionalnih parkova i parkova prirode Srbije..... 335

Tibor Slimak, Uroš Urošević, Milan Dimkić, Đorđije Božović

Analiza ranjivosti podzemnih voda na delu prostora beogradskog izvorišta..... 341

Spasoje Glavaš, Boban Jolović, Nenad Toholj

Zone sanitarne zaštite izvorišta vode za piće na karstnim područjima
Republike Srpske..... 347

Ivana Špadijer, Slavko Špadijer, Ivana Obradović, Dejan Drašković

Hidrogeološka istraživanja za potrebe zaštite izvorišta javnog vodosnabdevanja-
primer izvorišta za vodosnabdevanje opštine Lazarevac..... 353

Zoran Nikić, Petar Dokmanović

Kvalitet ujezerene vode sa aspekta geološke građe slivnog područja
na primeru akumulacije "Grište"..... 359

Zoran Radenković, Miloš Zorić

Uticaj dugogodišnje eksploatacije na režim podzemnih voda na području Leskovca..... 365

Miroslav Krmpotić, Dejan Tadić, Dejan Nešković, Andrijana Grujić

Hydrohemijske karakteristike podzemnih voda vulkanogenih masiva Srbije..... 371

Vladan Kocić, Ivica Nikolić, Tatjana Dopuđa-Glišić, Dejan Ćosić

Rezultati monitoringa podzemnih voda u projektu DREPR
(smanjenje zagađenja u slivu reke Dunav)..... 377

Tanja Petrović-Pantić, Marina Jovanović, Milena Zlokolica-Mandić

Uporedni prikaz pravilnika o kvalitetu pijaćih voda Srbije sa propisima EU, WHO i FAO.....	383
--	-----

Dejan Milenić, Nevena Savić

Kvalitet podzemnih voda i zemljišta u zoni bombardovanih rezervoara 1999. godine na prostoru toplane Novi Beograd.....	389
--	-----

Nevena Savić, Đuro Milanković, Petar Papić

Analiza uticaja različitih vegetacionih pokrivača na režim i kvalitet podzemnih voda - primer Bojčinske šume.....	395
---	-----

Branislav Petrović, Stanko Sorajić

Mesto i uloga hidrogeologa u studijama procene uticaja na životnu sredinu.....	401
--	-----

Nevena Savić

Podloge za razmatranje mogućnosti uticaja klimatskih promena na podzemne vode.....	407
--	-----

Bojana Dabić, Marko Radaković, Mirjana Ristić

Kvalitet podzemnih voda koje se zahvataju na teritoriji grada Kragujevca.....	413
---	-----

Dragoslav Banjak

Hydrohemijski režim i kvalitet voda Dabarskog polja.....	419
--	-----

Milan Tomić, Miloško Lazić

Prilog poznavanju podzemnih lekovitih voda Vojvodine.....	425
---	-----

Zdravko Pantelić, Mithat Eminović

Kvalitet vode tutinskog vodovoda u period od 2007. do 2011 god.....	429
---	-----

5. RAZNOVRSNA HIDROGEOLOŠKA TEMATIKA (INFORMACIONE TEHNOLOGIJE, OSNOVNA HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, SPECIFIČNE TEME)

Vasilije Radulović

Uticaj projektovanih, višenamjenskih akumulacija voda - jezera u kanjonu rijeke Morače na izmjenu režima voda u okolnim terenima.....	433
---	-----

Vladimir Beličević

Izrada karte resursa podzemnih voda Severnog Alžira.....	439
--	-----

Vojislav Tomić

Vodonosnost stena sa pukotinskom strukturom poroznosti i metodologija određivanja rezervi podzemnih voda u pukotinskim izdanima.....	447
--	-----

Igor Jemcov, Rastko Petrović

Režim i karakteristike karstnog vrela Perućac primenom analize vremenskih serija..... 453

Milenko Pušić, Ilija Oparušić, Dušan Đurić

Hidrodinamička analiza koegzistencije regionalnog izvorišta i rudnika uglja u Kovinskoj depresiji..... 459

Djulija Boreli-Zdravković, Goran Jevtić, Marina Babić-Mladenović

Istraživanje hidrauličkog kontakta reke Save i izdani u zoni beogradskog izvorišta..... 465

Dragan Kaluđerović

Uticaj neodređenosti parametara matematičkog modela na prognozni kapacitet izvorišta na potezu Trnovče-Miloševac-Lozovik..... 471

Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Milorad Kličković

3D model karstnih kanala u zoni isticanja Malog vrela..... 477

Petar Papić, Jana Stojković

Primena multivarijantne statističke analize u hidrogeohemiji..... 483

Mirko Čekić, Ivan Đokić, Sibela Nuhović

Pukotinsko-karstna izdan u donjotrijaskim krečnjacima u Gostilju (Zlatibor)..... 489

Milan Radulović

Mogućnosti prikazivanja stepena karstifikacije u visoko karstifikovanim terenima..... 493

Milan Radulović

Lociranje zona podvodnog isticanja izdanskih voda korišćenjem daljinske detekcije..... 499

Đuro Milanković

Osnovna hidrogeološka karakterizacija karstnih vrela planinskog masiva Zlatibora..... 505

Petar Begović, Branko Ivanković, Željko Zubac, Vladimir Petrović

Katastar vodnih pojava na području rijeke Trebišnjice..... 513

Dejan Milenić, Đuro Milanković

Novi osvrt na vodonosnost ultramafita zlatiborskog planinskog masiva..... 519

Milovan Rakijaš, Slobodan Vujasinović, Ivan Matić, Marija Đedović, Jelena Zarić

Hidrogeološka problematika kod zatvaranja postojećih i otvaranja novih sanitarnih komunalnih deponija u Srbiji..... 525

Milovan Rakijaš

Analiza povoljnih i nepovoljnih terena za izgradnju sanitarnih komunalnih deponija čvrstog otpada u Srbiji, sa hidrogeološkog aspekta..... 531

Goran Jevtić, Vladimir Lukić, Anđelko Soro

Uticaj režima u kanalu tehnološke vode na režim podzemnih voda u okruženju..... 539

Željko Kljajić, Vladimir Lazić, Miloško Lazić, Nestor Miković

Uslovi zahvatanja i flaširanja "Moja voda" kod Vršca i mogućnost proširenja kapaciteta... 545

Vesna Zuber-Radenković, Zoran Radenković

Hidrodinamička modelska ispitivanja u cilju određivanja zona zaštite izvorišta „Garevina“ u Lapovu..... 551

Vojislav Tomić, Milan Tomić

Predlog novog načina prikazivanja hidrogeoloških svojstava stena (terena) na osnovnoj hidrogeološkoj karti (OHGK)..... 557

Željko Zubac, Matko Uljarević, Željko Bošković

Sanacija problema procjednih voda iz akumulacije „Gorica“-HE Trebinje II..... 561

Nikola Elez

Prognozni proračun filtracije podzemnih voda oko tela brane MHE „Dub“ na reci Prači u Republici Srpskoj..... 567

Rastko Petrović

Određivanje kontura topografskih vododelnica analizom dem-a - primer izvorišta u Gornjoj Lisini..... 573

Milan Tomić, Vuk Kasalica

Ovodnjenost ležišta krečnjaka «Zborište» kod Guče..... 579

6. STUDENTSKI RADOVI**Nenad Doroslovac**

Primena softverskog paketa Aquachem u određivanju geneze termomineralnih voda Jošaničke Banje (Centralna Srbija)..... 585

Nela Petronijević, Ivan Matić, Slobodan Vujašinić

Određivanje zona sanitarne zaštite na primeru izvorišta Opštine Kikinde..... 591

Marina Jovanović, Bojan Dončev

Termomineralne vode Čačansko-kraljevačkog neogenog basena i terena oboda..... 597

Tijana Vinčić

Kvalitet flaširanih voda Srbije..... 603

Maja Todorović, Marina Ćuk

Nitrati u podzemnim vodama Srbije..... 607

Marina Ćuk, Maja Todorović, Jana Stojković

Arsen u podzemnim vodama za vodosnabdevanje Vojvodine..... 611

Darko Tonić

Mogućnost korišćenja geotermalne energije u Srbiji..... 617

Jovana Milosavljević

Ponašanje pesticida u intergranularnoj poroznoj sredini..... 621

Marina Ćokorilo

Simulacija dnevnih isticanja iz karstnog vrela Vape (Jugozapadna Srbija)..... 627

Katarina Samolov, Vladimir NovakovićRudničke vode ležišta urana i kvalitet životne sredine
na području Stare planine (Istočna Srbija)..... 633**Strahinja Marković, Dragan Milovanović**Hemijske karakteristike podzemnih voda u ofiolitimskim masivima
Dinarida i Vardarske zone..... 637**PROSTOR ZA SPONZORE**

PRIMENA METODA ZA OCENU RANJIVOSTI PODZEMNIH VODA U ZAŠTITI VODNIH RESURSA NACIONALNIH PARKOVA I PARKOVA PRIRODE SRBIJE

APPLICATION OF GROUNDWATER VULNERABILITY ASSESSMENT METHODS IN THE PROTECTION OF WATER RESOURCES OF SERBIA NATIONAL AND NATURE PARKS

Vladimir Živanović¹, Veselin Dragišić¹, Nebojša Atanacković¹

¹Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail:v.zivanovic@rgf.bg.ac.rs, v.dragisic@rgf.bg.ac.rs, atanackovic.n@gmail.com

APSTRAKT: Nacionalni parkovi (NP) i parkovi prirode (PP) su prirodna dobra od izuzetnog značaja i kao takvi predstavljaju najviše oblike zaštite životne sredine. Pri određivanju njihovih granica, zaštiti podzemnih voda u dosadašnjoj praksi nije poklanjana potrebna pažnja. Upravo u ovom radu dat je prikaz jedne metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda, kao rezultat koje se dobijaju odgovarajuće karte (karte ranjivosti) koje predstavljaju dobru podlogu za uspostavljanje zona sanitarne zaštite, a samim tim i podlogu za preciznije određivanje granica pomenutih dobara. U zavisnosti od geološko-hidrogeoloških i pedoloških karakteristika područja, primenjuju se različite metode za ocenu ranjivosti. Konkretno, u radu je prikazana primena DRASTIC metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara Planina. Iskustvo stranih autora je pokazalo da je ova metoda veoma pogodna za ocenu ranjivosti podzemnih voda velikih područja, pogotovo ako se ista karakterišu složenom geološkom i hidrogeološkom građom terena i nedovoljnom istraženosti u vertikalnom profilu. Ovo je i potvrđeno primenom ove metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda NP i PP Srbije.

Ključne reči: ranjivost podzemnih voda, karta ranjivosti, DRASTIC metoda, EPIK metoda.

ABSTRACT: National parks (NP) and nature parks (PP) are natural areas of great importance and they represent the highest forms of environmental protection. When determining their boundaries, necessary attention has not been given to groundwater protection in practice to this day. This paper gives an overview of one method for assessing the groundwater vulnerability which results in obtaining appropriate maps (vulnerability maps). These maps represent a good basis for the establishment of sanitary protection zones, and thus the basis for determining precise boundaries of these nature goods. Depending on geology and hydrogeology and soil characteristics of the area, different methods are used for assessing vulnerability. Concretely, this paper describes the use of DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment of National park Đerdap and Nature Park Stara Planina. The experience of foreign authors has shown that this method is very suitable for assessing the groundwater vulnerability of large areas, especially if they are characterized by complex geological and hydrogeological composition and lack of exploration in vertical section. This has been confirmed by applying this method when assessing the groundwater vulnerability of Serbian national and nature parks.

Key words: groundwater vulnerability, vulnerability map, DRASTIC method, EPIK method.

Uvod

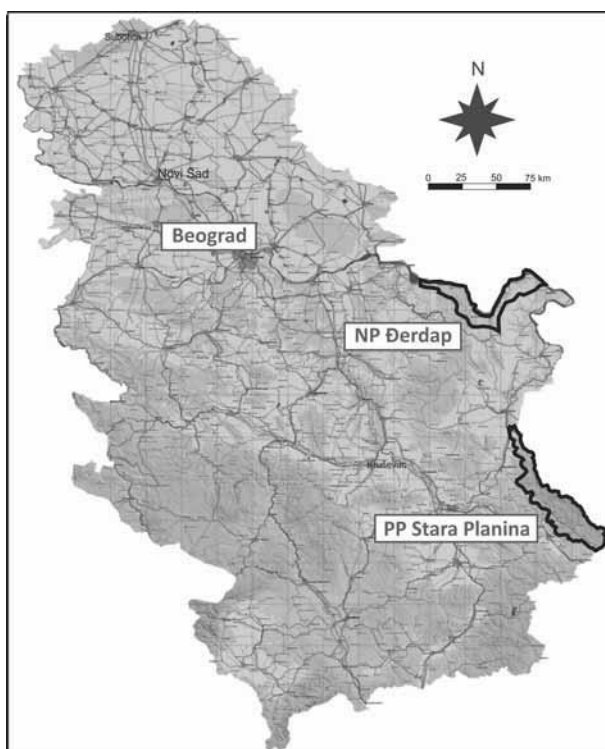
Mere zaštite nacionalnih parkova i parkova prirode u Srbiji su bazirane na Zakonu o zaštiti prirode (Službeni glasnik RS, broj 36/09), kao i aktima o zaštiti pojedinih lokaliteta u rangu rezervata i spomenika prirode. Posebnim studijama su za svaki park definisane zone sa različitim stepenom zaštite prirode. Mere zaštite koje se

sprovode u okviru ovih zona se uglavnom odnosena 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 prođe sa površine terena do izdani.

Primenjena metodologija istraživanja

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 nadzidanske 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: **$DRASTIC\ Indeks = 5 \cdot Dr + 4 \cdot Rr + 3 \cdot Ar + 2 \cdot Sr + Tr \cdot Tw + 5 \cdot Ir + 3 \cdot Cr$** . 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
Figure 1. Location of NP Đerdap and Nature Park Stara Planina

Područje NP Đerdap podlikuje 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.

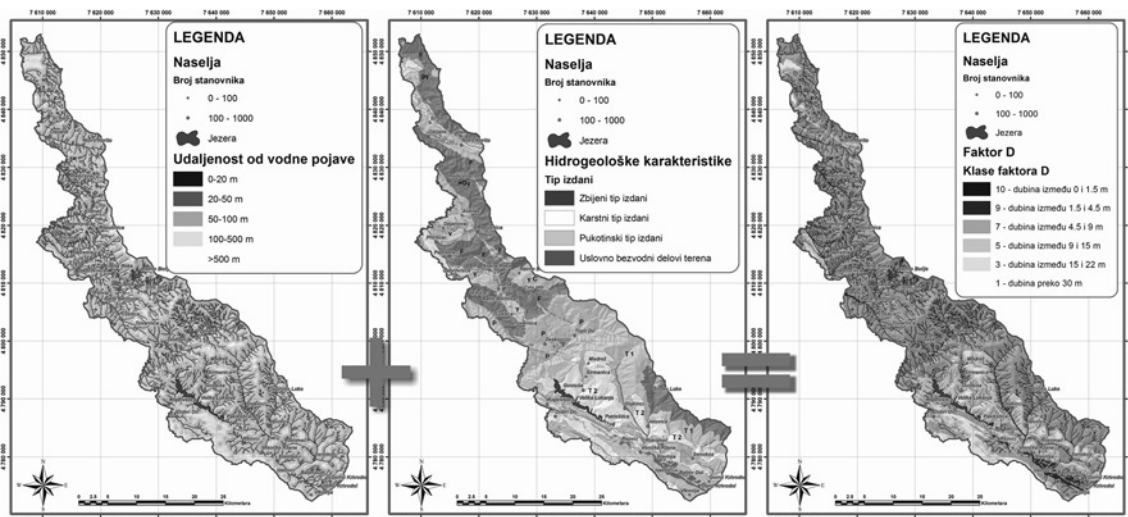
Prikaz dobijenih rezultata

Izrada karti ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara Planina zahtevala je izradu posebnih oleata tj. karataza 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. 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.

Tabela 1. Proračunska šema za procenu faktora D (Živanović V., 2011)
Table 1. Calculation scheme for evaluation of factor D (Živanović V., 2011)

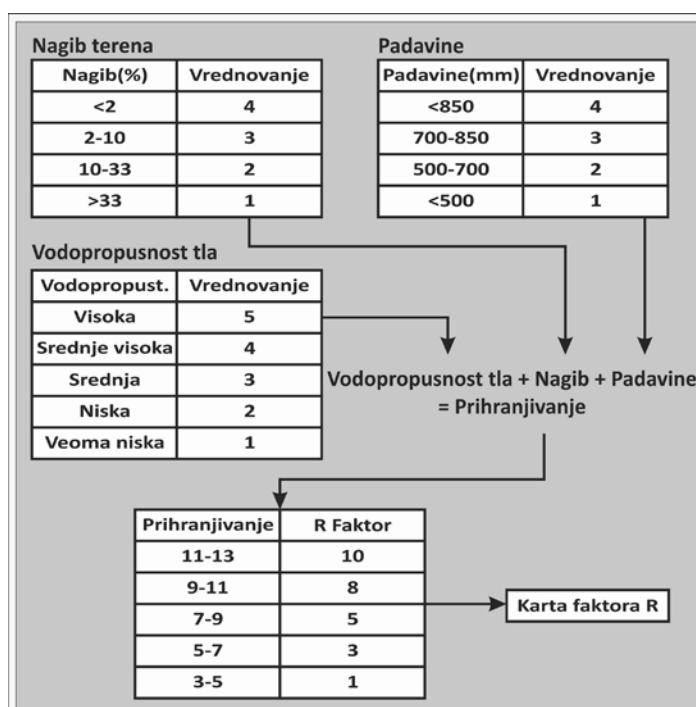
Tip izdani	Udaljenje od izvora ili reke (m)	Dubina do nivoa podzemnih voda (m)
Zbijeni tip izdani	0-20	0.0-1.5
	>20	1.5-4.5
Karstni tip izdani	0-20	0.0-1.5
	20-100	9.0-15.0
	100-500	15.0-22.0
	> 500	>30
Pukotinski tip izdani i uslovno bezvodni delovi terena	0-20	0.0-1.5
	20-50	1.5-4.5
	> 50	4.5-9.0



Slika 2. Izrada karte faktora D (PP Stara Planina)
Figure 2. Creation of D factor map (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):

- Oleata nagiba terena** koja je urađena na osnovu DEM modela koristeći analizu nagiba terena, tzv. Slope analiza (slika 3).

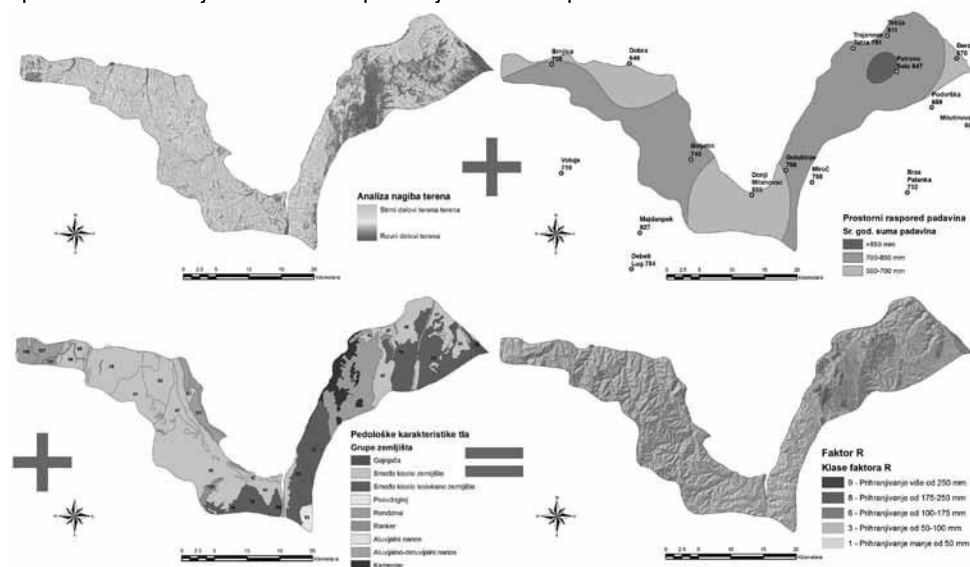


Slika 3. Proračunska šema za procenu faktora R
Figure 3. Calculation scheme for evaluation of factor R

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.



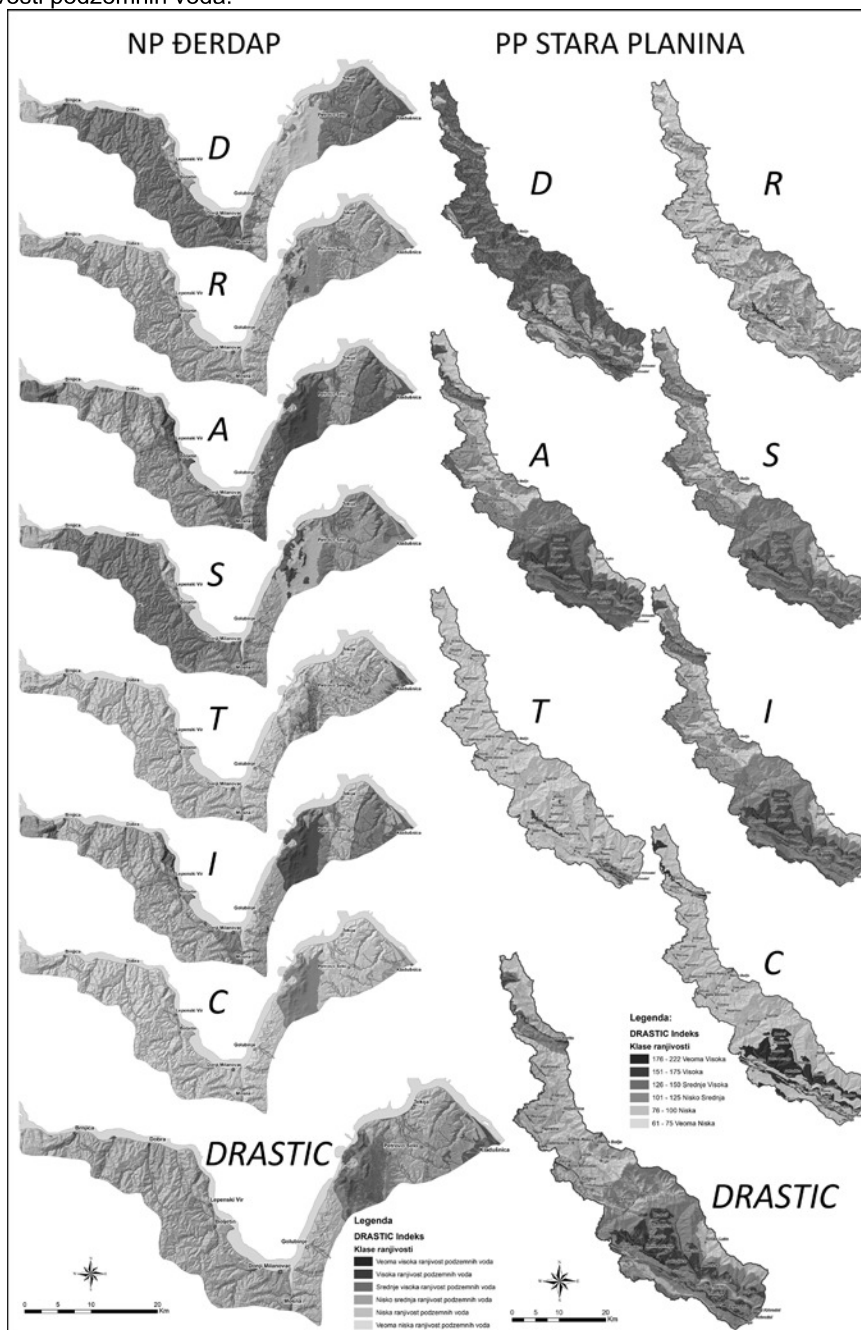
Slika 4. Izrada karte faktora R (NP Đerdap)
Figure 4. Creation of R factor map (NP Đerdap)

Nakon što su uređene karte svih faktora, za svaku tačku NP Đerdap i PP Stara Planina, proračunat je DRASTIC indeks ranjivosti podzemnih voda (slika 5). Na osnovu veličine ovog indeksa izdvojeno je 6 zona (klasa) sa različitim stepenom ranjivosti podzemnih voda na zagađivanje sa površine. Finalne karte ranjivosti 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 stenau nadzidanskoj 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 poklanjalapotrebna pažnja zaštiti podzemnih voda.

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.



Slika 5. Izrada karte ranjivosti podzemnih voda NP Đerdap i PP Stara Planina
Figure 5. Creation of groundwater vulnerability maps of NP Djerdap and NP StaraPlanina

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.

- 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 omogućila 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.

Zaključak

Karte ranjivosti podzemnih vodapokazale 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 moguda ugrozekvalitet 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

- ALLER L., BENNET T., LEHR J., PETTY R., HACKETT G., 1985: *DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*, U.S. EPA, Chicago, Illinois
- DOERFLIGER N., ZWAHLEN F., 1997: *EPIK: A new method for outlining of protection areas in karstic environment, Karst Waters and Environmental Impacts*, Gunay and Johnson (eds), Balkema, Rotterdam
- GOLDSCHIEDER N., KLUTE M., STURM S., HÖTZL H., 2000: *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
- PISCOPO G., 2001: *Groundwater vulnerability map explanatory notes*, NSW Department of Land and Water Conservation, Australia
- SLUŽBENI GLASNIK REPUBLIKE SRBIJE, 2009: *Zakon o zaštiti prirode*, br 36/09, JP Službeni glasnik, Beograd
- VIAS J.M., ANDREO B., PERLES M.J., CARRASCO F., VADILLO I., JIMENEZ P., 2006: *Proposed method for groundwater vulnerability mapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method*, Hydrogeology Journal 2006-14, 912-925
- ŽIVANOVIĆ V., 2011: *Ocena ranjivosti podzemnih voda od zagađenja na primerima karsta Srbije*, Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- ŽIVANOVIĆ V., DRAGIŠIĆ V., 2011: *Primena EPIK metode za ocenu ranjivosti podzemnih voda južnog dela Stare planine*, 7. Simpozijum o zaštiti karsta, Bela Palanka