

Analiza režima Velike Morave i podzemnih voda formiranih u njenom aluvijonu

Jovana Mladenović, Vesna Ristić Vakanjac, Jugoslav Nikolić, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Boris Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Analiza režima Velike Morave i podzemnih voda formiranih u njenom aluvijonu | Jovana Mladenović, Vesna Ristić Vakanjac, Jugoslav Nikolić, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Boris Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić | Proceedings of the XVI Serbian Symposium on Hydrogeology, Zlatibor, Serbia, 28. September - 02. October, 2022 | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007188>

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

HG

XVI SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



ZLATIBOR
28. septembar - 02. oktobar
2022. godine



XVI SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:

Doc. dr Ana Vranješ

TIRAŽ:

100 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafolik, Beograd

GODINA IZDANJA: 2022.

Na 12/19-oj, sednici Departmana za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVI srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je utvrđena saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 30.12.2019.

Naslovna strana: Sušičko vrelo, Zlatibor

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (16 ; 2022 ; Златибор)
Zbornik radova / XVI Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim
učešćem, Zlatibor 28. septembar - 02. oktobar 2022. godine ; [urednik Ana
Vranješ]. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2022
(Beograd : Grafolik). - [18], 514 str. : ilustr. ; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi ćir.i lat. -
Tiraž 100. - Str. [5-6]: Uvodna reć / Dejan Milenić. - Abstracts. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-380-4

a) Хидрогеологија - Зборници b) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 74364937

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsednik:

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.

Doc. dr Ljiljana Vasić, dipl. inž.

Dr Tanja Petrović Pantić, dipl. inž.

Natalija Radosavljević, mast. inž.

Velizar Nikolić, dipl. inž.

Vukašin Vučević dipl.inž.

Andrej Pavlović, dipl. inž.

Dejan Drašković, dipl. inž.

Branko Ivanković, dipl. inž.

Nenad Toholj, dipl. inž.

Boban Jolović, dipl. inž.

Uroš Jurošević, dipl. inž.

NAUČNI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.

Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

Prof. dr Vladimir Živanović, dipl.inž.

Prof. dr Dragoljub Bajić, dipl. inž.

Doc. dr Jana Štrbački, dipl.inž

Doc. dr Saša Milanović, dipl. inž.

Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.

Prof. dr Milan Radulović, dipl. inž.

Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž

Doc. dr Nenad Marić, dipl. inž.

Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.

PROGRAMSKO-UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Prof. dr Nevenka Đerić, dipl. inž.

Doc. dr Ana Vranješ, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

POKROVITELJ:

REHAU d.o.o.

SPONZORI:

Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

BeoGeoAqua d.o.o.

Opština Čajetina

Turistička organizacija Opštine Brus

Hotel Zlatibor Mountain Resort&Spa

Knjaz Miloš

DONATOR:

Gold Gondola

Ibis-Inženjering

ANALIZA REŽIMA VELIKE MORAVE I PODZEMNIH VODA FORMIRANIH U NJENOM ALUVIJONU ANALYSIS OF THE VELIKA MORAVA REGIME AND GROUNDWATER FORMED IN ITS ALLUVIUM

Jovana Mladenović¹, Vesna Ristić Vakanjac², Jugoslav Nikolić³, Dušan Polomčić⁴, Dragoljub Bajić⁵, Boris Vakanjac⁶, Marina Čokorilo Ilić⁷

1 Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: g73-18@rgf.bg.ac.rs

2 Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs

3 Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Kneza Višeslava 66, 11000, Beograd, E-mail: jugoslav.nikolic@hidmet.gov.rs

4 Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: dusan.polomcic@rgf.bg.ac.rs

5 Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: dragoljub.bajic@rgf.bg.ac.rs

6 Vojnogeoografski institut, Mije Kovačevića 5, 11000 Beograd. E-mail: borivac@gmail.com

7 Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: marina.cokorilo@rgf.bg.ac.rs

APSTRAKT: Velika Morava nastaje spajanjem Južne i Zapadne Morave kod Stalaca i njena dužina toka od formiranja do ušća u Dunav iznosi 245 km. Ukupna slivna površina ove reke zajedno sa njenim sastavnicama iznosi od 37.444 km² što je teritorijalno oko 42% Republike Srbije čineći ovu reku njenim glavnim drenom. Na profilu ušća u Dunav kod Smedereva prosečni proticaj Morave iznosi od oko 300 m³/s. Protiče centralnim delom Srbije, najplodnijim zemljištem kao i najgušće naseljenim delovima naše zemlje. Vodospredavanje stanovništva ovog dela Srbije se vrši na račun podzemnih voda formiranih u okviru aluvijalnih naslaga Velike Morave. Pored industrije, razvijena je poljoprivredna proizvodnja a u priobalnom delu ove reke vrši se i intenzivna eksploatacija šljunka i peska koja je u delu oko Ljubičevskom mosta uzrokovala produbljenje korita u iznosu od čak 4 metra. Ovo je za posledicu imalo sniženje apsolutnih kota nivoa ove reke u profilu Ljubičevski most. Kako su podzemne vode u hidrauličkoj vezi sa Velikom Moravom, kao posledica iznetog se javilo i sniženje nivoa u bunarima. U radu će biti dat prikaz analize nizova vodostaja reke i nivoa podzemnih voda osmotrenim u profilu Ljubičevski most, zatim Žagubički most i Bagrdan.

ključne reči: hidrologija, režim površinskih voda, režim podzemnih voda, Velika Morava

ABSTRACT: Velika Morava is formed by merging the South and West Morava near Stalac and its length from the formation to the mouth of the Danube is 245 km. The total catchment area of this river together with its components is 37,444 km², which is territorially about 42% of the Republic of Serbia, making this river main drain. On the profile of the confluence with the Danube near Smederevo, the average flow of the Morava is about 300 m³/s. It flows through the central part of Serbia, the most fertile land as well as the most densely populated parts of our country. Water supply of the population of this part of Serbia is done at the exploitation of groundwater formed within the alluvial deposits of Velika Morava. In addition to industry, agricultural production has been developed, and in the coastal part of this river, intensive exploitation of gravel and sand is being carried out, which in the part around the Ljubičevski bridge caused the deepening of the riverbed in the amount of as much as 4 meters. This resulted in a decrease in the absolute elevation of the level of this river in the profile of the Ljubičevski bridge. As the groundwater is in hydraulic connection with Velika Morava, as a consequence of the above, the level in the wells decreased. The paper will present an analysis of the series of river water levels and groundwater levels observed in the profile Ljubičevski most, then Žagubički most and Bagrdan.

Key words: hydrology, surface water regime, groundwater regime, Velika Morava.

UVOD

Velika Morava je najveća srpska reka koja nastaje spajanjem Južne i Zapadne Morave kod Stalaća. Pripada crnomorskom slivu, uliva se u Dunav kod Smedereva. Njena dužina iznosi 185 km, dok je dužina 493 km sa dužom pritokom, Zapadnom Moravom. Takođe sliv Velike Morave zauzima veliku površinu od 6.126 km², ukupna površina celog moravskog sistema je 37.444 km². Desne pritoke su: Jovanovačka reka, Crnica, Ravanica, Resava i Resavčina, Jezava sa Raljom, a leve: Lugomir, Belica, Osaonica, Lepenica, Rača i Jasenica.

Prvenstveno su se na njenoj obali i njenim pritokama razvili veći gradovi i sela kao što su Smederevo, Požarevac, Velika Plana, Paraćin, Jagodina, Batočina i sela Lozovik, Varvarin, Miloševac, Veliko Orašje itd. Njen aluvion, koji je vrlo plodan, se iskorišćava za veliki broj grana poljoprivrede ali takođe i za eksploataciju materijala za građevinarstvo, tačnije peska i šljunka. Postojeća eksploatacija na više načina može uticati na geometriju poprečnih profila rečnih tokova kao i na sam režim nivoa površinskih i podzemnih voda.

Hidraulička veza između podzemnih i površinskih voda kod reka postoji ukoliko ne postoji kolmatacija rečnog korita. Tokom poplavnog talasa kada nivo voda u reci naglo poraste dolazi do prihranjivanja izdani na račun površinskih voda. Drugi slučaj je kada nivo vode u reci tokom sušnih perioda opadne i bude na hisprometrijski nižoj koti od nivoa podzemnih voda, tada se prihranjivanje reke vrši uglavnom na račun podzemnih voda (Vakanjac, 2018).

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Podaci koji se koriste u radu su preuzeti od Republičkog hidrometeorološkog zavoda, institucije koja vrši monitoring na površinskim tokovima (merenje vodostaja, proticaja, poprečnih profila, nanosa u profilima, itd.) i vrši monitoring podzemnih voda (merenje dubine do nivoa podzemnih voda u pijezometrima i pojedinih parametara kvaliteta podzemnih voda). Osmatranja vodostaja se uglavnom vrši uz pomoć vodomernih letvi i limnigrafa, a u pojedinim profilima su uspostavljena i automatska osmatranja sa digitalnim zapisom promene vodostaja. Merenje proticaja se vrši hidrometrijskim merenjem u profilima od interesa i to do 10-20 puta godišnje, sa ciljem da se ceo dijapazon promene vodostaja pokrije. Monitoring podzemnih voda se vrši nivomerom svakih 5 ili 10 dana u pijezometrima. Automatski dajveri su postavljeni od 2002. godine za osmatranje promene nivoa podzemnih voda.

Između dva svetska rata je otpočelo sa monitoringom na Velikoj Moravi tako da postoje arhivirani podaci o vodostajima u vremenskom intervalu od skoro 100 godina. Tabela 1 pokazuje postojeće vodomerne profile na Velikoj Moravi i u okviru kojih se meri proticaj i vodostaj.

Monitoring podzemnih voda u aluvijonu Velike Morave je uspostavljen krajem 70-tih i 80-tih godina. Već je rečeno da se merenja nivoa podzemnih voda vrše na svakih 5 ili 10 dana, a od 2002. godine izbušeni su novi pijezometri u okviru koji su postavljeni automatski dajveri koji vrše digitalne zapise promene nivoa podzemnih voda u svakom trenutku. Tabela 2 predstavlja podatke o starim pijezometrima iz kojih su uzeti podaci. Na karti (slika 1) je dato kako izgleda prostorni položaj stanica i pijezometra.

Tabela 1. Osnovni podaci aktivnih hidroloških stanica na Velikoj Moravi (podaci preuzeti od RHMZ-a)

Table 1. Basic data of active hydrological stations on Velika Morava (data taken from RHMZ)

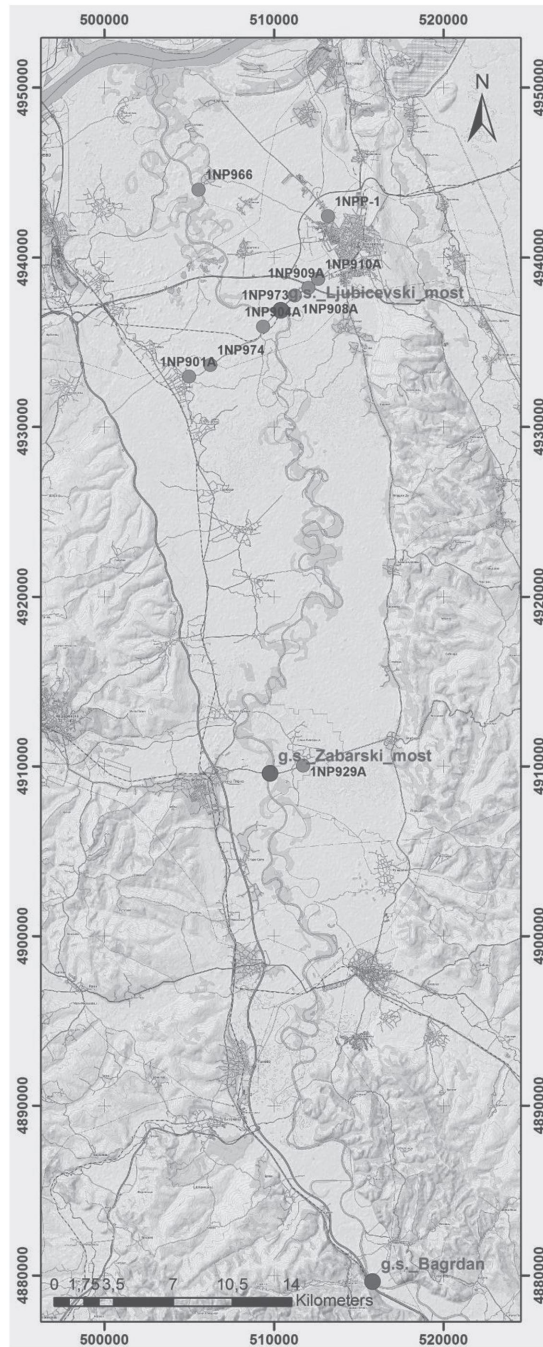
RB	Stanica	Reka	Godina osnivanja	Kota "0" (m _{mnv})	Udaljenost od ušća (km)	Površina sliva (km ²)
1	Varvarin	Velika Morava	1924	126.13	177.22	31548
2	Čuprija	Velika Morava	1923	112.49	145.41	32561
3	Bagrdan	Velika Morava	1952	100.94	118.57	33446
4	Žabarski most	Velika Morava	1935	87.37	72.15	35496
5	Ljubičevski most	Velika Morava	1923	73.42	21.75	37320

Tabela 2. Osnovni podaci pijezometra postavljenih u aluvijonu Velike Morave čiji podaci su korišćeni za izradu ovog rada (podaci su preuzeti od RHMZ-a)

Table 2. Basic data of piezometers placed in the alluvium of Velika Morava, the data of which were used for the preparation of this paper (data taken from RHMZ)

RB	Pijezometar	Godina osnivanja	Udaljenost od reke (km)	X koordinata	Y koordinata	Kota "0" (m _{mnv})	Dubina (m)
1	1NP904A	1.04.1988.	0.91	4936914	7509794	79.81	16
2	1NP974	1.08.1977.	1.54	4934636	7506681	78.72	9.2
3	1NP901A	1.07.1987.	0.2*	4933941	7505427	78.37	14.1
4	1NP966	1.10.1977.	0.09	4944990	7505988	75.31	11.5
5	1NP973	1.01.1978.	0.03	4937900	7510950	80.45	9.2
6	1NP908A	1.07.1987.	1.16	4938752	7511669	78.18	13.73
7	1NP909A	1.07.1987.	2.01	4939200	7512475	78.06	11.05
8	1NP910A	1.07.1987.	2.83	4939725	7513050	77.75	11.21
9	1NPP-1	1.04.2002.	6.42	4943425	7513625	78.8	21
10	1NP929A	1.07.1987.	1.71	4911009	7512157	93.26	12.3

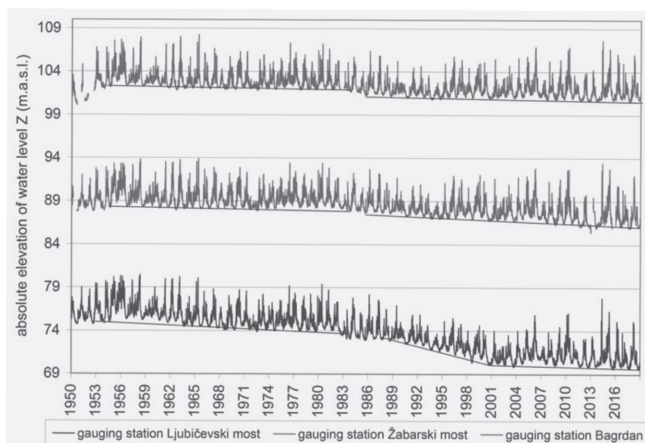
Napomena: * Udaljenje se odnosi na reku Jezavu, prva tri se odnose na pijezometre koji se nalaze sa levej obali, preostali pijezometri se nalaze na desnoj obali Velike Morave.



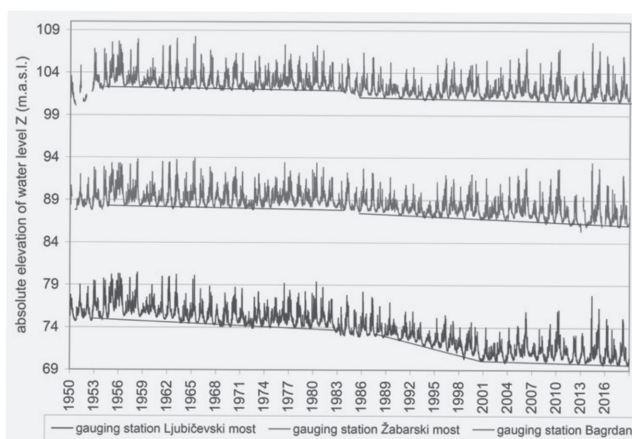
Slika 1. Prostorni položaj hidroloških stanica i osmatračkih pijezometra
Figure 1. Position of the gauging stations and observation wells.

ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

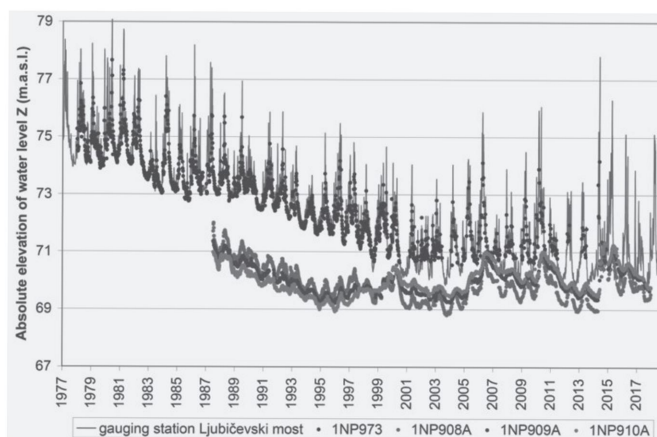
Odrađena je analiza podataka za period od 1950-2017 godine. Na osnovu tih podataka na slici 2. je dat uporedni dijagram srednje dnevni vodostaja na hidrološkim stanicama Bagrdan, Žabarski most i Ljubičevski most, a na slici 3. je uporedni hidrogram Velike Morave reporni za hidrološku stanicu Bagrdan i Ljubičevski most. Za potrebe analize uticaja režima Velike Morave na podzemne vode, na slici 4. su dati nivogrami apsolutnih kota nivoa vode Velike Morave i pijezometri koji se nalaze na desnoj obali i na slici 5. koji se nalaze na levoj obali.



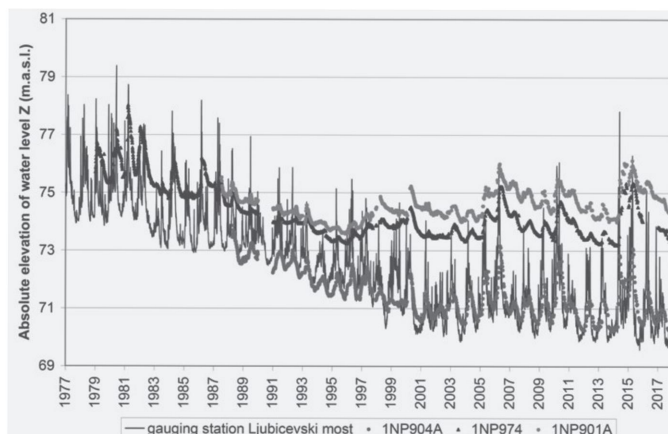
Slika 2. Uporedni dijagrami apsolutnih kota nivoa Velike Morave osmotrenih u profilima Ljubičevski most, Žabarski most i Bagrdan za osmatrački period od 1950-2017
Figure 2. Absolute elevations of the Velika Morava water levels at Ljubičevski Most, Žabarski Most and Bagrdan (1950-2017)



Slika 3. Uporedni hidrogrami Velike Morave osmotrenih u profilima Ljubičevski most i Bagrdan za osmatrački period od 1950-2017 godine
Figure 3. The Velika Morava hydrographs at Ljubičevski Most and Bagrdan (1950-2017)



Slika 4. Uporedni dijagrami apsolutnih kota nivoa Velike Morave osmotrenih u profilu Ljubičevski most i pijezometra koji se nalaze na desnoj obali, za osmatrački period od 1977-2017 godine
Figure 4. Absolute elevations of the Velika Morava water levels at Ljubičevski Most and groundwater levels at observation wells on the right bank (1977-2017)



Slika 5. Uporedni dijagrami apsolutnih kota nivoa Velike Morave osmotrenih u profilu v.s. Ljubičevski most i pijezometara koji se nalaze na levoj obali, za osmatrački period 1977-2017 godine
Figure 5. Absolute elevations of the Velika Morava water levels at Ljubičevski Most and groundwater levels at observation wells on the left bank (1977-2017)

Na osnovu uporednog dijagrama apsolutnih kota nivoa vode Velike Morave (slika 2) može se uočiti da dolazi do manje promene režima na prva dva profila tokom početka 80-tih, dok je najizraženija na vodomernom profilu Bagrdan. To izmeštanje je vršeno tokom 1980. i 1981. godine zbog izgradnje deonice auto puta E75 Batočina-Čuprija.

Druga značajna promena je na nivogramu Ljubičevski most (slika 4) koja je vezana za period od 20 godina (od početka 80-tih do početka 2000-ih). Tada dolazi do produbljivanja rečnog korita Velike Morave u profilu Ljubičevski most, zbog preintenzivne eksploatacije peska i šljunka. Tokom 80-tih godina je došlo do sniženja od oko 1 m, što može biti rezultat ne samo eksploatacije, već i pomenutog izmeštanja rečnog korita u profilu Bagrdan. Tokom 90-tih godina Srbiju su pogodile inflacije što je dovelo do intenzivnijeg nekontrolisane i nelegalne eksploatacije šljunka i peska. To znači da u profilu Ljubičevski most došlo do produbljivanja korita, pa samim tim i smanjenje nivoa reke Velike Morave u iznosu od 5 m u periodu od 1980-2000 godine. Dakle, sinhrono sa produbljivanjem korita Velike Morave došlo je i do spuštanja nivoa podzemnih voda, što je dovelo do toga da su plići bunari presušili, a rezerve podzemnih voda su umanjene. Kao posledica ovoga, prisutna koncentracija nitrata u podzemnim vodama koja je do 1990. godine bila uvek ispod MDK, nakon produbljivanja korita Velike Morave i obaranja nivoa podzemnih voda, koncentracije nitrata su skočile i imale vrednosti preko MDK što je uticalo na vodosnabdevanje stanovništva ovog dela Srbije.

ZAKLJUČAK

Štetno dejstvo nekontrolisane i nelegalne eksploatacije šljunka i peska u periodu od 1980-2000. godine i produbljivanje rečnog korita je imalo trajne posledice na režim Velike Morave i podzemnih voda u delu Ljubičevski most. Ovo sniženje u iznosu od preko 4 m dovelo je do promene smera kretanja podzemnih voda, odnosno dovelo je do toga da udaljeniji pijezometri imaju nivo podzemnih voda na višim kotama u odnosu na nivo u pijezometrima koji su bliži Velikoj Moravi. Tokom poslednjih 20 godina, čak su tokom kišnih perioda kote nivoa udaljenih pijezometara više i od kota nivoa voda Velike Morave (desna obala). Opadanje nivoa podzemnih voda uticalo je na smanjenje rezervi ovih voda, koja zajedno sa promenom smera kretanja podzemnih voda je imala za posledicu pogoršanje kvaliteta vode za piće u gradu Požarevcu, tačnije povećane su koncentracije nitrata. Na levoj obali, prihranjivanje podzemnih voda je bilo na račun reke Jezave i Velike Morave (u zavisnosti od hidrološkog stanja pomenutih reka). Nakon produbljivanja korita Velike Morave, nivo podzemnih voda u pijezometrima koji se nalaze na distanci većoj od 1.5 km samo tokom ekstremno velikih vodostaja reke Morave imaju kotu nivoa podzemnih voda nizu od Velike Morave, odnosno u ovom delu, podzemne vode se prihranjuju na račun voda reke Jezave.

Literatura:

- POPOVIĆ LJ., POPOVIĆ Z, RISTIĆ VAKANJAC V., VAKANJAC B., MANDIĆ M., 2016: Trenutno stanje i moguće posledice nekontrolisane eksploatacije šljunka po životnu sredinu i vodosnabdevanje- primer Velike Morave, XV Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, pp. 435-440, Kopaonik, Srbija
- VAKANJAC, B., 2018: Eksploatacija šljunka i uticaj na vodne resurse, Zbornik radova sa nacionalne konferencije sa međunarodnim učešćem: Ekoremedijacija i ekonomska valorizacija vodnih resursa- modeli i primena. Fakultet za primenu ekologiju Futura, Univerzitet Singidunum, str 57-62, ISBN:978-86-86859-57-0