

PRILOG POZNAVANJU REŽIMA RADA I USLOVA EKSPLOATACIJE NEOGENE IZDANI NA PODRUČJU CENTRALNOG POMORAVLJA – IZVORIŠTE RIBARE CONTRIBUTION TO KNOWING WORKING REGIME AND ABSTRACTION CONDITIONS OF NEOGENE AQUIFER IN CENTRAL POMORAVLJE– RIBARE SOURCE

Igor Jemcov, Dušan Polomčić, Rastko Petrović, Marina Ćuk

Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: jemcov@gmail.com

Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: dupol2@gmail.com

Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: rastko.petrovic@rgf.bg.ac.rs

Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, E-mail: marinacuk@ymail.com

APSTRAKT: Izvorište Ribare predstavlja jedno od najznačajnijih izvorišta u okviru Neogene izdani, Centralnog Pomoravlja. Koristi se za vodosnabdevanje stanovništva opštine Jagodina i prateće industrije. Sastoji se iz 12 bušenih bunara (dubine do 100 m), zbirnog kapaciteta od oko 200 l/s. U pogledu kvaliteta voda, karakteristične su povišene koncentracije gvožđa i mangana. Specifičnost ovog izvorišta je način deferizacije i demanganizacije, korišćenjem jedinstvene metode u našoj zemlji – “Subterra”. Njena primena uslovljava i specifične uslove eksploatacije. Definisaju režima eksploatacije prethodi i utvrđivanje režima i bilansa podzemnih voda. Ovo je postignuto izradom hidrodinamičkog modela, za nestacionarne uslove strujanja. Analizom bilansa, konstatovan je značajan doticaj sa juga i istoka, dok se oticaj odvija u pravcu severozapada. Doticaj sa juga predstavlja posledicu kretanja voda u okviru jedinstvene Neogene izdani iz područja Čuprije, dok je doticaj sa istoka posledica kontakta karstne sa Neogenom izdani. Pored navedenog, uticaj padavina je minoran, a konstatovano je i dreniranje Neogene izdani u povlatnu aluvijalnu izdan. Režim eksploatacije izvorišta se ogleda u tome da vodozahvatni objekti imaju dvojak ulogu, jer naizmenično bivaju korišćeni za crpenje i nalivanje. Rad izvorišta je koncipiran da objekti rade po grupama, što podrazumeva periode crpenja, periode nalivanja, kao i “odmora”, odnosno prestanka rada bunara.

Ključne reči: Centralno Pomoravlje, Subterra, Neogena izdan, Velika Morava

ABSTRACT: Ribare source represents one of the most significant sources in Neogene aquifer of central Pomoravlje region. It is used for watersupplying of dwellers of the municipality of Jagodina along with industry. It is comprised of 12 wells (up to 100 m deep) which have an aggregate capacity of approximately 200 l/s. Regarding quality, groundwater is characterized by enhanced concentrations of iron and manganese. This source is specific for using iron and manganese removal method - “Subterra”, unique in our country. This method requires specific abstraction conditions. Before defining abstraction regime it is necessary to determine groundwater regime and budget. For the purpose hydrodynamic model in transient state was generated. Budget analysis was used to ascertain significant recharge from the south and the east and discharge to the northwest. Recharge from the south is the effect of groundwater flow through unique Neogene aquifer heading from Čuprija area, while recharge from the east is the effect of the karst-Neogene aquifer contact. Besides, precipitation has minor influence and Neogene aquifer recharges alluvial aquifer. Abstraction regime is represented with dual role of the wells, which are alternately being used for abstraction and filling. Source mode is designed so wells operate in groups. That requires wells abstraction, filling and “rest” periods.

Keywords: Central Pomoravlje, Subterra, Neogene aquifer, Velika Morava

1. Uvod

Izvorište Ribare funkcioniše prema metodi podzemne deferizacije i demangazacije „Subterra“, koja je specifična, kako sa aspekta kvaliteta podzemnih voda, tako i sa aspekta režima rada izvorišta. Metoda se ogleda u tome da vodozahvatni objekti imaju dvojaku ulogu, jer naizmenično bivaju korišćeni za crpenje i nalivanje. U cilju utvrđivanja bilansa podzemnih voda, izrađen je hidrodinamički model, uz pomoć koga je izvršena simulacija trodimenzionalnog strujanja podzemnih voda izvorišta Ribare. Ovaj rad tretira uslove i režim eksploatacije Neogene izdani, na području izvorišta Ribare.

2. Oblast istraživanja

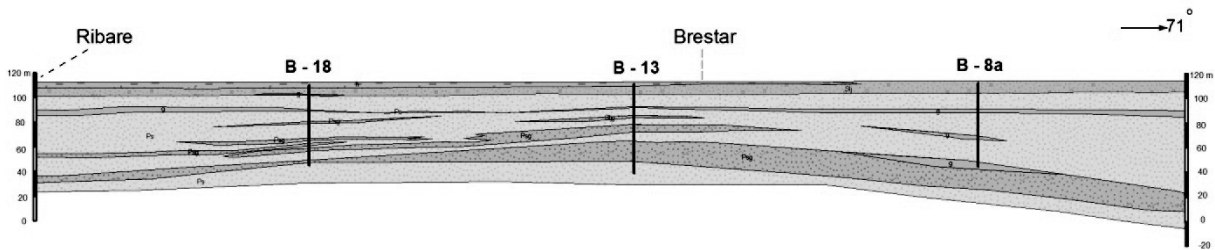
Geografski položaj. Oblast istraživanja se nalazi u istočnom delu centralne Srbije, na teritoriji opštine Jagodina. Opština Jagodina obuhvata 54 naselja i graniči se sa sedam opština (Slika 1). Administrativno, pripada Pomoravskom okrugu, čiji je glavni grad, ali i regionalni centar. Oivičena je sa 146.7 km dugačkom granicom, a prostire se na površini od 466.7 km². Neposredna istraživanja su sprovedena na teritoriji izvorišta Ribare, koje je smešteno u ataru istoimenog sela. Izvorište je okontureno rečnim tokovima Velike Morave, istočno i severo-istočno; Lugomira, južno; i lokalnim putem Končarevo-Rakitovac-Glogovac, zapadno i severo-zapadno.

Geološke karakteristike. Oblast istraživanja je predstavljena sa tri geološke celine (Slika 2), od kojih dve dominiraju svojim rasprostranjenjem: Kvarterne i Neogene sedimentne tvorevine. Metamorfne stene kristalastog jezgra su manje zastupljene, ali dovoljno da budu izdvojene kao celina. Predstavljaju najstarije stene blasti istraživanja, a karakterišu ih stene različitog stepena kristalizacije, proterozojske i paleozojske starosti (Grupa autora 1975-1977). Neogene tvorevine su predstavljene sedimentima srednjeg (M_2) i gornjeg (M_3^1) Miocena. Kvarterne tvorevine su predstavljene, pre svega, aluvijalnim naslagama Velike Morave (al), sa pratećim facijama povodnja (ap) i rečnim terasama (t).



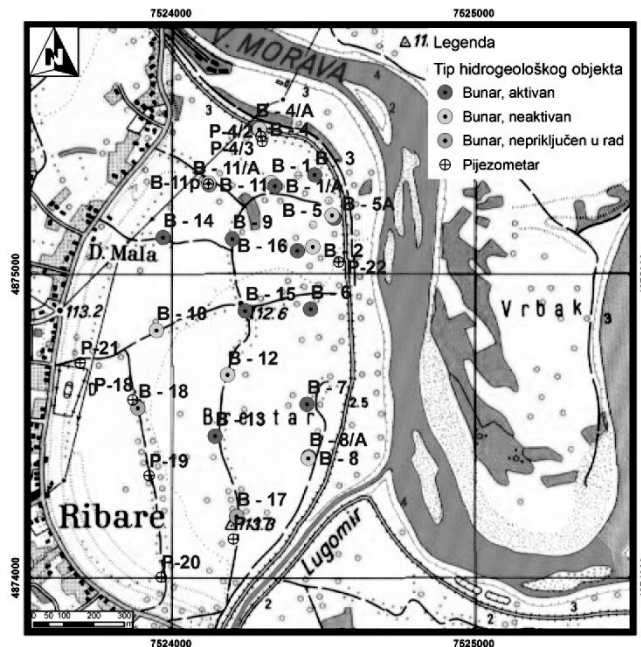
Slika 1. Geološka karta
Figure 1. Geologic Map

Hidrogeološke karakteristike. Neogena izdani se nalazi u podini aluvijalnih naslaga (Slika 2). Do dubine od oko 30 m, prevlađuju krupnozrni i srednjezrni peskovi, sa proslojcima peskovitih gline. Od 30 do 70 m prevlađuju peskovi i sitnozrni šljunkovi, sa proslojcima gline i alevrolitskih gline. Od 70 do 100 m prevlađuju alevrolitske i peskovite gline, koje predstavljaju podinu. Izdani je na oko 50 % u direktnom kontaktu sa plićom aluvijalnom izdani (Babac & Babac 2000), što je utvrđeno nepostojanjem kontinualnog vodonepropusnog sloja u povlati Neogene izdani. Pored toga, promena pijezometarskih pritisaka su vrlo brza, i u interakciji sa promenama nivoa podzemnih voda aluvijalne izdani (Babac i dr. 1990). Nivoi podzemnih voda kreću se oko 5-7 m ispod površine terena, dok se u prifilterskoj zoni i istražno-eksploatacionim bunarima kreće od 19 do 22 m.



Slika 2. Karakterističan hidrogeološki profil
Figure 2. Characteristic Hydrogeological Cross-Section

Opis izvorišta. Izvorište Ribare raspolaže sa 23 eksploataciona bunara, od kojih je 12 u upotrebi, zbirne izdašnosti preko 300 l/s. Od preostalih 11 bunara: 8 nije više aktivno, a 3 nisu priključena u sistem (Slika 3). Prema glavnom projektu vodosnabdevanja Jagodine, I faza podrazumeva izradu 15 eksploatacionih bunara, ukupne izdašnosti od oko 350 l/s (Grupa autora 1995, 1996), što je do sada bilo postignuto. II fazu izgradnje Izvorišta predviđa dostizanje eksploatacionog kapaciteta od 500 l/s, što znači da postoji realna potreba za izradom 6 novih eksploatacionih bunara, zbirnog kapaciteta od 150 l/s (Veljković, 2006).



Slika 3. Situaciona karta izvorišta Ribare
Figure 3. Ribare Source - Site Setting

Režim rada izvorišta. Izvorište funkcioniše prema specifičnoj metodi podzemne deferezacije i demangazacije „Subterra“ (Jemcov i dr. 2006), čija je osnovna namera poboljšanje kvaliteta zahvaćenih podzemnih voda, ali i očuvanje bunarskih konstrukcija. Sa aspekta kvaliteta, metoda se zasniva na taloženju gvožđa i mangana u vidu hidroksida, odnosno oksida, pod uticajem promene oksido-redukcionog potencijala (Eh), čijom izmenom, u vodi, dolazi do obaranja Fe i Mn, u hidroksid gvožđa (Fe(OH)₃), odnosno, oksid mangana (MnO₂) (Stanić 1984). Sa aspekta režima rada izvorišta, metoda se ogleda u tome da vodozahvatni objekti imaju dvojaku ulogu, jer naizmenično bivaju korišćeni za crpenje i nalivanje. Period crpenja traje 69.5 časova, nakon čega sledi pauza od pola časa. Zatim sledi nalivanje vode, obogaćene kiseonikom, u periodu od 10 časova, nakon čega sledi pauza u radu, koja traje 2 časa, što predstavlja jedan ciklus rada pomenute metode. Rad izvorišta je koncipiran tako da istim režimom rade po dva bunara, u paru. Tako bi trebalo da postoji sedam parova bunara, koji rade po istom režimu. Međutim, u prethodnih nekoliko godina, usled zastarelosti konstrukcije, isključeni su iz rada bunari B-10 i B-12, tako da, umesto sedam parova, praktično, postoji pet parova i dva samostalna bunara, koji funkcionišu po pomenutom sistemu.

3. Metodologija istraživanja

Za potrebe analize uslova rada i režima eksploatacije Neogene izdani, izvorišta Ribare, izrađen je hidrodinamički model. Konceptija izrade modela šireg područja izvorišta se zasniva na simulaciji 3D strujanja

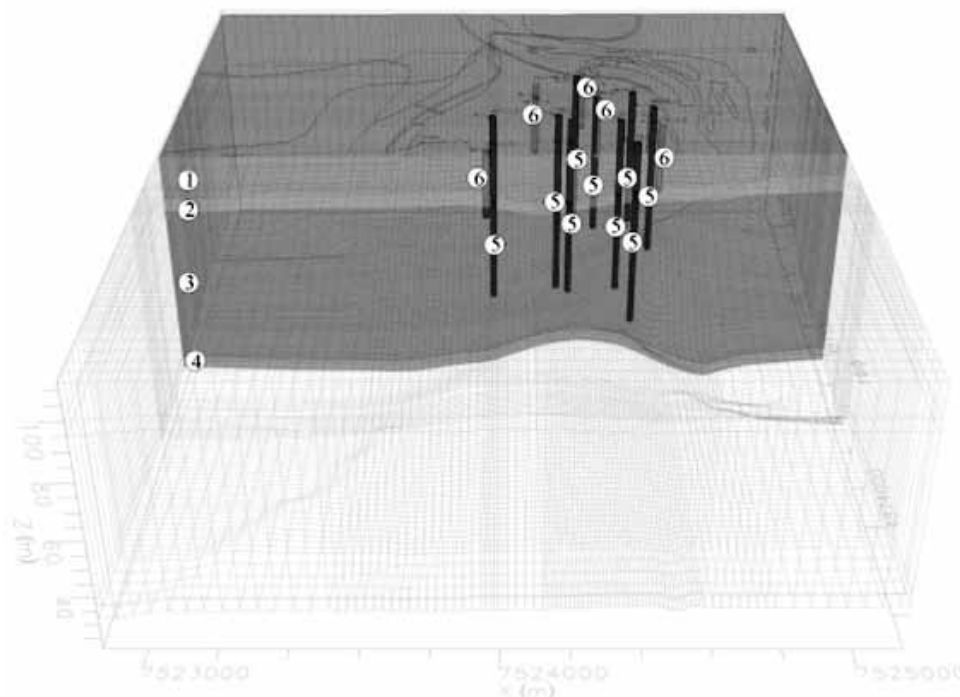
podzemnih voda (Polomčić 2001, 2002). Pri izboru osnovnih karakteristika modela pristupilo se izradi višeslojevitog modela (Slika 4), sa mogućnošću automatske promene strujnog polja, zavisno od uslova strujanja. Za proračun, korišćen je Groundwater Vistas softver, koji se svrstava u sam svetski vrh programa ove vrste.

Koncepcija. Model obuhvata šire područje izvorišta. Koncipiran je i izrađen kao višeslojeviti model, sa ukupno četiri sloja (Slika 4), posmatrano u vertikalnom profilu. Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja karakteristika terena.

Prvi slabije propusni sbj	Povlatni peskovito-glinoviti sedimenti
Drugi vodonosni sloj	Šljunkovi i peskoviti šljunkovi
Treći vodonosni sbj	Neogeni peskovi i peskoviti šljunkovi
Podina	Sarmatske gline i peskovite gline

Slika 4. Korespondentni slojevi modela i terena
Figure 4. Model-Terrain Corresponding Layers

Geometrija. Realna geometrija kaptiranih vodonosnih slojeva je simulirana u skladu sa njihovim realnim rasprostranjenjima, kako u planu, tako i u profilu (Polomčić 2004). „Geometrizacija” kontura izdvojenih litoloških slojeva i njihovo prenošenje u koordinatni sistem modela, izvršena je na osnovu raspoloživih podataka o litološkim stubovima dobijenih prilikom bušenja za izradu eksploatacionih bunara i pjezometara raspoređenih na području izvorišta (Slika 5). Prema osnovnoj koncepciji modeliranja, primenom metode konačnih razlika, koja je ovde primenjena, broju šematizovanih slojeva odgovara broj njihovih matrica. Matrice svih slojeva su istih dimenzija, u planu, tako da pokrivaju celu površinu šematizovanog područja.



Slika 5. 3D hidrogeološki profil modela šireg područja izvorišta Ribare, pravac J-S
Legenda: 1-povlata 2-aluvijalni šljunkovi i peskovi 3-Neogeni šljunkovi i peskoviti šljunkovi, 4-gline, 5-bunari, 6-pjezometar

Figure 5. Model-Terrain Corresponding Layers
Legend: 1-Surface Covering Layer 2-Alluvial Gravel and Sand 3-Neogene Gravel and Sandy Gravel 4-Clay 5-Abstraction Well 6-Piezometer

Osnovne dimenzije matrice, kojom je obuhvaćen izučavani teren, su 2275x2675 m, što obuhvata prostor od 6,1 km². Diskretizacija strujnog polja, u planu, je izvedena osnovnom veličinom ćelija od 50x50 m, koja je, u zonama bunara, poguščena mrežom kvadrata, dimenzija 12.5x12.5 m. Teren, obuhvaćen modelom, je izdvojen mrežom, dimenzija 126 reda x 91 kolone i sastoji se od 45.864 aktivnih modelskih ćelija (Slika 5).

Strujanje podzemnih voda je, računato i simulirano kao realno strujanje, pod pritiskom, ili sa slobodnim nivoom, u svakom polju diskretizacije pojedinačno, pri čemu su uslovi strujanja, tokom vremena, menjani, u

skladu sa realnim uslovima. Filtracione karakteristike modelskih slojeva su zadavane preko vrednosti koeficijenta filtracije i specifične izdašnosti izdani. Navedeni parametri su zadavani kao reprezentativne vrednosti u svakoj ćeliji. Za njihovo određivanje, iskorišćeni su rezultati testova crpenja i osmatranja nivoa podzemnih voda.

Granični uslovi. U ukupnom bilansu podzemnih voda, tzv. „vertikalni bilans” izučavanog područja ima određen uticaj na kaptirane vodonosne slojeve. Pod vertikalnim bilansom ovde se podrazumeva efektivna, rezultatna infiltracija. Ovu veličinu čini suma infiltracije od padavina, isparavanja sa nivoa podzemnih voda i evapotranspiracija. Pored toga, od velikog je značaja dubina do nivoa podzemnih voda, stanje vlage, kao i litološki sastav tla nadzidanske zone. Kao inicijalna vrednost efektivne infiltracije uzeta je vrednost od 10% padavina, i ovaj granični uslov je zadat samo u prvom sloju modela.

Od vodenih tokova, na terenu su zastupljeni reke Velika Morava i Lugomir. Na osnovu prikupljenih podataka o vodostajima Velike Morave i registrovanih pijezometarskih nivoa na izvorištu „Ribare“, došlo se do zaključka da Velika Morava nema direktan uticaj na režim kaptirane izdani, a da je razlika u pritiscima i preko 4 m, u uslovima rada izvorišta!

Hidraulička uloga reke Velika Morava, na modelu, je simulirana graničnim uslovom „reka“. Smer kretanja vode između reke i izdani zavisi od hipsometrijskog odnosa nivoa podzemnih voda i nivoa u reci. Ukoliko je nivo u reci viši od nivoa podzemnih voda, reka „hrani“ izdan, tj. smer tečenja vode je iz reke u izdan. U suprotnom, reka drenira izdan, tj. smer tečenja vode je iz izdani u rečno korito. Uzimajući u obzir hipsometrijske odnose kota vodostaja reka, kota terena i kota podina slojeva, na modelu, ovaj granični uslov je zadat u prvom sloju modela.

Podzemni doticaj u Neogenoj izdani, koji gravitira ka izvorištu Ribare, na modelu je simuliran preko graničnog uslova opšteg pijezometarskog nivoa. Za određivanje vrednosti pijezometarskog nivoa, koji će se zadati ovim graničnim uslovom (treći modelski sloj), izvršena je hidrodinamička analiza režima podzemnih voda. Za ovu namenu poslužili su registrovani nivoi podzemnih voda na pijezometrima po obodu izvorišta.

Izvorište Ribare, za vodosnabdevanje Jagodine, se sastoji od 12 aktivnih eksploatacionih bunara. Rad eksploatacionih bunara, na modelu, je simuliran graničnim uslovom zdatog proticaja.

Etaloniranje. Predstavlja najdelikatniju fazu u toku izrade jednog modela. Sprovedeno je u nestacionarnim uslovima strujanja, sa vremenskim korakom od jednog dana, za vremenski period 01.05.2010.-05.05.2011. (ukupno 370 koraka), koji je na nižem nivou iteracija podeljen na 10 delova, nejednakog trajanja. Kalibracija modela je rađena manuelno i automatski pomoću programa PEST.

4. Rezultati

Analiza bilansa podzemnih voda je prikazana za vremenski presek 05.05.2011, koji odgovara kraju etaloniranja modela. Iz tabele 1 se vidi da je učešće padavina u bilansu ovog područja minorno. Takođe, interesantan je uticaj Velike Morave. Na području obuhvaćenom modelom, u nju se dreniraju podzemne vode Neogene izdani na račun pretakanja kroz aluvijalnu izdan usled razlike u pritiscima. Podzemni doticaj u izvorište, simuliran graničnim uslovom opšteg pijezometarskog nivoa, odvija se sa juga, istoka i dela severa, dok se oticaj iz ovog područja odvija u pravcu zapada i severozapada. Doticaj sa juga predstavlja posledicu kretanja voda u okviru jedinstvene Neogene izdani iz područja Čuprije, dok je doticaj sa istoka posledica kontakta karstne sa Neogenom izdani (Jemcov 2000).

Tabela 1. Bilans podzemnih voda wna širem području izvorišta Ribare (05.05.2011.)

Table 1. Groundwater Budget - Ribare source wider area (05.05.2011.)

Elementi bilansa podzemnih voda	Doticaj [l/s]	Oticaj [l/s]
Efektivna infiltracija	2.57	
Reka Velika Morava		34.46
Podzemni doticaj	224.00	
Podzemni oticaj		40.73
Bunari izvorišta		151.59
Ukupno	226.57	226.78

5. Zaključak

Rezultati faze istraživanja, koja je prikazana u ovom radu, pokazuje da su prikupljeni dosta detaljni podaci (dnevne vrednosti: nivoa podzemnih voda, merenih na 13 pijezometara; srednjeg proticaja, za 12 eksploatacionih bunara, uključenih u rad izvorišta; i nivoa Velike Morave), koji predstavljaju doprinos boljem razumevanju režima rada i uslova eksploatacije Neogene izdani, na području izvorišta Ribare. Takođe, u ovom radu se pokazalo da se detaljnijom analizom, odnosno, korišćenjem preciznijih podataka, dobijaju rezultati, koji se razlikuju od uobičajenih shvatanja hidrogeoloških prilika, za razmatrano područje.

Literatura:

- BABAC D., 1990: *Izveštaj o osnovnim hidrogeološkim istraživanjima u vezi vodosnabdevanja Svetozareva i bilans podzemnih voda*. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, RJ Zavod za hidrauliku podzemnih voda i melioracije, Beograd.
- BABAC D., i BABAC P., 2000: *Zaštita izvorišta podzemnih voda sa aspekta očuvanja njihovih kapaciteta*. Ministarstvo zaštite životne sredine republike Srbije, Beograd.
- GRUPA AUTORA, 1975-1977: *Geologija Srbije, knj. II-1, 2, 3; IV; VIII (Stratigrafija, Tektonika, Hidrogeologija)*. Izd. RGF, Beograd.
- GRUPA AUTORA, 1995: *Program dugoročnog vodosnabdevanja opština Pomoravskog okruga*. „DBR Velika Morava“, Beograd.
- GRUPA AUTORA, 1996: *Program dugoročnog vodosnabdevanja opština Pomoravskog okruga*. „DBR Velika Morava“, Beograd.
- JEMCOV I. i dr, 2006: *Studija sanitarne zaštite izvorišta Ribare*. „DBR Velika Morava“, Beograd.
- JEMCOV I., 2000: *Mogućnosti dugoročnog vodosnabdevanja podzemnim vodama gradova centralnog Pomoravlja*. Magistarski rad, Fond stručne dokumentacije, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- POLOMČIĆ D., 2001: *Hidrodinamička istraživanja, otvaranje i upravljanje izvorištima izdanskih voda u intergranularnoj poroznoj sredini*. Monografija. Rudarsko-geološki fakultet. Beograd.
- POLOMČIĆ D., 2002: *Tipovi šematizacije hidrogeološkog sistema za potrebe izrade hidrodinamičkog modela*. XIII jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Str. 389-396. Herceg Novi.
- POLOMČIĆ D., 2004: *Uticaj veličine diskretizacije prostora i vremena na tačnost rezultata kod koncipiranja hidrodinamičkog modela*. Radovi Geoinstituta, str. 197- 209. Beograd.
- POLOMČIĆ D., 2008: *Hydrodynamical model of the open pit “Polje C” (Kolubara’s coal basin, Serbia)*. IV International Conference “Coal 2008” pp. 407-419, Belgrade.
- POLOMČIĆ D., BAJIĆ D., BUHAČ D., 2011: *3D Hydodynamical model of open pit mine Field E (Kolubara’s coal basin)*. V International Conference COAL 2011, pp. 320-330. Zlatibor.
- POLOMČIĆ D., ĐEKIĆ M., MILOSAVLJEVIĆ S., POPOVIĆ Z., MILAKOVIĆ M., RISTIĆ VAKANJAC V., KRUNIĆ O., 2011: *Sustainable use of groundwater resources in terms of increasing the capacity of two interconnected groundwater source: A case study Bečej (Serbia)*. 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2011, pp. 599-606, Bulgaria.
- STANIĆ J., 1984: *Deferizacija i demanganizacija podzemne vode*. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička Istraživanja, knj. XX, Beograd.
- VELJKOVIĆ V., 2006: *Kratak pregled sadašnjeg stanja sistema vodosnabdevanja pitkom vodom grada Jagodine*. JP „Standard“ – RJ „Vodovod“, Tehnička služba, Jagodina.