

Vodosnabdevanje podzemnim vodama u Srbiji-stanje i perspektive

Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Petar Dokmanović, Petar Papić, Vesna Ristić-Vakanjac, Bojan Hajdin, Saša Milanović, Dragoljub Baić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Vodosnabdevanje podzemnim vodama u Srbiji-stanje i perspektive | Dušan Polomčić, Zoran Stevanović, Petar Dokmanović, Petar Papić, Vesna Ristić-Vakanjac, Bojan Hajdin, Saša Milanović, Dragoljub Baić | Naših 40 godina | 2011 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0000786>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU



godina

Departmana za Hidrogeologiju

Beograd
2011

Urednici:

Prof. Dr Dušan Polomčić
Doc. Dr Vesna Ristić -Vakanjac

Izdavač:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Departman za hidrogeologiju
Đušina 7,
Beograd

Za izdavača:

Prof. Dr Vladica Cvetković

Dizajn i priprema teksta:

Vesna Ristić-Vakanjac, Branislav Petrović

Štampa:

Jovšić Printing Centar

Tiraž: 250 primeraka

CIP - Каталогизacija u publikaciji
Народна библиотека Србије, Београд

378.6:[622+55(497.11)]1971/2011”

ČETRDESET godina Departmana

40 godina Departmana za Hidrogeologiju /

[urednici Dušan Polomčić, Vesna Ristić-Vakanjac]. - Beograd :

Rudarsko-geološki fakultet, 2011 (Beograd: Jovšić Printing Centar). - 154 str. :
ilustr., fotogr. ; 24 cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Beogradu, Departman za hidrogeologiju. - Tiraž 250. -

Summary: Brief Note on Structure, History and Curriculum of The Department of Hydrogeology
of University of Belgrade - Faculty of Mining & Geology.

ISBN 978-86-7352-260-9

1. Рударско-геолошки факултет (Београд).

Департаман за хидрогеологију

а) Рударско-геолошки факултет (Београд).

Департаман за хидрогеологију - 1971-2011

COBISS.SR-ID 187923468

SADRŽAJ

1. Uvod	5
2. Z. Stevanović, P. Dokmanović, D. Polomčić, I. Matić, D. Milenić: Istorijski razvoj, položaj i perspektive Departmana za hidrogeologiju	7
3. D. Polomčić, Z. Stevanović, P. Dokmanović, P. Papić, V. Ristić Vakanjac, B. Hajdin, S. Milanović, D. Bajić: Vodosnabdevanje podzemnim vodama u Srbiji – stanje i perspektive	45
4. D. Milenić, M. Milivojević, <u>M. Martinović</u> , A. Vranješ, S. Magazinović: Istraživanje, korišćenje i razvoj geotermalnih energetske resursa u Republici Srbiji	79
5. S. Vujasinović, I. Matić, J. Zarić: Stanje zagađenosti i zaštite podzemnih voda u Srbiji	117
6. Izdavačka delatnost Departmana, spisak nastavnika i saradnika na Departmanu	133
7. Raspored predmeta po semestrima i godinama studija na Studijskom programu hidrogeologija	137
8. Brief Note on Structure, History and Curriculum of The Department of Hydrogeology of University of Belgrade – Faculty of Mining & Geology	143

VODOSNABDEVANJE PODZEMNIM VODAMA U SRBIJI - STANJE I PERSPEKTIVE

Polomčić Dušan i Stevanović Zoran
u saradnji sa

**Dokmanović Petar, Papić Petar, Ristić Vakanjac Vesna,
Hajdin Bojan, Milanović Saša, Bajić Dragoljub**

UVOD

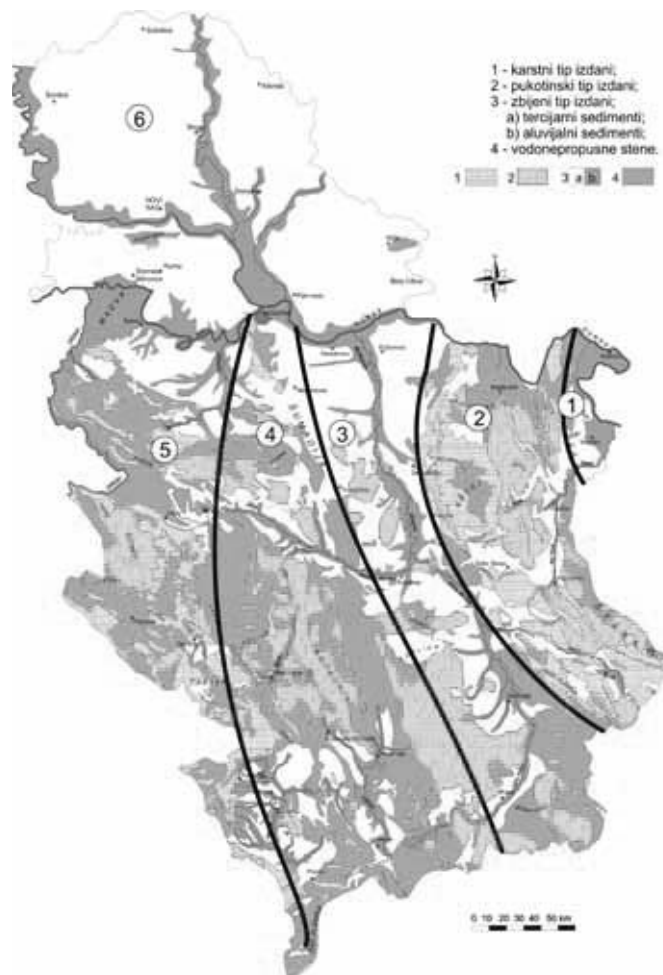
Srbija je relativno bogata rezervama podzemnih voda, koje se nalaze u različitim tipovima izdani nejednako raspoređenim duž teritorije republike. Glavne rezerve podzemnih voda su akumulirane u debelim kvartarnim i neogenim vodonosnim naslagama intergranularne poroznosti i u planinskim masivima izgrađenim od karstifikovanih karbonatnih stena. Za javno vodosnabdevanje najviše se koriste izdani sa slobodnim nivoom u aluvijalnim ravnima velikih reka (Dunav, Sava, Velika Morava i Drina). Pored njih koriste se i izdani pod pritiskom u okviru neogenih basena Vojvodine i centralne Srbije, kao i karstne izdani u jugozapadnom i istočnom delu Srbije. Takođe, određene delove Srbije karakterišu male rezerve podzemnih voda (Šumadija i jug Srbije).

Danas oko 90% stanovništva stanovništvo Srbije ima pristup javnim vodovodima (lit. 7). Od ukupnih količina voda koje se koriste za javno snabdevanje stanovništva, oko 80% su podzemne vode. U nekim oblastima republike, trenutni kapaciteti izvorišta podzemnih voda nisu dovoljni da podmire potrebe stanovništva. Međutim, postoje i drugi značajni resursi podzemnih voda, posebno u aluvijalnim naslagama velikih reka ili u karstnim planinskim masivima koji se mogu koristiti za javno vodosnabdevanje. Iako postoji mogućnost, primena veštačkog prihranjivanja izdani ne koristi se u velikoj meri: samo oko 1000 l/s vode se isporučuje iz izvorišta ovog tipa, što predstavlja manje od 5% od procenjene mogućnosti (lit. 7).

Po pitanju kvaliteta podzemnih voda, jedan deo resursa podzemnih voda je prirodno zaštićen, ili je retko naseljen, dok je jedan deo ugrožen ljudskom aktivnošću. Prisutna je potreba da se unapredi zaštita resursa podzemnih voda. Ovo se posebno odnosi na aluvijalne izdani, čiji kvalitet zavisi od kvaliteta rečne vode, i koje se nalaze neretko u urbanim zonama, zonama intenzivne poljoprivredne i industrijske aktivnosti, kao i u blizini saobraćajnica. Održavanje izvorišta vode i sistema za snabdevanje vodom u predstojećem periodu mora biti imperativ održivog korišćenja podzemnih voda kao strateškog prirodnog resursa.

1. PRIKAZ GEOLOŠKIH I HIDROGEOLOŠKIH USLOVA U SRBIJI I KARAKTERISTIČNIH HIDROGEOLOŠKIH REGIONA

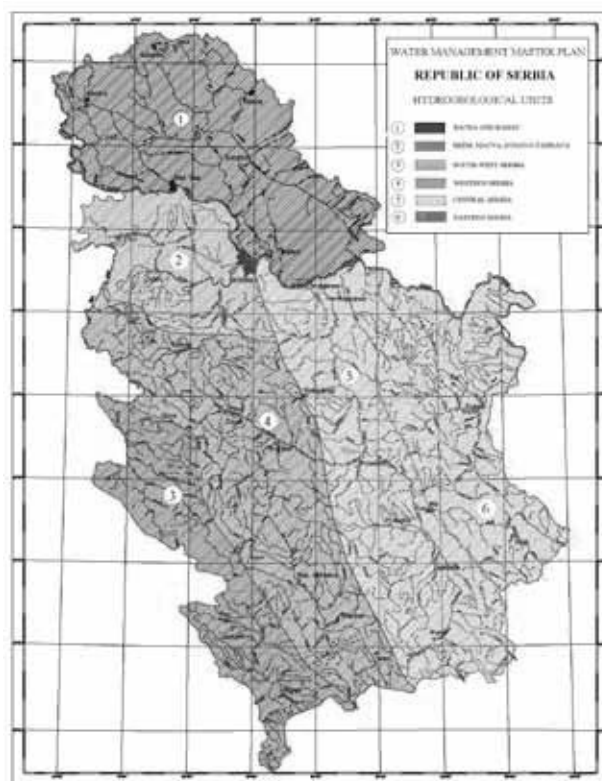
Složeni geološki uslovi teritorije Srbije i okolnih oblasti uslovili su hidrogeološku heterogenost i nejednako prisustvo podzemnih voda u okviru različitih tipova izdani. Područje Republike karakteriše prisustvo formacija sa malim rezervama podzemnih voda (paleozojske formacije, magmatske i metamorfne stene, flišne naslage jure i krede, kao i dublji i debeli sedimentni kompleksi), ali i naslage veoma bogate podzemnim vodama (mezozojske karbonatne stene, kvartarne aluvijalne i terasne naslage, i neogeni vodonosni sedimenti. Moguće je izdvojiti nekoliko hidrogeoloških regiona u okviru teritorije Srbije, koje karakterišu određena hidrogeološka svojstva (slika 1).



Slika 1: Hidrogeološka karta sa hidrogeološkim regionima Srbije – Dakijski basen (1), Karpato-balkanidi Srbije (2), Srpsko kristalasto jezgro (Srpsko-makedonska masa)(3), Šumadijsko-kopaonička-kosovska zona (4), Dinaridi zapadne Srbije (5), Panonski basen (6)

U skladu sa Vodoprivrednom osnovom Srbije (lit. 7), a u cilju kasnijeg sagledavanja količina podzemnih voda koje se zahvataju, hidrogeološki regioni u Srbiji su klasifikovani na sledeći način:

1. region Bačke i Banata (koji obuhvata severne i istočne delove Panonskog basena),
2. region Srema Mačve i Posavo-Tamnave (jugozapadni deo Panonskog basena i severozapadni deo Dinarida)
3. region jugozapadne Srbije (jugozapadni deo Dinarida),
4. region zapadne Srbije (zapadni Dinaridi),
5. region centralne Srbije (srpsko-makedonski masa i šumadijsko-kopaoničko-kosovska zona),
6. region istočne Srbije (Dakijski basen i Karpato-balkanidi Srbije) (slika 2).



Slika 2: Hidrogeološki regioni Srbije (prema Vodoprivrednoj osnovi Srbije)

Region Bačke i Banata u geološkom smislu predstavlja južnu i jugoistočnu granicu naslaga Panonskog basena, koju čine neogeni i kvartarni sedimenti debljine i do 4500 m. Najznačajnije izdani su subarteske i arteske kvartarne starosti, dubine i do 230 m (Kikinda). Kompleks subarteskkih i arteskkih izdani u Bačkoj i Banatu se naziva „Osnovni vodonosni kompleks“ (OVK), i iz njega se zahvata više od 60% od ukupnih količina podzemnih voda u Vojvodini (lit. 7). Kvalitet podzemnih voda iako zaštićen od ljudske aktivnosti relativnom debelim povlatnim vodonepropusnim sedimentima, u velikim

oblastima prirodni kvalitet vode je veoma opterećen prisustvom organskih materija, amonijaka i, neretko, arsena. Aluvijalne izdani duž reke Dunav obezbeđuju snabdevanje vodom stanovništva i industrije Novog Sada i drugih mesta u blizini ove reke. Iz aluvijalne izdani ovog regiona zahvata se oko 2 m³/s.

U regionu Srema, Mačve i Posavo-Tamnave značajni vodonosni slojevi formirani su za vreme pliocena i kvartara od rečnih (Drine i Save) i rečno-jezerskih sedimentata. Najdeblji vodonosni sedimenti nalaze se u Mačvi, kao i uz levu obalu Save gde su deponovani sedimenti reke Drine. Uzvodno od Beograda, aluvijalne naslage Save dostižu debljinu od 20-30 metara i u okviru njih je formirano izvorište za vodosnabdevanje glavnog grada sa ukupnim kapacitetom od 4 - 5 m³/s, (lit. 7). Podzemne vode ovog regiona se zahvataju u količini od 6 - 7 m³/s, iako je potencijal resursa podzemnih voda u ovom regionu značajno veći.

Najvažnije stene sa hidrogeološkog aspekta u jugozapadnoj Srbiji su karstifikovani krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa u okviru jugozapadnog dela unutrašnjih Dinarida. U ovoj geostrukturnoj jedinici izdvojeno je ukupno 14 regionalnih ležišta (lit. 20). Osnovna karakteristika je znatna pokrivenost karstnih ležišta izgrađenih od trijaskih krečnjaka tvorevinama jure - dijabaz-rožnačkom formacijom i ultramafitskim stenskim kompleksom, posebno u centralnom delu (između Tare i Pešterske visoravni). I u ovom regionu se nalazi veliki broj značajnih karstnih vrela od kojih je veći deo kaptiran za vodosnabdevanje. Najjače vrelo u karstu Dinarida zapadne Srbije je Perućaćko vrelo. Javlja se na desnoj obali Drine na kontaktu masivnih trijaskih krečnjaka Tare (delom pokrivenih stenama dijabaz-rožnačke formacije i ultramafitima) i verfenskih klastita. Vrelo je gravitaciono, manji deo voda je kaptiran za naselje Perućac. Izdašnost varira od 0,45 do oko 10 m³/s. U ovom regionu infiltriraju se znatne količine padavina, rezultujući postojanje znatnih rezervi karstnih izdanskih voda. Među brojnim vrelima, jedanaest su najmanje izdašnosti sa više od 1000 l/s (lit. 21 i 22). Grupe karstnih vrela čija je izdašnost veća od 100 l/s u minimumu u „prosečnoj“ hidrološkoj godini, su:

- u Jaderskoj zoni: Vrelo Orlovac.
- u masivu Tare i Zlatiborskom masivu: Perućaćko vrelo (k¹), Sušičko vrelo, Vrutačka vrela (danas potopljena akumulacijom Vrutci).
- u masivu Zlatara, Babina i Jadovnika: Klak, vrelo Bučje, vrela Seljašnice (k), Vrela Sopotnice.
- na i po obodu Pešterske visoravni: Vrela Vape, vrela Grabovice (Sjениčko vrelo, k), vrelo Raške (k).
- na obodu Metohijske kotline: Radavac (vrelo Belog Drima, k), Vrelo, Istok, Crna Voda (k), Vrbničko vrelo, Koriško vrelo.

U odnosu na karstnu izdan, podzemne vode u aluvijalnim i jezerskim sedimentima su manje značajne i sa ograničenim potencijalom za dodatnu eksploataciju ovih voda.

U regionu zapadne Srbije, podzemne vode plitkih neogenih izdani se koriste u manjem

1 Oznaka (k) odnosi se na vrela koja su kaptirana i veći deo voda se koristi, ili vrela čiji je režim veštački regulisan za potrebe vodosnabdevanje

obimu u odnosu na druge delove republike. Aluvijalne izdani imaju male rezerve s izuzetkom aluvijalnih naslaga reke Drine u blizini Loznice. Iako zastupljeni na znatnom prostoru, u neogenim jezerskim sedimentima usled loših filtracionih karakteristika, nisu akumulirane značajnije rezerve podzemnih voda. Krečnjačke formacije u ovom regionu su izolovane. Najznačajniji među njima je tzv. Lelički karst, koji obuhvata površinu od oko 300 km², uključujući vrela Paklje, Petničko i Gradac. U najvećem delu, region zapadne Srbije je pokriven slabije propusnim i ispucalim stenama, a izdani pukotinskog tipa vezane su za serpentinite i peridotite, sa malom izdašnošću izvora, najčešće do 1 l/s (lit. 9).

Region centralne Srbije se u hidrogeološkom pogledu znatno razlikuje od okolnih regiona, pre svega regiona zapadne Srbije i regiona istočne Srbije. Najvažniji resursi podzemnih voda ovog regiona vezani su za moćne aluvijalne izdani većih vodotokova (Dunava i Velike Morave sa Južnom i delimično Zapadnom Moravom). Aluvijalne nanose Velike Morave čine kvartarni peskovito-šljunkoviti sedimenti debljine od 6 - 60 metara. Nešto manje debljine aluvijalnih nanosa (15 - 30 m) ima aluvijon Dunava na potezu od Kostolca do Golupca (lit. 7). U centralnim i južnim delovima regiona, rezerve podzemnih voda aluvijalne vode su male. Iako se u severnim delovima regiona u ovim naslagama nalaze značajne rezerve podzemnih voda, njihovo osnovno obeležje je da su izložene veoma intenzivnom antropogenom uticaju. Shodno navedenom, respektujući način prihranjivanja, zaštita kvaliteta rečnih voda je izuzetno važna, naročito Velike Morave. Resursi podzemnih voda vezanih za sedimente neogene starosti se koriste za vodosnabdevanje Leskovca, Jagodine i Paraćina. Karstne izdani u regionu centralne Srbije imaju ograničeno rasprostranjenje.

Region istočne Srbije se odlikuje velikim rasprostranjenjem karstifikovanih gornje jurskih i donje krednih karbonatnih stena u okviru Karpato-balkanida i Dakijskog basena. U ovim karstifikovanim stenama formirane su karstne izdani sa značajnim rezervama podzemnih voda. Na području Karpato-balkanida (lit. 16 i 18) izdvojeno je ukupno 16 regionalnih ležišta (I reda) sa ukupno 70 lokalnih ležišta (II reda, unutar većih ležišta). Od ukupnog broja ležišta, 18 (25 %) predstavlja individualisane celine izolovane od glavnine krečnjačke mase regionalnog ležišta kome pripadaju. Najveći broj ovakvih ležišta ograničenog rasprostranjenja je u unutrašnjem pojasu i to u okviru ležišta Miroč i Krš.

U oblasti Karpato-balkanida registrovano je 144 karstnih vrela sa minimalnom izdašnošću većom od 5 l/s. Karstnih vrela značajnih za regionalno vodosnabdevanje (sa donjom granicom minimalne izdašnosti u prosečnoj hidrološkoj godini od 10 l/s), registrovano je preko 70, od čega 16 ima veću registrovanu minimalnu izdašnost od 100 l/s. Registrovano je i nekoliko povremenih vrela čija izdašnost, u fazi isticanja, može preći i više stotina l/s. Vrelo Mlave na severnom obodu Beljanice, najjače je vrelo u Karpato-balkanidima. Vrelo je uzlaznog tipa na kontaktu urgonskih krečnjaka i bazalnog dela tercijarne serije Žagubičke kotline. Izdašnost vrela varira od 0.25 do 14.8 m³/sec. Vrelo nije kaptirano. U grupu jačih vrela sa izdašnošću većom od 100 l/s u minimumu u prosečnoj hidrološkoj godini² spadaju sledeća:

2 Ne računaju se zabeleženi ekstremi minimuma koji mogu biti i nešto niži od 100 l/s

- u okviru ležišta Kučaj-Beljanica: Vrelo Mlave, Krupajsko vrelo, Vrelo Crnice u Sisevcu, Vrelo Crnog Timoka, Radovansko vrelo, Vrelo Mrljiš (k)³, Beljevinska vrela (k).
- u okviru ležišta zapadnog (spoljašnjeg) pojasa Karpato-balkanida: Vrelo Izvor (Sv. Petka, k), Golemo vrelo u Donjoj Studeni (k).
- u središnjem pojasu (sliv Nišave i Lužnice): „Modro oko“ u selu Krupcu (k), Belopalanačko vrelo (k) Vrelo Mokra (k) Ljuberadska (Lužnička) vrela (k).
- u istočnom (unutrašnjem) delu Karpato-balkanida: Vrelo Sinji vir (k), Krupačka vrela kod Pirota (k) i vrelo Kavak (k).

U ovom regionu, velike aluvijalne izdani su retke (Nišave i Belog Timoka), ali mogu imati značajnu ulogu u rešavanju vodosnabdevanja primenom veštačkog prihranjivanja, kao što je to učinjeno u slučaju izvorišta „Medijana“ za vodosnabdevanje Niša (lit. 3).

2. AKTUELNO STANJE U KORIŠĆENJU PODZEMNIH VODA ZA VODOSNABDEVANJE

Udeo podzemnih voda u javnom vodosnabdevanju u Srbiji je sličan onom u većini evropskih zemalja i iznosi oko 80%. Površinske vode se koriste u značajnoj meri u južnom delu Srbije, koji je siromašan podzemnim vodama. Podzemne vode su praktično jedini izvor vodosnabdevanja za centralnu Srbiju i Vojvodinu. Jedini izuzetak je Beograd, gde u vodosnabdevanju učestvuju podzemne i površinske vode reke Save. Razlozi za takvu široku upotrebu podzemnih voda mogu se pripisati njihovoj relativnoj zaštićenosti, lakom pristupu i značajnoj mogućnosti procesa samoprečišćavanja koji se odvija tokom filtracije podzemnih voda kroz poroznu sredinu.

Kratka istorija vodosnabdevanja u Srbiji

Iako upotreba podzemnih voda za vodosnabdevanje na teritoriji Srbije datira iz rimskog doba, početak organizovanog javnog zahvatanja podzemnih voda (izuzev kaptiranja manjih izvora) vezan je za 1850.god., kada je izbušen „arteški bunar“ u Banatskom Karlovcu (Vojvodina) (lit. 3). Do kraja 19. veka arteski bunari su izbušeni u svim većim urbanim oblastima Bačke, Banata i Srema (Subotice, Sombora, itd.), kao i u centralnoj Srbiji (npr. Smederevo, Mladenovac, i Negotin). Zahvatanje i korišćenje podzemnih voda u modernim vodovodnim sistemima je započeto 1892. kada je izvorište podzemnih voda Makiš otvoreno za vodosnabdevanje Beograda (lit. 1). Javno vodosnabdevanje (stanovništva i industrije) u Srbiji je postalo potpuno razvijeno tokom druge polovine prošlog veka (od 1960.), kada je izgrađena većina sadašnjih vodovodnih sistema. Od tada, zahvatanje podzemnih voda se povećavalo kao rezultat porasta privredne aktivnosti, pre svega industrije i poljoprivrede, ali i porasta broja stanovnika u urbanim sredinama. Ovaj period karakteriše neproporcionalno i neefikasno korišćenje podzemnih voda, kada se visokokvalitetna podzemna voda koristila u svrhe u kojima se mogla koristiti vode nižeg kvaliteta. Razlog za ovo se nalazi u relativno niskoj ceni vode. Na osnovu raspoloživih podataka, u Srbiji postoji više od 1000 aktivnih izvorišta podzemnih voda, uključujući i kaptirane izvore.

³ Oznaka (k) odnosi se na vrela koja su kaptirana i veći deo voda se koristi, ili vrela čiji je režim veštački regulisan za potrebe vodosnabdevanje

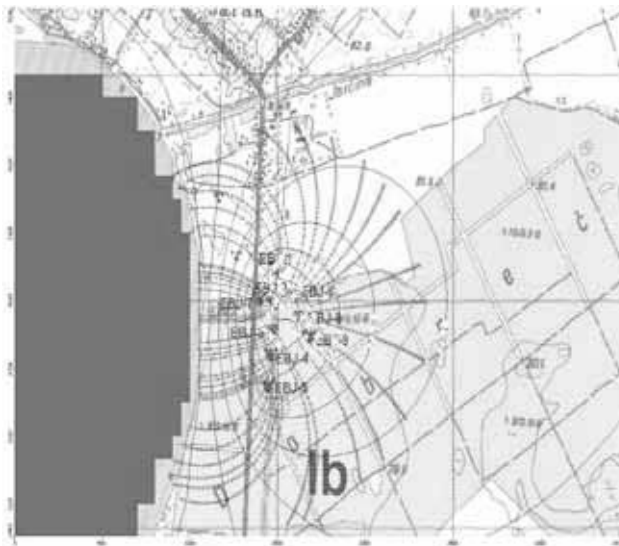
Zahvatanje podzemnih voda

Na osnovu Vodoprivredne osnove Srbije, ukupno se zahvata oko 23 m³/s podzemnih voda (Tabela 1).

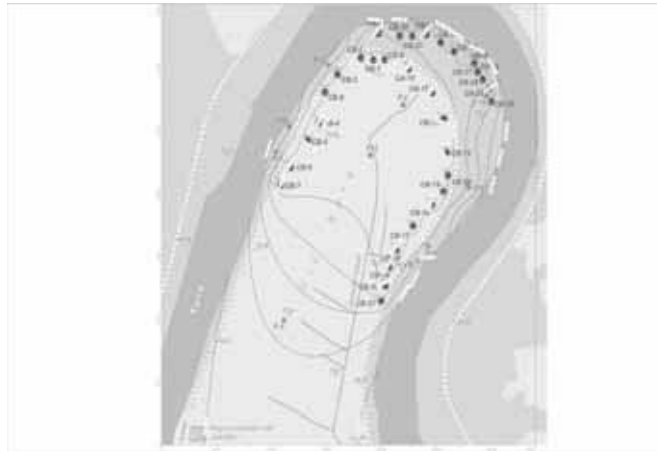
Tabela 1: Izdašnosti izvorišta podzemnih voda u Srbiji prema tipu vodonosne sredine (l/s)

Hidrogeološka jedinica	Aluvijalni nanosi	Osnovni vodonosni kompleks (Vojvodina)	Neogene naslage	Karstna sredina	Pukotinska sredina	Ukupno
Bačka i Banat	1454	3570	431	0	-	5455
Srem, Mačva, Sava / Tamnava	6974	340	506	30	-	7850
Centrala Srbija	2585	-	845	430	-	3860
Istočna Srbija	620	-	60	1711	-	2391
Jugozapadna Srbija	242	-	140	1614	-	1996
Zapadna Srbija	1051	-	60	397	17	1525
Ukupno	12926	3910	2042	4182	17	23077

Trenutno zahvatanje podzemnih voda iznosi oko 600x10⁶ m³/god, odnosno oko 19 m³/s. Više od polovine ovih količina podzemnih voda se zahvata iz aluvijalnih izvorišta (80-90%). Eksploatacione rezerve aluvijalnih izdani su vezane za infiltraciju rečnih voda i režim ovih izdani je uslovljen režimom reka. Dobra hidraulička veza sa površinskim vodama može uticati na kvalitet aluvijalnih voda. Najveće aluvijalne izdani čije se vode eksploatišu nalaze se duž velikih reka, kao što su Dunav, Sava (slike 3 i 4) i donji delovi sliva Drine i Velike Morave. Iako postoje mogućnosti za primenu, veštačko prihranjivanje ove izdani u Srbiji je relativno skromno (ukupno oko 1000 l/s).

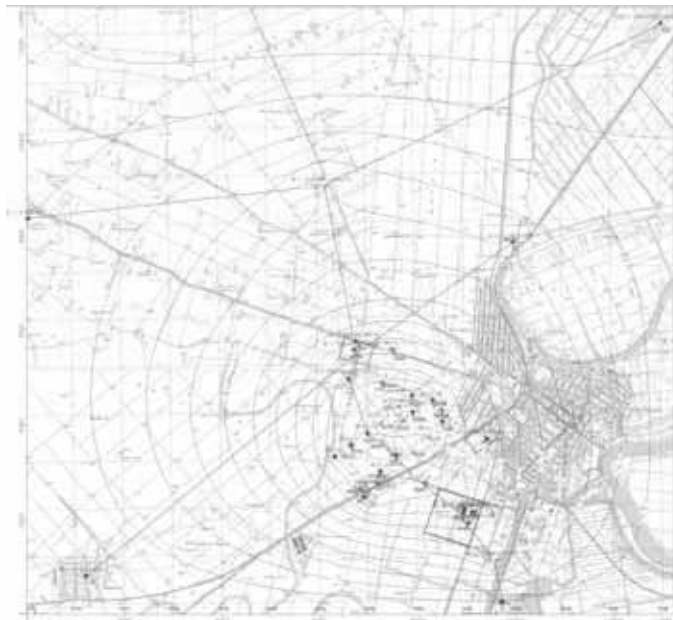


Slika 3: Izvorište „Jarak“ za vodosnabdevanje Rume (lit. 4)

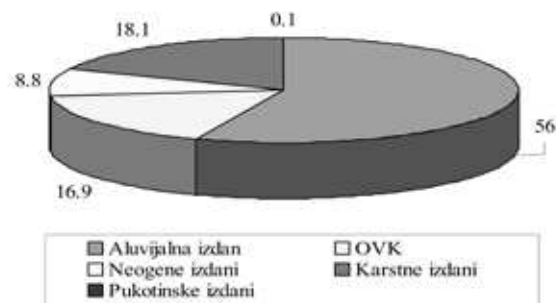


Slika 4: Izvorište „Vić Bare“ za vodosnabdevanje Obrenovca (lit. 24)

Takozvani osnovni vodonosni kompleks (OVK) prostire se na gotovo celoj teritoriji Vojvodine. Vode iz OVK se zahvataju preko dubokih bunara (slika 5), na izvorištima znatno udaljenim od izvora prihranjivanja vodonosnih sedimenata. Dugotrajnom eksploatacijom podzemnih voda ovog kompleksa dolazi do opadanja nivoa podzemnih voda, odnosno kapaciteta izvorišta, kao posledica usporene i otežane vodozamene podzemnih voda. Oko jedne šestine ukupne količine podzemnih voda koje se zahvataju u Srbiji potiče iz osnovnog vodonosnog kompleksa Vojvodine (lit. 7) (slika 6).

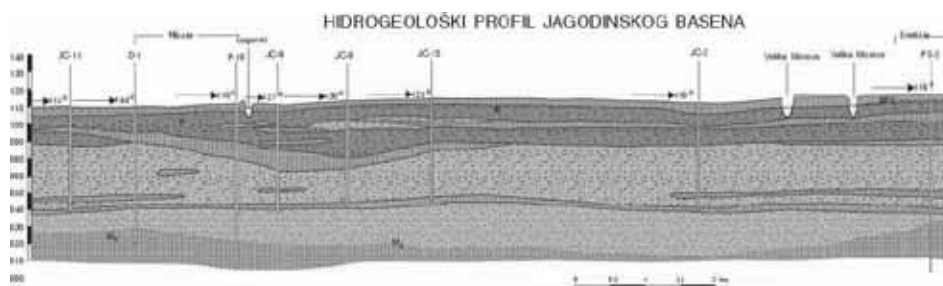


Slika 5: Karta rasporeda pijezometarskog nivoa u II vodonosnom sloju u široj okolini izvorišta „Vodokanal-Bečej“ (lit. 14)



Slika 6: Učešće različitih tipova izdani u Srbiji u vodosnabdevanju

Podzemne vode neogenih izdani se koriste za vodosnabdevanje u dolinama centralne i južne Srbije, kao i malom delu Vojvodine. Ove izdani karakterišu relativno značajne rezerve podzemnih voda, ali i delimično obnavljanje zahvaćenih voda u uslovima kontinualne eksploatacije. Regionalno posmatrano, najveće rezerve podzemnih voda ima Mačva, zbog relativno kontinualnog rasprostranjenja dva subarteska vodonosna kompleksa na površini od 600-800 km², a potom i neogene izdani prostranog Tamnavsko-Kolubarskog basena, čija je vodonosnost iskazana prevashodno kroz podatke odvodnjavanja ugljenokopa i nekoliko manjih izvorišta za vodosnabdevanje. Značajne rezerve podzemnih voda utvrđene su i u: Podunavlju, Kladovskom ključu, Negotinskoj niziji, delovima Velikomoravskog rova (slika 7), Levačkom basenu, delovima Kruševačko-aleksinačkog i Dobričkog basena, Leskovačkom basenu, Metohiji i dr., uz napomenu da veliki delovi terena „pokriveni“ neogenom nisu uopšte ili su nedovoljno istraženi.



Slika 7: Hidrogeološki profil Jagodinskog neogenog basena

Neki od značajnijih zahvata podzemnih voda iz neogenih basena koji su najvećim delom u funkciji vodosnabdevanja su:

- u Mačvi se zahvata više od 1 m³/s (vodosnabdevanje, navodnjavanje)
- u Tamnavsko-kolubarskom basenu se zahvata više od 300 l/s (vodosnabdevanje)
- u gročansko-smederevskom Podunavlju - više od 150 l/s (vodosnabdevanje)
- u široj zoni Mladenovca, više od 250 l/s (vodosnabdevanje)
- u Jagodini oko 500 l/s (deo voda iz aluvijalne izdani) (vodosnabdevanje) (slika 7)
- u zoni Čuprija-Paraćin-Varvarin-preko 300 l/s (vodosnabdevanje)
- u Kruševačko-aleksinačkom basenu se zahvata više od 100 l/s (vodosnabdevanje)

- na izvorištima za vodosnabdevanje Leskovca - preko 300 l/s (vodosnabdevanje)
- u Kladovskom Ključu oko 100 l/s (vodosnabdevanje)
- u Negotinskoj niziji oko 200 l/s (vodosnabdevanje).

Iako se karakterišu značajnim količinama voda koje se infiltriraju karstne izdani generalno prate visoke oscilacije nivoa izdani i izdašnosti izvora. Problem koji prati eksploataciju podzemnih voda ove izdani vezan je za sušne periode kada se značajno smanjuju rezerve podzemnih voda. Na vrelu Krupac koje se koristi u sistemu vodosnabdevanja Niša, ovo je prevaziđeno zahvatanjem vode iz karstnih kanala koji se nalaze duboko ispod kote prirodnog isticanja (lit. 1). Izvedena hidrogeološka istraživanja i studije izvodljivosti tokom poslednje dve decenije omogućile su identifikovanje povoljnih uslova za regulaciju karstnih izdani na brojnim lokacijama. Na osnovu ovih rezultata, nekoliko uspešnih sistema je izgrađeno, uglavnom u istočnoj Srbiji (Bor, Niš, Čuprija, Knjaževac) (lit. 21).

Pored javnog vodosnabdevanja u Srbiji, podzemne vode se zahvataju i koriste i za flaširanje, kao mineralne i kao malomineralizovane, odnosno stonice. Na osnovu statističkih podataka o proizvodnji i potrošnji flaširanih prirodnih mineralnih i prirodnih izvorskih voda u proteklih nekoliko godina, očigledan je trend porasta kod prirodnih izvorskih voda.

Flaširane vode su više nego ikad odraz standarda i udobnosti življenja širom sveta. I dok su tržišta flaširanih voda u Evropi definisana, kod nas se beleži u poslednjih nekoliko godina značajan rast potrošnje, što znači da se tržište još uvek nije stabilizovalo. Ipak, treba reći da je potrošnja znatno niža u odnosu na zemlje Evropske unije.

U Srbiji postoji oko 40 izvorišta podzemnih voda za flaširanje, mineralnih ili malomineralizovanih voda. Najviše ih je zastupljeno u centralnoj, potom u zapadnoj i južnoj Srbiji (slika 8).

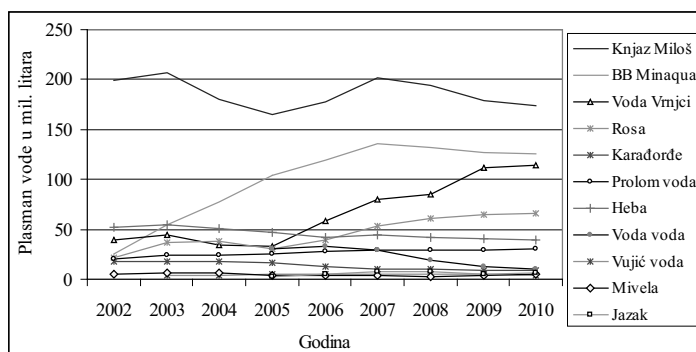
U odnosu na globalno tržište flaširanih voda, naši proizvođači učestvuju sa oko 4 ‰. U Srbiji, u 2010. godini je plasirano na tržište oko 635 miliona litara flaširanih voda, što je oko 1 ‰ ukupne zapremine podzemnih voda u Srbiji. Ukupan prihod je bio oko 200 miliona eura, a nažalost samo se 10% od ukupne proizvodnje izvozi. Treba istaći i potrošnju po stanovniku koja u Srbiji iznosi oko 75 l/godišnje, dok je u Evropskoj uniji potrošnja preko 150 l po stanovniku.

Gazirane mineralne vode učestvuju sa oko 72% u ukupnoj realizaciji flaširanih voda u Srbiji, dok 28% zauzimaju negazirane flaširane vode. Kada je reč o proizvođačima, zapaža se blago opadanje u realizaciji prirodne mineralne vode „Knjaz Miloš“ (u toku 2007. godine oko 200 miliona litara, u odnosu na 175 miliona litara u 2010. godini, što je pad od oko 12.5%), dok se stalni rast beleži kod prirodne mineralne vode „Voda Vrnjci“ (u toku 2007. godine 80 miliona litara, a u 2010. godini oko 115 miliona litara, što je porast od čak 42.5% !) (slika 9). Uzrok porastu potrošnje malomineralizovanih negaziranih flaširanih voda je svakako znatno veće pridavanje kvalitetu života kao i zdravstvenom aspektu, pojačana obaveštenost potrošača o kvalitetu i značaju konzumiranja određenih vrsta voda, kao i promena klimatskih uslova.



Slika 8: Lokacije fabrika za flaširanje voda na teritoriji Republike Srbije

(1. Aqua Balkanika , 2. Aqua Bella , 3. Aqua Brest , 4. Aqua Una , 5. Aqua Viva , 6. Aqua Vrelo , 7. Bi Voda , 8. Bi voda* , 9. Bistra , 10. Dar Voda , 11. Dobro Voda , 12. Duboka , 13. Eco Voda Heba , 14. Fortuna , 15. Gala , 16. Goljska Bistrica , 17. Goljska Ledena , 18. Heba Balance (Heba A) , 19. Heba Natural (Heba B) , 20. Iva , 21. Jazak , 22. Karadorđe , 23. Knjaz Miloš , 24. Kraljeva voda , 25. Kruna , 26. La Fantana , 27. Life Minaqua , 28. Minaqua , 29. Mivela , 30. Moja Voda , 31. Neva , 32. Odmenjska , 33. Odmenjska baby , 34. Premia , 35. Prolom , 36. RAJ voda , 37. Rosa , 38. Soko - Orašje , 39. Šumadinka , 40. Tronoša , 41. Vila Aqua , 42. Vlasina , 43. VodaVoda , 44. Vrnjacko Vrelo , 45. Vrnjci (Borjak III) , 46. Vrnjci (Snežnik) , 47. Vujić Voda , 48. Zlatibor)



Slika 9: Prikaz plasmana flaširanih podzemnih voda na tržištu Srbije (zastupljeniji brendovi)

Vodosnabdevanje većih gradova

Izvorišta podzemnih voda se koriste za vodosnabdevanje Niša, Novog Sada, Jagodine, Paraćina, Novog Pazara, kao i svih većih gradova u Vojvodini i u istočnoj Srbiji. Površinske vode se koriste za vodosnabdevanje Užica i Prištine, dok Beograd, Zaječar, Valjevo i neki drugi gradovi kombinuju površinske i podzemne vode. Za vodosnabdevanje Beograda koriste se podzemne vode iz aluvijalnih naslaga reke Save (u blizini njenog ušća u Dunav), i rečne vode Save koje se prerađuju. Sistem za vodosnabdevanje Beograda na račun zahvatanja podzemnih voda sastoji se od većeg broja bušenih bunara i oko 100 bunara sa horizontalnim drenovima (slika 10). Količine podzemnih voda koje se zahvataju za vodosnabdevanje gradova (naselja i opštinskih centara) varira u širokom opsegu, od 10-20 l/s, do preko 4000 l/s (tabela 2). Najveća izvorišta podzemnih voda se nalaze duž reke Save (beogradsko sa oko $Q = 4700$ l/s), duž reke Dunav (izvorišta vodosnabdevanja Novog Sada (Petrovaradinska Ada, Štrand i Ratno ostrvo, $Q = 1500$ l/s, slika 11). Navedena izvorišta vezana su aluvijalne nanose gornjeg kvartara.



Slika 10: Jedan od bunara sa horizontalnim drenovima Beogradskog izvorišta na Adi ciganliji



Slika 11: Prikaz rasporeda izvorišta za vodosnabdevanje Novog Sada sa prikazom bunara sa horizontalnim drenovima RB-III na izvorišta Štrand (lit. 3)

Vodosnabdevanje Niša se obavlja kombinovanim zahvatanjem karstnih voda na nekoliko vrela (Krupac, Ljuberada, Mokra, Divljana) i veštačkim prihranjivanjem aluvijalne izdani reke Nišave na izvorištu Medijana (kapaciteta $Q = 600 \text{ l/s}$) (slika 12).



Slika 12: Infiltraciono izvoriste Mediana, Niš (lit. 3)

Svi veći gradovi istočne Srbije, dela zapadne Srbije, kao i Pomoravlja su korisnici karstnih izdanskih voda (Niš, Paraćin, Bor, Priboj, Prijepolje, Novi Pazar, Čuprija, Zaječar, Piroto), ali se u sistemima koji su u eksploataciji, tokom letnjih i jesenjih meseci, često oseća deficit potrebnih količina voda. Razlozi za deficit voda u sušnim periodima leži uglavnom u kaptažnim objektima kojima se u najvećem broju slučajeva obezbeđuje prihvatanje i distribucija samo prirodno isteklih količina voda iz izdani. Ukupno je u sistemu javnog vodosnabdevanja u radu 70 izvorišta formiranih u karstnoj izdani sa ukupnim minimalnim kapacitetom od $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabela 2

Način vodosnabdevanja korišćene kod 15 većih gradova u Srbiji (lit. 3)

	Broj stanovnika	Količina vode (l/s)								
		Poreklo podzemnih voda				Vešt. prih.	Površinske vode / Akumulacije		Prosečno učešće podz. voda	Prosečno učešće pov. voda
		Kvartar	Neogen	Karst	Max.		Sred.	Max.		
	1638643	4700			5500		2000	5000	70	30
Novi Sad	306306	1200			1500		-	-	100	-
Niš	240734			1052	2432	600	-	-	100	-

	Broj stanovnika	Količina vode (l/s)								
		Poreklo podzemnih voda				Vešt. prih.	Površinske vode / Akumulacije		Prosečno učešće podz. voda	Prosečno učešće pov. voda
		Kvartar	Neogen	Karst	Max.		Sred.	Max.		
Kragujevac	180796	191.5			300		616.5	650	24	74
Leskovac	161086		320		400		-	-	100	-
Subotica	152278	162.5			505		-	-	100	-
Pančevo	131938	475			600		-	-	100	-
Kraljevo	126364	165			440	165	-	-	100	-
Čačak	119378	90			100		0	0	100	0
Sombor	99949	130	30		200		-	-	100	-
Valjevo	99208			142	585		80	180	64	36
Vranje	89591	44			200		30	50	60	40
Užice	84086	-			-		250	300	-	100
Požarevac	83097	210			275		-	-	100	-
Trstenik	51925	70			200	40	-	-	100	-

3. POTENCIJALNE REZERVE PODZEMNIH VODA

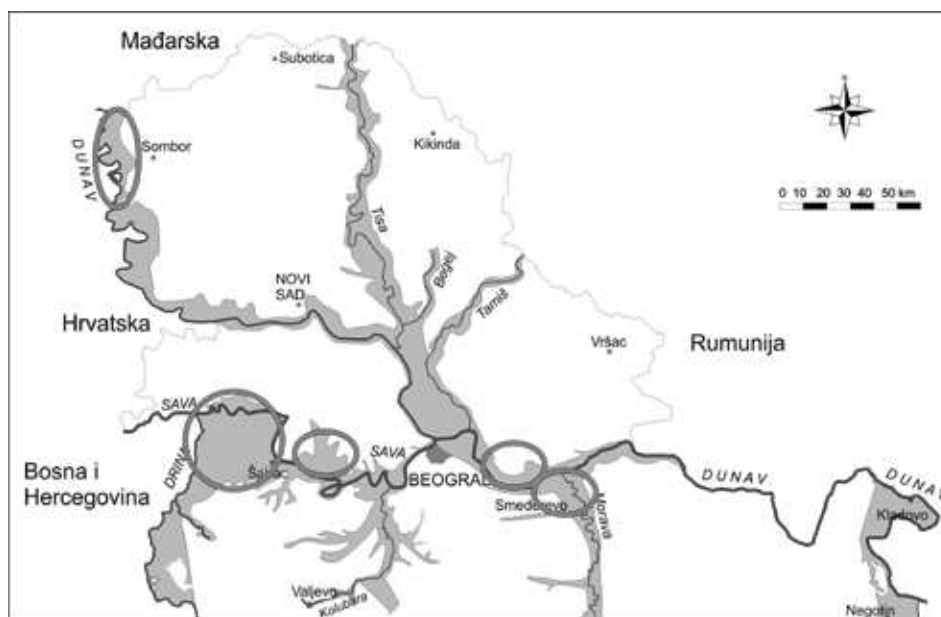
Na osnovu do sada obavljenih hidrogeoloških istraživanja, trenutno se zahvata (tabela 1) oko 30 % obnovljivih rezervi podzemnih voda od ukupno procenjenih 67 m³/s (lit. 3 i 7). Ova procena se zasniva na zapremini podzemnih voda, bez primene veštačkog prihranjivanja ili regulacije karstnih izdani (tabela 3).

Tabela 3:

Procenjen potencijal podzemnih voda u Srbiji (bez veštačkog prihranjivanja) (m^3/s) (lit. 6)

Hidrogeološka jedinica	Aluvijalni nanosi	Osnovni vodonosni kompleks (Vojvodina)	Neogene naslage	Karstna sredina	Pukotinska sredina	Ukupno
Bačka i Banat	9390	4913	547	0	0	14850
Srem, Mačva, Sava / Tamnava	21108	550	991	100	0	22749
Centrala Srbija	9930	0	1725	1475	180	13310
Istočna Srbija	1055	0	240	2977	0	4272
Jugozapadna Srbija	572	0	330	7277	0	8179
Zapadna Srbija	1735	0	120	1887	26	3768
Ukupno	43790	5463	3953	13716	206	67128

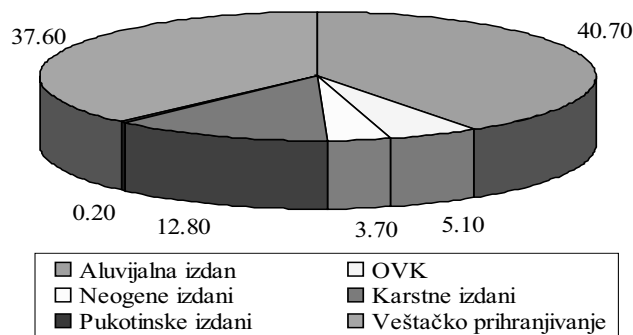
Najveće rezerve podzemnih voda koje se ne eksploatišu nalaze se u aluvijalnim nanosima u blizini ušća većih reka, kao što su ušće Drine u Savu, ušće Velike Morave u Dunav (slika 13).



Slika 13: Potencijalna regionalna izvorišta u aluvijalnim naslagama Srbije

Pored prirodnog potencijala podzemnih voda, dodatne količine podzemne vode mogu se dobiti putem veštačkog prihranjivanja aluvijalnih izdani ili regulacijom karstnih izdani. Prema vodoprivrednoj osnovi Srbije, kao i na osnovu raspoloživih informacija, primenom veštačkog prihranjivanja može obezbediti dodatnih $40 m^3/s$ vode, odnosno mogu se duplirati resursi podzemnih voda u aluvijalnim sredinama. Količina vode

dobijena primenom veštačke infiltracije zajedno sa procenjenim obnovljivim rezervama podzemnih voda iznosi ukupno oko 107 m³/s kvalitetnih podzemnih voda (slika 14).



Slika 14: Učešće potencijalnih količina podzemnih voda prema tipovima izdani, uključujući i veštačko prihranjivanje

Ovakav optimistički pogled je zasnovan na nekoliko funkcionalnih izvorišta zasnovanih na veštačkom prihranjivanju izdani. Najveće izvorište ovog tipa je gore pomenuto izvorište „Mediana“ koje se nalazi u sistemu vodosnabdevanja Niša, gde se primena veštačkog prihranjivanja koristi ne samo za dopunske količine voda, već i za poboljšanje kvaliteta podzemnih voda. Slično ovom izvorištu, na izvorištu „Ključ“ koje se koristi za vodosnabdevanje Požarevca se primenjuje veštačko prihranjivanje sa ciljem povećanja kapaciteta izvorišta, ali i smanjenja koncentracije nitrata u kaptiranoj aluvijalnoj izdani Velike Morave.

U odnosu na pojedina regionalna ležišta karstnih izdanskih voda u Karpato-balkanidima, ukupne količine vode koje se formiraju u prosečnoj hidrološkoj godini kreću se 55x10⁶ m³ (Kalafat) do 892x10⁶ m³ (Kučajsko-beljanički masiv). Ispod 100x10⁶ m³ vode formira se u po četiri ležišta u obe geostrukturne jedinice, a preko 200x10⁶ m³, u četiri izdvojena ležišta u Karpato-balkanidima (Kučajsko-beljanički masiv, Ozren sa Devicom, Gornjačka zona, Miroč), odnosno pet u Dinaridima (Lelički karst, Tara i Zvezda, Babine, Pešter i Severna Metohija).

Sumarna srednja izdašnost svih vrela kreće se kod regionalnih ležišta od svega 0,1 m³/s (Kalafat) do 8,67 m³/s (Kučajsko-beljanički masiv). Ispod 0,5 m³/s vode tokom godine, drenira se preko vrela u okviru pet ležišta u istočnoj i dva u zapadnoj Srbiji. S druge strane, sumarno srednje isticanje preko vrela veće od 1,0 m³/s je u okviru 15 ležišta (čak 10 u Dinaridima). Ukupne količine voda koje ističu preko svih vrela iznose prosečno 44,5 m³/s (18,85 m³/s u Karpato-balkanidima i 26,65 m³/s u Dinaridima).

Karstna ležišta Karpato-balkanida odlikuju se ukupnim statičkim rezervama od 9,5x10⁹ m³ vode, a Dinarida 6,4 x10⁹ m³ vode. Veće statičke rezerve ležišta u istočnoj Srbiji logična su

posledica većeg rasprostranjenja zatvorenih delova ležišta po obodima karstnih masiva.

Razlika ukupnih dinamičkih rezervi ležišta i sumarne minimalne izdašnosti vrela koje je neophodno obezbediti za zavisne eko sisteme u nizvodnim vodotocima, predstavljala bi realno raspoloživi deo voda koji se može koristiti iz karstnih izdani. On iznosi 12.6 m³/s u Karpatobalkanidima, odnosno 14.58 m³/s u Dinaridima. Ako se ove veličine uporede sa podacima iz Vodoprivredne osnove Srbije o aktuelnom korišćenju karstnih izdanih voda, uočljivo je da se u istočnoj Srbiji, kao i u karstu Dinarida koristi svega oko 13% raspoloživih rezervi izdanih voda. Na slikama 15 i 16 prikazana su po jedno neiskorišćeno vrelo iz Karpatobalkanida i Dinarida zapadne Srbije.



Slika 15: Krupajsko vrelo, spomenik prirode i jedno od neiskorišćenih karstnih vrela u istočnoj Srbiji



Slika 16: Jedan od izvorišnih krakova Sopotnice (Jadovnik)

Pored mogućnosti povećanja rezervi podzemnih voda vezanih za aluvijalne nanose, moguće je primeniti tzv. regulaciju karstnih izdani. Obzirom da karstifikovane karbonatne stene zauzimaju znatnu površinu terena u Srbiji, kao i činjenicu da izdani formirane u ovim stenama karakteriše po pravilu izuzetan kvalitet voda, glavni su razlog za upotrebu voda karstne izdani u vodosnabdevanju u Srbiji. Međutim, problemi vezani za eksploataciju voda karstnih izdani javljaju se tokom meseci recesije (leto – jesen), a posledica su nestabilnog režima dreniranja ove izdani. U cilju prevazilaženja ovog problema, izgrađeno je nekoliko sistema za regulaciju karstne izdani, uglavnom u istočnoj Srbiji. Ovi sistemi nisu klasični sistemi regulacije izdani već su zasnovani na kontrolisanom precrcpljivanju rezervi podzemnih voda u sušnom periodu i njihovoj popuni tokom zimskih meseci kada su manje potrebe za vodom.

Najveći sistem za regulaciju karstne izdani je izrađen za Bor, regionalni rudarski i industrijski centar. Ovaj sistem je u funkciji od 2002.god. a optimalno zahvatanje voda na izvorištu (slika 17) u poređenju sa minimalnom izdašnošću prirodnog vrela (Mrljiš) je povećano skoro četiri puta.

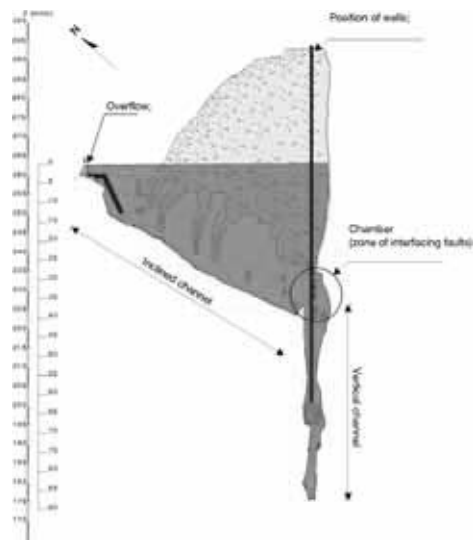


Slika 17: Bunar IEB-6 koji je u sistemu vodosnabdevanja Bora

„Modro oko“ u selu Krupac je jedno od karstnih vrela koje se koristi za vodosnabdevanje Niša. Preko njega se drenira južni deo Svrljiških planina, a karakteriše ga velika amplituda oscilacija izdašnosti ~ 40-11.000 l/s. U dubokim sifonalnim kanalima ovog vrela instalisane su pumpe velikog kapaciteta. Na osnovu rezultata izvedenog crpenja sa kapacitetom od 250 l/s, pretpostavlja se da će kontinualno zahvatanje podzemnih voda ove izdani u malovodnom periodu biti moguće i održivo. Preko dva bunara se zahvataju karstne vode, a količina zahvaćene vode je šest puta veća od ekstremno minimalne prirodne izdašnosti vrela (lit. 2) (slike 18 i 19).



Slika 18: Vrelo Krupac koje se koristi u sistemu vodosnabdevanja Niša



Slika 19: Šematski profil kanala vrela Krupac (lit.2)

Prema do sada dostupnim podacima i višedecenijskim hidrogeološkim istraživanjima, postoji nekoliko stotina pojava mineralnih i izvorskih voda u Srbiji, koje bi se mogle koristiti za flaširanje. U prethodnoj deceniji naglo je poraslo interesovanje za pronalaženje potencijalnih lokalnosti za flaširanje mineralnih i izvorskih voda. Kao potencijalni regioni u Srbiji za iznalaženje visokokvalitetnih izvorskih voda pogodnih za flaširanje svakako treba istaći Zapadnu, Istočnu Srbiju i Kosovo i Metohiju, sa mnogobrojnim prirodnim pojavama isticanja podzemnih voda: Zlatar, Zlatibor, Golija, Stara Planina, Vlasina, Kučaj, Jastrebac, Brezovica i dr.

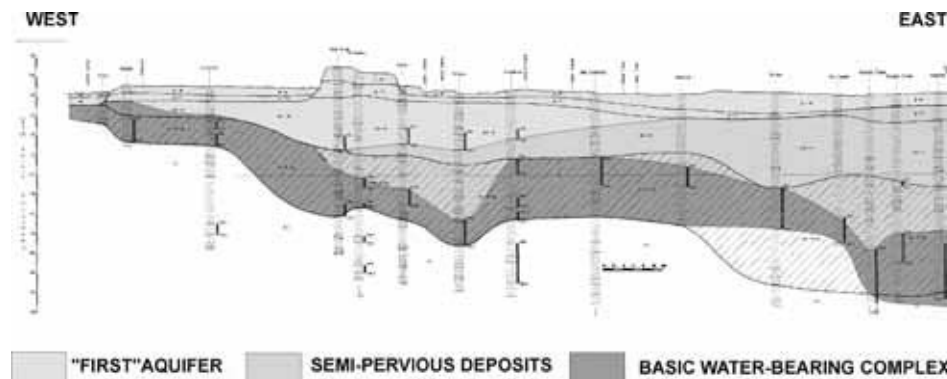
Kvalitet podzemnih voda

Sanitarna kontrola kvaliteta vode za piće u nadležnosti je Ministarstva zdravlja i Republičkog zavoda za javno zdravlje i njenih regionalnih kancelarija zavoda. Svi vodovodi prema važećim zakonskim aktima su obavezni da kontrolišu hemijski i bakteriološki kvalitet sirovih i tretiranih uzoraka vode. Uopšteno govoreći, postoji znatna razlika u prirodnom kvalitetu podzemnih voda i antropogenom uticaju na ovaj kvalitet, što je posledica kako vrste i svojstava samog resursa, tako i ranjivosti i pritiska kojima je resurs izložen.

Kvalitet podzemnih voda se sistematski prati u aluvijalnim izdanima preko uspostavljene osmatračke mreže u nadležnosti Republičkog hidrometeorološkog zavoda, koji takođe prati kvalitet vodotoka na jednom broju stanica. Za razliku od aluvijalnih, sistematsko praćenje kvaliteta voda u okviru neogenih i karstnih izvorišta ne postoji. Određivanje ili kontrola kvaliteta voda ovih izdani rezultat je realizacije namenskih projekata ili studija.

Neadekvatna zaštita aluvijalne izdani na nekim lokacijama je usloвила promenu kvaliteta vode kao posledicu antropogenih uticaja. Tipičan primer su aluvijalni nanosi donjeg toka Velike Morave koji su ugroženi visokim koncentracijama nitrata usled nekontrolisanog ispuštanja otpadnih voda i poljoprivredne aktivnosti.

Osnovni vodonosni kompleks predstavlja glavni izvor za vodosnabdevanje stanovništva i industrije u Vojvodini. Iznad ovog kompleksa nalazi se plića izdan u okviru slabije vodonosnih sedimenata, podložna antropogenom uticaju pa se ne koristi za vodosnabdevanje. Između pliće izdani i osnovnog vodonosnog kompleksa u pojedinim delovima Bačke i Banata nalaze se vodonepropsuni sedimenti koje štite OVK od zagađenja (tipski profil je prikazan na slici 20) (lit. 7). Podzemne vode osnovnog vodonosnog kompleksa u Vojvodini imaju visoke osnovne koncentracije organskih materija i pojedinih mikrokomponenti hemijskog sastava. Posebno je ugroženo područje srednjeg i severnog Banata gde nepovoljni hidrogeohemijski uslovi limitiraju upotrebljivost podzemnih voda. Komponente kvaliteta podzemnih voda kao što su ukupna mineralizacija, sadržaji, gvožđa, arsena, organskih materija često i višestruko odstupaju od propisanih MDK. Problem kvaliteta podzemnih voda je izražen i u srednjoj Bačkoj i ogleda se u povišenim koncentracijama organskih materija, arsena, gvožđa i mangana, dok su u zoni toka Tise i zapadnoj Bačkoj podzemne vode opterećene ponekad i ekstremno povišenim koncentracijama organskih materija.



Slika 20: Tipski hidrogeološki profil kroz osnovni vodonosni kompleks u Vojvodini (lit.3,6,7)

Podzemne vode neogenih izdani karakteriše sporija vodozamena, i kao rezultat toga povišena mineralizacija vode, dok je sadržaj gvožđa i mangana niži nego u aluvijalnim izdanima. Izuzeci se mogu naći samo u oblastima gde je uspostavljena hidraulička veza između neogene izdani i povlatnih kvartarnih izdani.

Vode karstne izdani karakterišu se veoma povoljnim fizičkim i hemijskim svojstvima. Temperature voda kreću se u veoma širokom dijapazonu, što je posledica lokalnih i regionalnih klimatskih i geoloških uslova. Karstne izdanske vode su po pravilu bez boje, mirisa i ukusa. Povremeno zamućenje voda nekih karstnih vrela (najčešće ne duže od 1 do 2 dana) predstavlja jedan od najvećih problema pri njihovom iskorišćavanju za potrebe vodosnabdevanja. Iako generalno slabo zaštićena izdan od mogućeg zagađenja, povoljna okolnost je da su područja sa razvijenim karstom po pravilu slabo naseljena. Karstne vode su malomineralizovane, a sadržaj osnovnih jona, kao i mikrokomponenti hemijskog sastava po pravilu je u granicama zakonskih normativa za pijaće vode

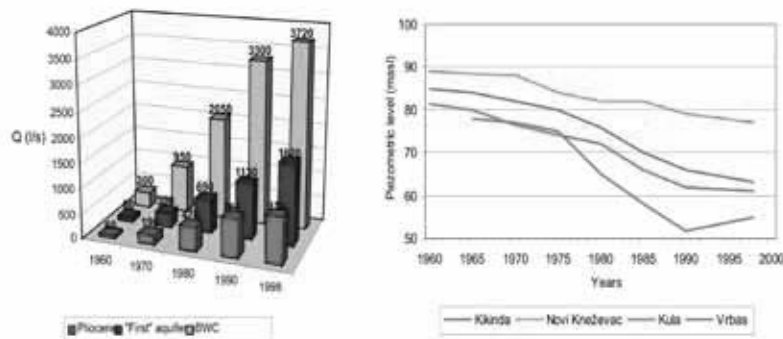
Najveći gradovi u Srbiji, poput Beograda i Novog Sada imaju izvorišta locirana duž obala Save i Dunava. Nažalost, postoji sukob između potreba gradova da zauzme obale reka i imperativ da zaštite izvorišta od zagađenja. Zone sanitarne zaštite su uspostavljene samo za velika izvorišta, ali se u praksi retko sreće aktivna i sistematična zaštita izvorišta od zagađenja.

Specifični problemi i ograničenja u upotrebi podzemnih voda u Srbiji

Problemi koji prate višedecenijsko zahvatanje podzemnih voda mogu se svrstati u probleme koji se odnose na same podzemne vodne resurse i na tehničke probleme u vezi sa eksploatacijom voda. U daljem tekstu se daje nekoliko karakterističnih primera.

Iako predstavljaju najbogatije resurse podzemnih voda, aluvijalne izdani su podložne različitim ograničenjima. Za neke izdani i lokalitete, problem je relativno brzo starenje kako izvorišta, tako i eksploatacionih bunara. Intenzivna infiltracija rečnih voda u toku eksploatacije podzemnih voda na aluvijalnim izvorištima za posledicu ima ubrzano kolmiranje rečnog dna i smanjeno prihranjivanje kaptirane izdani. Bunari su često podložni inkrustaciji i mehaničkoj i biološkoj kolmataciji. I jedan i drugi vid starenja aluvijalnih izvorišta za posledicu ima opadanje nivoa podzemnih voda i na kraju, smanjenje kapaciteta objekata, odnosno izvorišta.

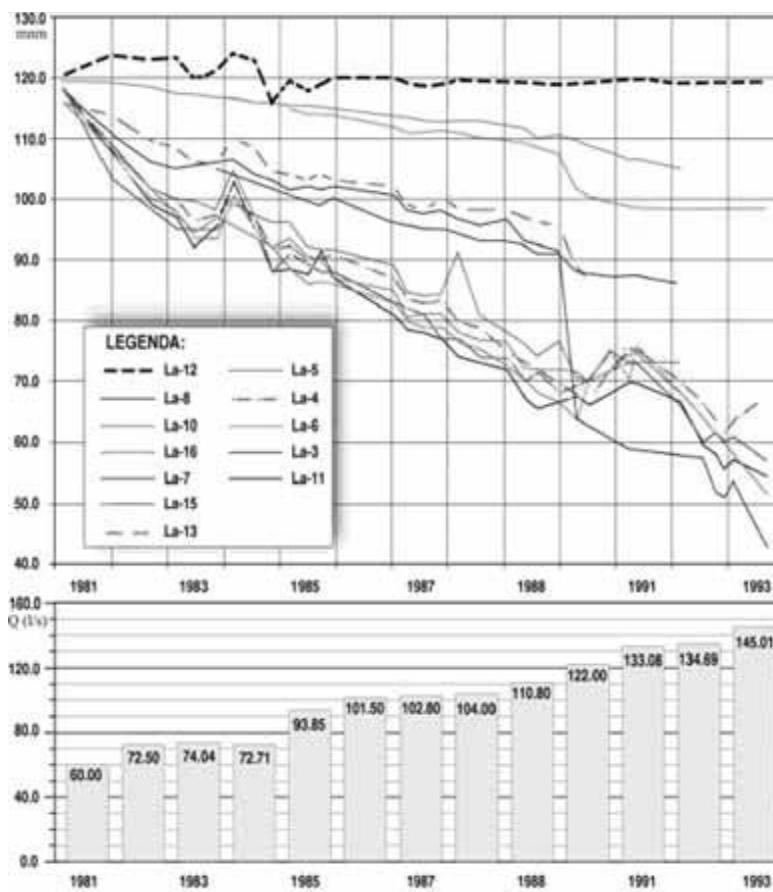
Osnovni vodonosni kompleks u Vojvodini je relativno dobro zaštićen od antropogenog uticaja na kvalitet podzemnih voda. Međutim, problem koji se javlja tokom dugogodišnjeg zahvatanja voda iz ovog kompleksa nalazi se prirodnim uslovima prihranjivanja. Sporo i nedovoljno prihranjivanje izdani u vodonosnim naslagama donjeg kvartara u Bačkoj i Banatu (sa izuzetkom južnog dela Banata), uslovalo je znatno opadanje pijezometarskog nivoa kao rezultat višedecenijskog zahvatanja podzemnih voda u količini većoj od one koja se obnavlja. U odnosu na prvobitni statički nivo podzemnih voda, najveće depresije su registrovane (2006. godina) u Bačkoj u Vrbasu (-26 m) i Kuli (-20 m), a u Banatu u Kikindi (-22 m) i Novom Kneževcu (-12 m). Sprovedene hidrodinamičke analize uticaja eksploatacije podzemnih voda u ovom regionu ukazuju na to da se pod trenutnom eksploatacijom, više od 1 m³/s voda zahvata više nego što se obnavlja (lit. 6 i 7) (slika 21).



Slika 21: Istorijat zahvatanja podzemnih voda u Vojvodini (količina zahvatanja vode po izdanima i efekti nadeksploatacije) (lit. 3)

Nadeksploatacija neogenih izdani zabeležena je u južnoj Bačkoj, Kostolačkom basenu, i neogenom basenu kod Paraćina i Jagodine. Za razliku od južne Bačke, Paraćina i Jagodine gde se vode neogene izdani koriste za vodosnabdevanje stanovništva i industrije, nadeksploatacija voda u Kostolčkom basenu vezana je za rudarske aktivnosti, odnosno za predodvodnjavanje površinskih kopova.

Nadeksploatacija karstnih izdani u Srbiji nije tako česta i praktično se javlja samo u toku kratkog, sušnog perioda. Značajnija nadeksploatacija karstne izdani zabeležena je u području izvorišta Nepričava, gde je registrovano opadanje nivoa podzemnih voda za oko 100 m, kao posledica nedovoljnog prihranjivanja izdani za eksploatacione kapacitete izvorišta (slika 22). Radi se o poluzatvorenoj strukturi u trijaskim krečnjacima u podini neogenih naslaga, sa otežanim uslovima prihranjivanja.



Slika 22: Dijagram opadanja pijezometarskih nivoa u funkciji ukupnog kapaciteta na izvorištu „Nepričava“ za period 1981-1993.god. (lit. 27)

4. PODZEMNE VODE I ZAKONSKA REGULATIVA U SRBIJI

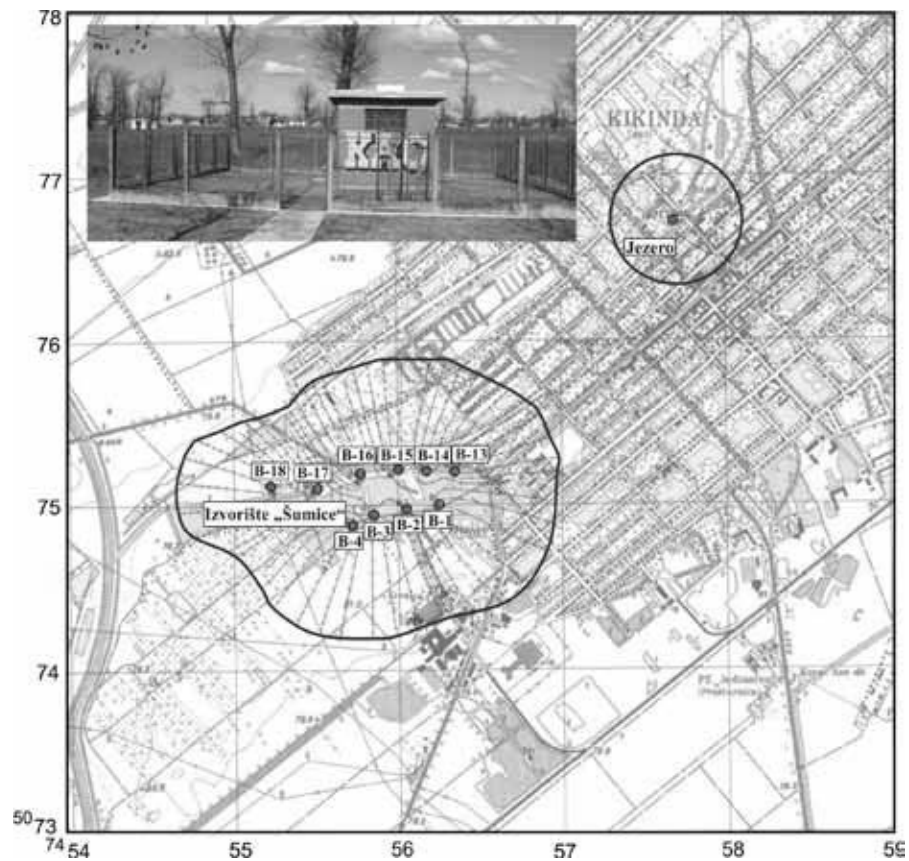
Zakonodavstvo vezano za podzemne vode u Srbiji sastoji se od nekoliko delova, koji se uglavnom bave pitanjem kvaliteta i zaštite podzemnih voda kao dela životne sredine i vodnog ciklusa. Ovi dokumenti su: Zakon o vodama (Sl. glasnik RS 30/10), Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi podzemnih voda (Službeni list SFRJ, 1978), Zakon o geološkim istraživanjima (Službeni list SRJ, 1995), Zakon o određivanju i klasifikaciji prirodnih mineralnih resursa i prikazu podataka (Službeni list SRJ, 32/98), Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Službeni list SRJ 42/98), Zakon o zaštiti životne sredine (Službeni glasnik RS 135/04), Zakon o strateškoj proceni uticaja (Službeni glasnik RS 135/04), Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine (Službeni glasnik RS 135/04), Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona i pojaseva sanitarne zaštite objekata za snabdevanje vodom za piće (Službeni glasnik RS 92/08), kao i Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za prirodnu mineralnu vodu, prirodnu izvorsku i stonu vodu (Sl. List. SCG 53/05).

Najvažniji pravni akt u kome su tretirane podzemne vode je Zakon o vodama. Glavni zadaci u sprovođenju nedavno usvojenog Zakona o vodama se odnose na zaštitu izvorišta podzemnih voda, održavanje i unapređenje postojećih izvorišta, kao i razvoj novih. Zakon o vodama uvodi vodoprivredno planiranje, kroz izradu planskih dokumenata, uključujući:

- Vodoprivrednu strategiju za teritoriju Republike Srbije;
- Plan o upravljanju vodama;
- Godišnji program upravljanja vodama;
- Planove koji se bave zaštitom od štetnog dejstva voda (Plan upravljanja rizicima poplava, Plan opšte odbrane od poplava, itd.).

Pravni akt koji ima veliki uticaj na zaštitu podzemnih voda za piće je Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona i pojaseva sanitarne zaštite objekata za snabdevanje vodom za piće (Službeni glasnik RS 92/08). Oblast zaštite podzemnih voda nije bila zakonski adekvatno regulisana sve do donošenja ovog propisa kojim je po prvi put jasno istaknuta specifičnost pojedinih izdani kako je to učinjeno u nizu sličnih pravilnika u evropskim zemljama. Svoj značajan doprinos dali su i stručnjaci DHG RGF zajedno sa kolegama iz Instituta za vodoprivredu "Jaroslav Černi".

Ovaj Pravilnik zahteva uspostavljanje 3 zone sanitarne zaštite za izvorišta podzemnih voda, na osnovu vremena putovanja vode kroz zasićenu sredinu (maksimalno vreme koje je potrebno da zagađivač dođe do izvorišta). To je kriterijum koji se često koristi i koji bi trebao da obezbedi da se koncentracija zagađivača svede na prihvatljiv nivo. Zona I izvorišta podzemne vode ograđuje se radi sprečavanja nekontrolisanog pristupa ljudi i životinja zaštitnom ogradom koja ne može biti bliža od 10 m od vodozahvatnog objekta koji okružuje. Zona II obuhvata prostor sa kog voda dotiče do vodozahvatnog objekta za najmanje 50 dana, dok se Zona III određuje prema vremenu putovanja od 200 dana za koje se procenjuje da je dovoljno da se prirodnim procesima prečišćavanja vode smanje koncentracije zagađivača (slika 23).



Slika 23: Raspored strujnica oko eksploatacionih bunara gradskog izvorišta „Šumice“ (Kikinda) koje pokazuju udaljenje potrebno da se do bunara filtrira voda za 200 dana (lit. 12)

Osnovni cilj Pravilnika o kvalitetu flaširanih voda je zahtev za zabranom tretmana nekvalitetnih voda do stanja kojim se one čine ispravnim za piće, na osnovu fizičkih, hemijskih, bakterioloških i radioloških parametara kvaliteta. Ukoliko dođe do zagađenja izvorišta sa koga se eksploatiše voda ono se zatvara i stavlja van upotrebe. Flaširana prirodna izvorska voda mora biti istog kvaliteta kao i voda na mestu zahvatanja. Posebna pažnja se poklanja biološkim i mikrobiološkim parametrima, a kada je reč o hemijskim parametrima oni su definisani na osnovu naučnih kriterijuma, analitičkih podataka o učestalosti pojavljivanja, koncentracija jona uobičajeno prisutnih u vodama za flaširanje kao i toksikoloških ispitivanja.

Najvažnije aktivnosti u oblasti zakonodavstva koje su pred nama su vezane sa izradu podzakonskih akata, u koje spadaju uspostavljanje graničnih vrednosti po pitanju kvaliteta podzemnih voda, metodologija procene stanja i monitoring podzemnih voda.

5. PRIMENA EVROPSKE OKVIRNE DIREKTIVE ZA VODE NA STATUS PODZEMNIH VODA U SRBIJI

Iako nacionalnim zakonima nije u obavezi, ratifikacijom Konvencije o zaštiti Dunava (DRPC) iz 2003.god., Republika Srbija je bila aktivno uključena u realizaciju Evropske okvirne direktive za vode kao punopravni član Međunarodne komisije za zaštitu reke Dunav (ICPDR). Srbija je 2004.god. učestvovala u pripremi Okvirnog izveštaja za područje sliva reke Dunav, u pripremi Plana upravljanja slivom reke Dunav (DRBMP 2009), kao i u pripremi Planova upravljanja podslivova reke Tise (završeno 2010) i reke Save (u toku).

Usvajanjem Zakona o vodama u 2010.god., Srbija u potpunosti prihvatila standarde, terminologiju i ciljeve koji su sadržani u Evropskoj okvirnoj direktivi za vode. Set podzakonskih akata je pripremljen, a među njima Pravilnik o određivanju površinskih i podzemnih vodnih tela (Službeni glasnik RS 96/10). Na teritoriji Srbije je identifikovano 153 podzemnih vodnih tela i prikazani su na slici 24. Na osnovu tipa izdani, sva podzemna vodna tela su podeljena na porozna (kvartarna i neogena), karstna i ispucala.



Slika 24: Karta sa ucrtanim podzemnim vodnim telima u Srbiji
(Izvor: Zakon o određivanju površinskih i podzemnih vodnih tela, Službeni glasnik RS 96/10)

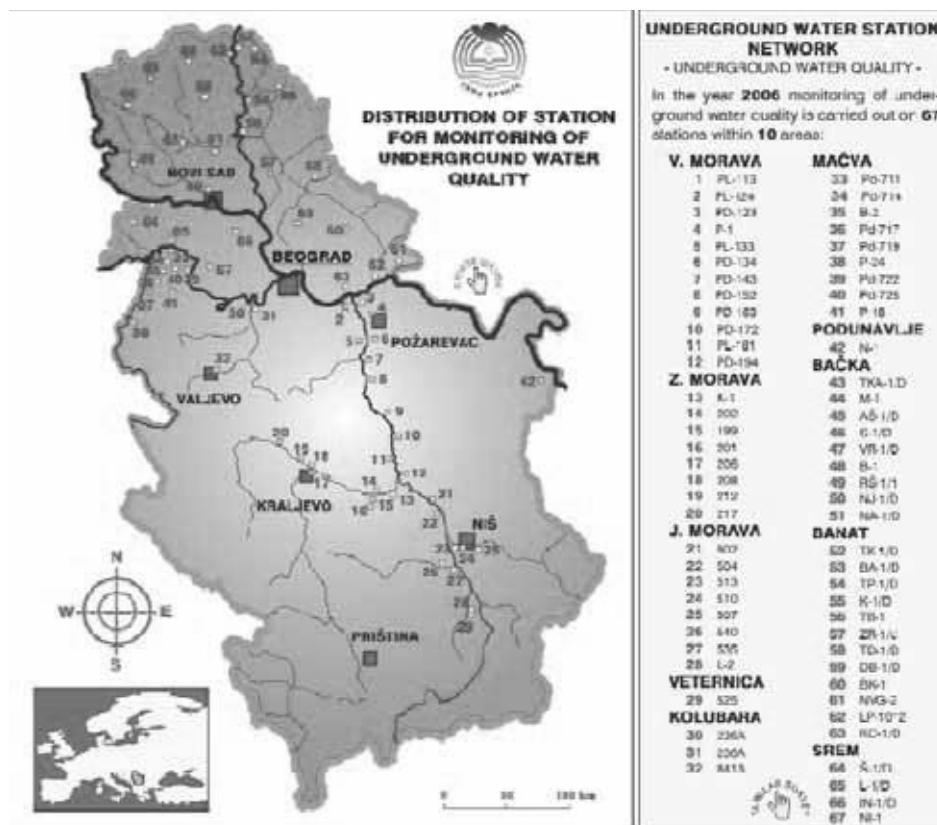
Da bi se omogućila tačna procena statusa podzemnih voda, podzemna vodna tela su identifikovana kao povezane jedinice u rečnom slivu. Kriterijumi za razgraničenje podzemnih vodnih tela su zasnovani na lokalnim geološkim i hidrogeološkim uslovima. U principu praćen je hijerarhijski pristup (podzemne vode, izdani, podzemno vodno telo), preporučeni od CIS vodiča br. 2. Tokom procesa izdvajanja podzemnih vodnih tela u Srbiji osnovni kriterijumi su bili geološka karakterizacija stenskih masa, hidrogeološke granice kao i sadašnje stanje pijezometarskih pritisaka u njima.

Po pitanju monitoringa režima podzemnih voda u Srbiji, ono se izvodi na nekoliko nivoa: nacionalnom nivou, opštinskom ili gradskom nivou, na nivou izvorišta za vodosnabdevanje, kao i u priobalnom području Dunava, Save i Tise, koje je u zoni uspora HE Đerdap I. Mreža osmatračkih stanica koje su pod nadležnošću Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ) (ukupno oko 500) je osnovana za kontinuirano praćenje kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika površinskih voda i režima podzemnih voda. Osmatračka mreža je podeljena na osmatračka područja koja su vezana za slivove većih reka ili većih vodonosnih slojeva kvartarne starosti. Sistematsko praćenje većeg broja neogenih i karstnih izdani tek treba da bude uspostavljeno. Od strane RHMZ trenutno se prate promene vodostaja i proticaja samo na jednom karstnom vrelu - vrelu Mlave. Pored vrela Mlave, tokom 1995. godine od strane iste službe otpočela su redovna hidrometrijska merenja na još 18 vrela, a osmatranja vodostaja na 6 vrela. Nažalost, nakon 2003. godine na svih 18 vrela osmatranja su prestala. (lit. 25).

Na skoro svim tačkama za monitoring hemijskog sastava voda u Srbiji (oko 70 njih, slika 25), uzimaju se uzorci vode jednom godišnje. Tokom redovnog uzorkovanja voda, analizira se oko 50 različitih parametara, i to: glavni katjoni (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+}), glavni anjoni (Cl^- , SO_4^{2-} i HCO_3^-), i azotove komponente ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$), koji su glavni indikatori poljoprivrednog uticaja na plitke izdani. Gvožđe i mangan su deo programa monitoringa, kao i teški metali Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Hg, Ni i As. Neki od češće korišćenih pesticida (lindan, atrazin, simazin, propazin, aldrin, endrin, i metokihlor), kao i druge organske hemijske komponente kao što su potencijalni zagađivači antropogenog porekla, takođe su pokriveni ovim programom monitoringa voda.

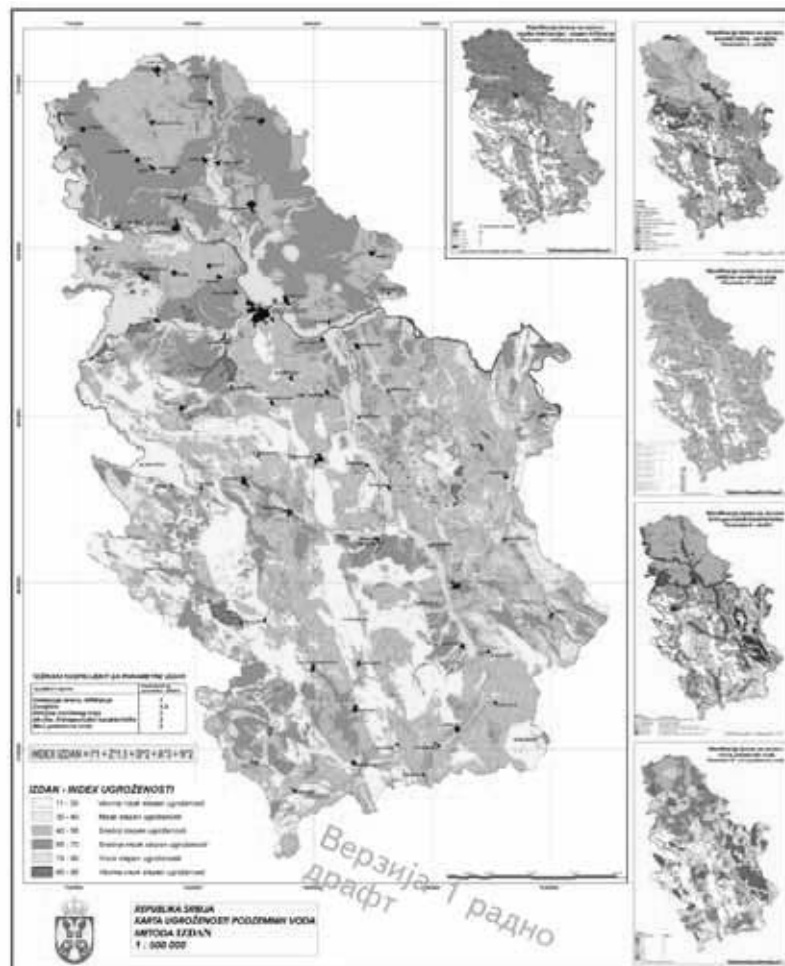
Zbog neravnomerne pokrivenosti osmatračkom mrežom podzemnih voda, informacije vezane za kvalitativni i kvantitativni status podzemnih vodnih tela u znatnim delovima Srbije nisu adekvatne ili potpuno izostaju. Ovo predstavlja glavnu prepreku za sigurnu procenu stanja podzemnih voda na velikom broju podzemnih vodnih tela, tako da čak ni procena rizika prema članu 4 Evropske okvirne direktive za vode nije izvodljiva.

U cilju obuhvatanja monitoringom svih izdani, postojeća osmatračka mreža mora se proširiti kroz uključivanje korisnika podzemnih voda (vodovodi, industrija, poljoprivredni proizvođači) i uspostavljanje novih područja za monitoring. Monitoring podzemnih voda pruža informacije potrebne za procenu dugoročnih trendova promena vezanih za podzemne vode koje su posledica promene prirodnih uslova i ljudskih aktivnosti, kao i podatke koji su potrebni za procenu efikasnosti mera preduzetih da se poboljša status podzemnih voda.



Slika 25: Monitoring stanica za kvalitet podzemnih voda u Srbija
(izvor: Republički hidrometeorološki zavod Srbije)

Kako su podzemne vode integralni deo vodnog ciklusa, procena bilansa podzemnih voda je neophodna za razvoj održivog planiranja. U skladu sa tim, nekoliko projekata, kao što su „Bilans podzemnih voda u Srbiji“ i „Monitoring resursa podzemnih voda u Srbiji“ su u toku, sa osnovnim ciljem da se obezbedi procena bilansa podzemnih voda, unapređenje monitoringa podzemnih voda i uspostavljanje informacionog sistema podzemnih voda kao deo integrisanog informacionog sistema voda. Kao jedan od rezultata projekta „Monitoring resursa podzemnih voda u Srbiji“ u završnoj fazi izrade je karta ugroženosti podzemnih voda za područje cele republike u razmeri 1:500.000 (slika 26). Iako je metodologija izrade ove vrste karte dobro poznata i razvijena tokom prethodne dve decenije, ovo je jedan od prvih pokušaja da se takva karta napravi na regionalnom (nacionalnom) nivou.



Slika 26: Karta ugroženosti podzemnih voda Srbije - nacrt (lit. 25)

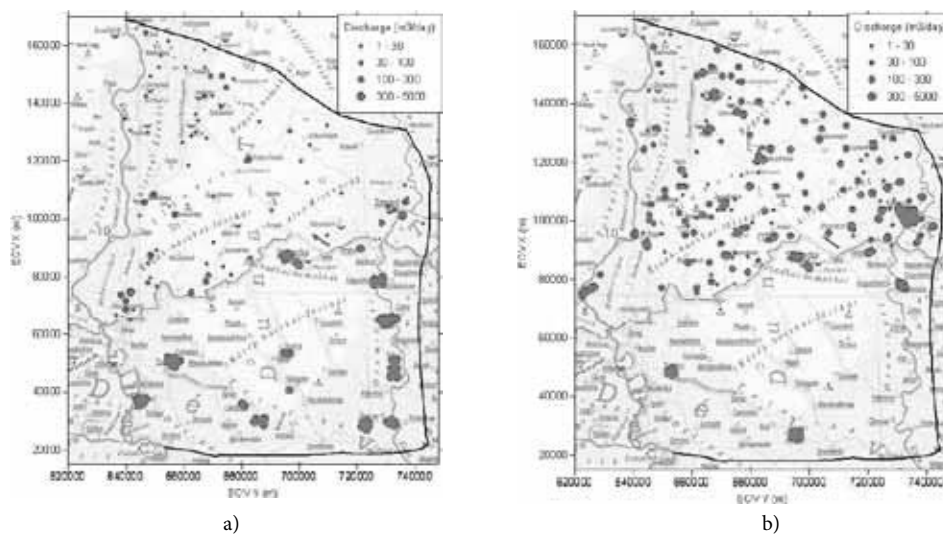
Radeći na Okvirnom izveštaju 2004. (oblast podzemnih voda), Srbija je predložila zajednička prekogranična podzemna vodna tela između Srbije, Mađarske i Rumunije, bazirana na osnovu kriterijuma za velike prekogranične izdani u slivu reke Dunav. Rumunija, Mađarska i Srbija imaju identifikovana vodna tela na svojim teritorijama koje su u stvari deo jednog, prekograničnog podzemnog vodnog tela, formiranog u okviru gornje panonskih i donje pleistocenskih sedimenata (lit. 26) (slika 27).

Tokom poslednjih nekoliko godina mnogo više pažnje se obraća na identifikaciju, procenu i upravljanje prekograničnim izdanima. Neke od tih aktivnosti su sinhronizovane kroz direktne bilateralne komunikacije nacionalnih institucija (ministarstva, i njihovih tela) (lit. 5), neki drugi su preduzeti od strane koordiniranih akcija UN (UN/ECE) (lit. 28), a neki su izašli kao rezultat projekata koje finansira EU (lit. 26).

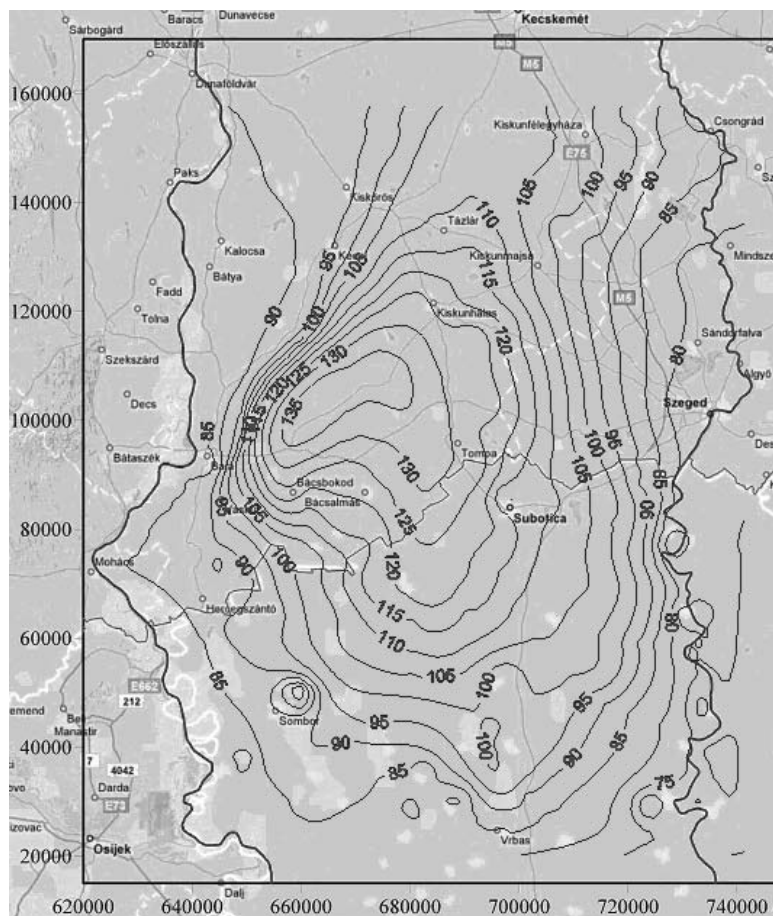


Slika 27: Prekogranična vodna tela Srbije, Mađarske i Rumunije

„Održivi razvoj Mađarsko - Srpskih prekograničnih izdani (SUDEHSTRA)“ je jedan dobar primer nedavno uspešno realizovanog prekograničnog vodnog projekta. Projekat je bio fokusiran na podzemne resurse debelih tercijarnih vodonosnih slojeva koji su deponovani u Panonskom basenu između Dunava i reke Tise i podeljeni između dve zemlje. Podzemne vode su od vitalnog značaja za privredu i društvo u ovom delu jugoistočne Evrope, i skoro milion stanovnika duž granice ih koristi za piće i druge svrhe. Eksperti dve zemlje zajednički su radili na ovom „ogledalo“ projektu, čiji je cilj unapređenje znanja o zajedničkim resursima podzemnih voda i uspostavljanje osnove za njihovom održivom korišćenju i zaštiti (slike 28 i 29) (lit. 26).



Slika 28: Prikaz lokacija i kapaciteta izvorišta podzemnih voda u prvom (a) i drugom (b) vodonosnom sloju



Slika 29: Prikaz linija nivoa podzemnih voda u prvom vodonosnom sloju

6. ZAKLJUČAK

Podzemne vode u Srbiji i pored intenzivnog korišćenja (koristi ih oko 75% stanovništva), nisu još uvek dovoljno proučene. U praksi se javlja i nedostatak evidencije o rezervama, stepenu iskorišćenosti, kvalitetu, režimu i sl. Upravo su ovo najčešći razlozi za umanjene njihovog značaja i perspektivnosti. Na osnovu do sada obavljenih hidrogeoloških istraživanja, trenutno se zahvata oko 30 % obnovljivih rezervi podzemnih od ukupno procenjenih 67 m³/s.

Od podzemnih voda, vode aluvijalnih izdani učestvuju sa preko 80% u javnom vodosnabdevanju u Srbiji. Najveće rezerve podzemnih voda ovih izdani nalaze se u donjem delu slivova veći reka. Ove izdani su posebno ranjive na antropogeni uticaj jer se najčešće nalaze u blizini urbanih sredina, područja sa intenzivnim industrijskim ili

poljoprivrednim aktivnostima, a takođe se nalaze pod direktnim uticajem kvaliteta površinskih tokova s kojima su u direktnoj hidrauličkoj vezi.

Vode osnovnog vodonosnog kompleksa u Vojvodini učestvuju sa oko 1/6 ukupne količine podzemnih voda koje se zahvataju u Srbiji. U okviru ovog kompleksa, podzemne vode neretko imaju visoke osnovne koncentracije organskih materija i pojedinih mikrokomponenti hemijskog sastava. Pored toga, sporo i nedovoljno prihranjivanje osnovnog vodonosnog kompleksa, uslovalo je znatno opadanje pijezometarskog nivoa u okviru njega.

Podzemne vode neogenih izdani se koriste za vodosnabdevanje u dolinama centralne i južne Srbije, kao i malom delu Vojvodine. Ove izdani karakterišu relativno značajne rezerve podzemnih voda. Iako su najčešće dobro zaštićene od zagađenja sa površine terena, vode ove izdani neretko imaju povišenu mineralizaciju kao rezultat sporije vodozamene.

Kod karstnih izdani uglavnom se zahvataju samo prirodno istekle količine voda na izvorima, a bitna smanjenja izdašnosti u recesionom periodu, razlog su da se oseća deficit dovoljnih količina kod pojedinih potrošača. Vode karstne izdani su po pravilu veoma dobrog kvaliteta. Iako ranjive po pitanju antropogenog zagađenja, povoljna okolnost je da su karstna područja slabo naseljena.

Pored prirodnog potencijala podzemnih voda, dodatne količine podzemne vode mogu se dobiti putem veštačkog prihranjivanja aluvijalnih izdani ili regulacijom karstnih izdani. Primenom veštačkog prihranjivanja može se obezbediti dodatnih 40 m³/s vode, tako da zajedno sa procenjenim obnovljivim rezervama podzemnih voda moguće je zahvatati ukupno oko 107 m³/s kvalitetnih podzemnih voda

Spisak literature

1. Dimkić M., Boreli-Zdravković, Đ., Soro, A., Radenković, Z., Vujašinović, S., Matic, I., Kujundžić, B., Dašić, M. (1997): (in Serbian) *Potential for Groundwater Use for Belgrade's Water Supply*, Conference: Groundwaters as Sources of Water Supply, Association for Water Technology and Sanitary Engineering, 191-218, Belgrade
2. Dimkić, D., Jeftić, G., Dimkić, M., Soro, A., (2003): The Krupac Spring hydraulic potential for water supply requirements of the city of Niš, XXX IAHR Congress, Theme B: Urban and Rural Water Systems for Sustainable Development, Thessaloniki, Greece, pps. 653-660, August 2003
3. Dimkić M., Stevanović Z., Djurić D., (2011): Progress and improvement of the status of groundwater in Serbia, Proceedings of IWA Specialist Groundwater Conference, Invited Paper, pp.81-101, Belgrade
4. Dragišić V., Polomčić D. (2006): Elaborat o rezervama podzemnih voda sa izvorišta „Sava I” za vodosnabdevanje opštine Ruma. Rudarsko-geološki fakultet. Beograd
5. Đurić D. (2006). Prekogranična vodna tela – Osnova za upravljanje podeljenim resursom, Zbornik radova konferencije “Voda 2006”, Zlatibor
6. Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi” (1997., 1999.): Koncept vodosnabdevanja u Vojvodini, Faza 1 i Faza 2, Studija, Beograd
7. Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi” (2001): Vodoprivredna osnova Republika Srbije, Beograd
8. Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi” (2006.): Studija beogradskog izvorišta: Sadašnje stanje i pravci razvoja, Faza 1. Belgrade
9. Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi” (2006.): Karakterizacija podzemnih voda u CS delu sliva reke Dunav, Beograd
10. Krešić N., (1984): Hidrogeologija karstnih terena u slivu Drine uzvodno od Bajine Bašte na teritoriji SR Srbije, Magistarski rad, Fond RGF, Beograd
11. Lazić M., Polomčić D. i dr. (2010): Hidrogeološka studija Kostolačkog basena. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
12. Matić I., Polomčić D. (2010): Elaborat o rezervama podzemnih voda na izvorištima opštine Kikinda. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
13. Milanović S., Stevanović Z., Vasić Lj., Ristić V., 2011: Monitoring and physical modeling of karst system as a base for its evaluation and utilization – A case study from eastern Serbia, Proceedings of 9th conference on Limestone hydrogeology, pp.351-354, Besancon
14. Milosavljević S., Polomčić D. (2010): Elaborat o mogućnostima proširenja kapaciteta izvorišta JP „Vodokanal” Bečej i oceni uticaja izvorišta „Soja protein”. Tehnoprojng d.o.o., Novi Sad
15. Ristić, V., (2007): Razvoj simulacionog modela za proračun dnevnih isticanja iz karstnih vrela, Dokt. disert. Dept. HG. RGF, Univerzitet u Beogradu
16. Stevanović Z., (1991): Hidrogeologija karsta Karpato-balkanida istočne Srbije i mogućnosti vodosnabdevanja, Monografija, Pos. izd. R G F , I H G, pp.1 - 245, Beograd
17. Stevanović Z., (1994)a: Kvalitet karstnih izdanskih voda Srbije i perspektive u vodosnabdevanju, Coll. of pap. of International symposium “Water Quality” , pp.33-40, Čačak

18. Stevanović Z., (1994)b: Karst ground waters of Carpatho-Balkanides in Eastern Serbia, in: Monography "Ground Waters in Carbonate Rocks of the Carpathian - Balkan Mountain Range " (ed. Z. Stevanović, B. Filipović), pp.203-237, Spec.ed. of CBGA, Allston Hol. Co, Jersey
19. Stevanovic, Z., Filipovic, B. (1994): Hydrogeology of Carbonate Rocks of the Carpatho- Balkanides, In: Ground waters in carbonate rocks of the Carpathian-Balkan Mt range. Stevanović, Z. and Filipović, B. (eds.), Spec. ed. of CBGA, Allston: 203-237, Jersey
20. Stevanović Z, (1995): Karstne izdanske vode Srbije - korišćenje i potencijalnost za regionalno vodosnabdevanje, in: Vodni mineralni resursi litosfere Srbije, Monograf. Pos.izd. RGF (ed. Z.Stevanović), pp.77-119, Beograd
21. Stevanovic, Z., Jemcov, I., Milanovic, S., Dokmanovic, P., Hajdin, B. (2005): Management of Karst Aquifers in Serbia for Water Supply – Achievements and Perspectives, In : Water resources and environmental problems in karst, Proceedings of the IAH Conf. KARST 2005, Stevanovic, Z. and Milanovic, P. (eds.): 283-290, Belgrade
22. Stevanović, Z. (2006): State-of-the-art and perspectives of artificial recharge in groundwater supply of large cities of the Carpathian-Balkan region, Proceedings of the XVIII Congress CBGA, Belgrade
23. Stevanović Z. (2009): Karst groundwater use in the Carpathian-Balkan region. In: Global Groundwater Resources and Management (ed. B. Paliwal). Scientific Publishers, Jodhpur pp.429-442
24. Stevanović Z., Hajdin B., Polomčić D., Bajić D. (2009): Elaborat o rezervama podzemnih voda izvorišta „Vić Bare” u Zabrežju za vodosnabdevanje Obrenovca. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
25. Stevanović, Z. Hajdin B., Ristić Vakanjac V., Dokmanović P., Milanović S., Petrović B., (2010): Bilans podzemnih voda u Srbiji (Ocena rezervi podzemnih voda Srbije i mogućnosti regulacije izdani), God. izv. za grupu Strateških projekata Min. ŽSRPP i Direkcije za vode Srbije real. od RGF, IJČ i GIS, Fond. str. dok. RGF, Beograd
26. Stevanović Z., Kozák P., Lazić M., Szanyi J., Polomčić D., Kovács B., Török J., Milanović S., Hajdin B. and Papic P. (2011) Towards sustainable management of transboundary Hungarian – Serbian aquifer. In: Transboundary Water Resources Management: A Multidisciplinary Approach, 1 Ed. (eds. Ganoulis J., Aureli A. and Fried J.). Wiley-VCH Verlag. pp. 143-149
27. Tomić V. (2006), Regulacija kraške izdani u Nepričavi kod Lajkovca, Geološki Institut Srbije, Beograd
28. UN ECE (2007). Our waters: joining hands across borders-First Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters, UN ECE, Geneva