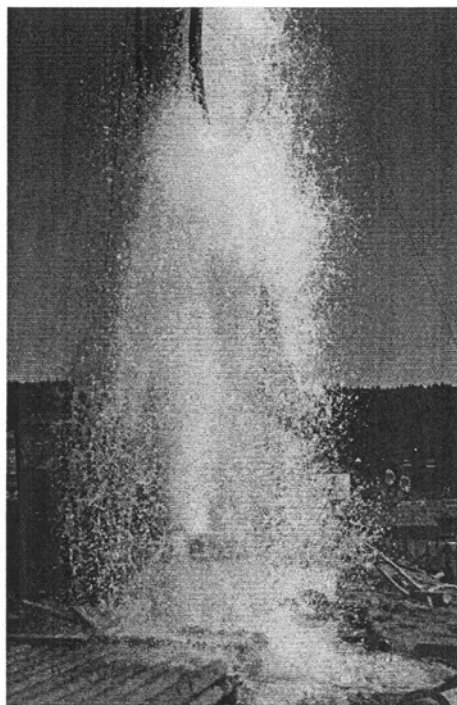


UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



KOPAONIK- GRAND HOTEL & SPA
14-17. septembar 2016. god



ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Generalni sekretar i sekretar organizacionog i naučnog odbora:

dr Ana Vranješ, dipl. inž.

Članovi:

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Prof. dr Olivera Krunić, dipl. inž.</i> | 9. Dejan Drašković, dipl. inž. |
| 2. <i>Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.</i> | 10. Ivan Đokić, dipl. inž. |
| 3. <i>Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.</i> | 11. Branko Ivanković, dipl. inž. |
| 4. <i>Dr Vladimir Beličević, dipl. inž.</i> | 12. Zorica Vukićević, dipl. inž. |
| 5. <i>Dr Adam Dangić, dipl. inž.</i> | 13. Milan Radulović, dipl. inž. |
| 6. Mihajlo Mandić, dipl. inž. | 14. Uroš Urošević, dipl. inž. |
| 7. Velizar Nikolić, dipl. inž. | 15. Zoran Radenković, dipl. inž. |
| 8. Dragan Mitrović, dipl. inž. | |

NAUČNI ODBOR:

Predsednik:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Članovi:

- | | |
|---|--|
| 1. <i>Prof. dr Nenad Banjac, dipl. inž.</i> | 12. <i>Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.</i> |
| 2. <i>Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.</i> | 13. <i>Dr Milenko Vasiljević, dipl. inž.</i> |
| 3. <i>Prof. dr Nadežda Dimitrijević, dipl. inž.</i> | 14. <i>Prof. dr Vojislav Tomić, dipl. inž. (u penziji)</i> |
| 4. <i>Prof. dr Borivoje Mijatović, dipl. inž.</i> | 15. <i>Prof. dr Ivan Matić, dipl. inž. (u penziji)</i> |
| 5. <i>Prof. dr Milan Dimkić, dipl. inž.</i> | 16. <i>Prof. dr Slobodan Vujasinović, dipl. inž. (u penziji)</i> |
| 6. <i>Prof. dr Mićko Radulović, dipl. inž.</i> | 17. <i>Dr Metka Petrič, dipl. inž.</i> |
| 7. <i>Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.</i> | 18. <i>Dr Tamara Marković, dipl. inž.</i> |
| 8. <i>Prof. dr Milojko Lazić, dipl. inž.</i> | 19. <i>Prof. dr Neđo Đurić, dipl. inž.</i> |
| 9. <i>Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.</i> | 20. <i>Dr Konstantin Jovanović, dipl. inž.</i> |
| 10. <i>Prof. dr Milenko Pušić, dipl. inž.</i> | 21. <i>Jugoslav Nikolić, dipl. inž.</i> |
| 11. <i>Prof. dr Petar Papić, dipl. hem.</i> | |

UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednici:

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.

Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

Nenad Toholj, dipl. inž.

Boban Jolović, dipl. inž.

Spasoje Glavaš, dipl. inž.

Ivana Demić, dipl. inž.

Žarko Veljković, dipl. inž.

Andrej Pavlović, dipl. inž.

Milan Vukićević, dipl. inž.

XV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7, Beograd

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Dušan Polomčić, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Dr Ana Vranješ, dipl.inž
Milan Vukićević, dipl.inž
Sonja Drobac

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafolik, Beograd 2016.

Naučno-nastavno veće Rudarsko-geološkog fakulteta na sednici održanoj 18.06.2015. dalo je saglasnost za organizovanje XV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem u organizaciji Departmana za hidrogeologiju.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (15; 2016; Копаник)
Зборник радова / XV Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем, Копаник 14-17. септембар
2016. године. - Београд : Универзитет, Рударско-геолошки факултет, 2016 (Београд : Графолик).
- [22], 690 стр. : илустр.; 30 cm

На врху насл. стр.: Департаман за хидрогеологију. - Радови ћирилицом. -
Тираж 150. - Стр. [5-6]: Уводна рећ организатора / Дејан Миленић, Зоран Стевановић. - Abstracts. - Библиографија уз
сваки рад.

ISBN 978-86-7352-316-3

а) Хидрогеологија - Зборници б) Снабдевање водом - Зборници
COBISS.SR-ID 225745420

HIDROGEOLOGIJA ŽIVOTNE SREDINE

Zoran Nikić, Petar Dokmanović, Nenad Marić

- Specifičnosti hidrogeoloških uslova terena Visok kraj i njihov
uticaj na režim proticaja Visočice (istočna Srbija)..... 389

Milorad Kličković

- Rezultati hidrogeoloških istraživanja vrela Kravlje kod Niša..... 395

Branislav Petrović, Veljko Marinović

- Ocena prirodne ranjivosti podzemnih voda karstne izdani Suve planine.... 401

Marina Čokorilo Ilić

- Hidrološke i hidrogeološke specifičnosti reke Zalomke
(istočna Hercegovina)..... 407

Zdravko Pantelić

- Hidrohemijske karakteristike karstnih vrela Pešterske visoravni..... 413

**Tanja Petrović Pantić, Jovana Nikolov, Milan Tomić, Tamara Marković,
Nataša Todorović**

- Primena izotopskih analiza pri proučavanju podzemnih voda Vojvodine.... 419

**Dejan Drašković, Dušan Polomčić, Slavko Špadijer, Ivana Đinđić,
Tijana Vinčić, Ivana Obradović, Ljupka Mrkonja**

- Metodologija istraživanja za potrebe zaštite izvorišta vodosnabdevanja
grada Čačka i mogućnost usklađivanja sa
važećim zakonskim regulativama..... 425

Vojislav Tomić

- Prilog poznavanju vodoprovodnosti stena
sa pukotinskom strukturom poroznosti..... 431

**Ljiljana Popović, Zoran Popović, Vesna Ristić Vakanjac,
Boris Vakanjac, Marijana Mandić**

- Trenutno stanje i moguće posledice nekontrolisane eksploatacije
šljunka po životnu sredinu i vodosnabdevanje - primer Velike Morave..... 435

**СПЕЦИФИЧНОСТИ ХИДРОГЕОЛОШКИХ УСЛОВА ТЕРЕНА
ВИСОК КРАЈ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА РЕЖИМ ПРОТИЦАЈА
ВИСОЧИЦЕ (ИСТОЧНА СРБИЈА)
THE SPECIFICITY OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF
THE VISOK KRAJ TERRAIN AND ITS INFLUENCE ON THE
VISOČICA RIVER FLOW REGIME (EASTERN SERBIA)**

Зоран Никић¹, Петар Докмановић², Ненад Марић¹

¹Универзитет у Београду Шумарски факултет, Одсек за Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса. 11030 Београд, Кнеза Вишеслава 1. е-маил: zoran.nikic@sfb.bg.ac.rs;

²Универзитет у Београду Рударско-геолошки факултет, Департман за хидрогеологију. 11000 Београд, Ђушина 7.

АПСТРАКТ: Сливе Височице простире се, мањим делом, на подручју западне Бугарске, а већим, на простору источне Србије. Има изразито асиметрично сливно подручје, са левом долином страном на уској и стрмој североисточној падини Видлича, док десна обухвата пространу југозападну падину Старе планине, блажег пада. У геолошкој грађи десне долине стране учествују и карстификовани кречњаки средњег тријаса, који су откривени дуж целе долине стране, у виду релативно узаног појаса. Низводно од зоне средњотријаских карстификованих кречњака, десне притоке Височице делимично пониру. Анализиран је утицај сложених хидрогеолошких услова на просторну и временску прерасподелу вода у сливу Височице за период 1991-2013. година. Констатовано је да је Височица, током летњих рецесионих периода, бивала без протицаја и дуже од 120 дана, а да се низводни стални ток успоставља тек након састава са Дојкиначком реком, њеном највећом десном притоком. Резултати потврђују да је познавање геолошке грађе, хидрогеолошких услова и хидрогеолошке вододелнице у карстним теренима од пресудног значаја за тумачење режима протицаја и одрживо управљања водним ресурсима.

Кључне речи: слив; карст; протицај; хидрогеолошка вододелница; Височица.

ABSTRACT: Visočica river basin extends, to a lesser extent, in western Bulgaria, while its major part is in eastern Serbia. It is featured by remarkably asymmetric catchment area, with steep left side on the north-east slope of Vidlič mountain and gentle and spacious north side on the south-west slope of Stara planina mountain. The geological structure of the right side of the valley is made of karstified Upper Triassic limestones, which form relatively narrow belt along the valley side. Downstream of the zone of karstified Upper Triassic limestones, the right tributaries of Visočica partly sink. The influence of complex hydrogeological conditions on the spatial and temporal distribution of water in the Visočica river basin has been analyzed for the period 1991-2013. It was noted that during summer recession period, Visočica does not flow even more than 120 days and that downstream flow exists only after merging with Dojkinačka reka, its largest right tributary. The results obtained confirm the crucial importance of knowledge of geology and hydrogeology and defining hydrogeological watershed in karst terrains, for proper interpretation of water regime as well as for sustainable water management.

Key words: river basin; karst; river flow; hydrogeological watershed; Visočica.

УВОД

Височица је десна притока Темштице и припада сливу Нишаве. Њен слив се простире, мањим делом, на подручју западне Бугарске, а већим на простору источне Србије. Конвенционално је гледиште да је извориште Височице у Бугарској, док је став Јована Цвијића (1896) био да је њено извориште у сливу Дојкиначке реке, која се сматра десном притоком Височице. Атрактивност ове проблематике огледа се и у следећим чињеницама: 1) Височица пресушује, а Дојкиначка река не, 2) за Височицу површина слива и дужина главног тока до Височке Ржане су већи, док је протицај мањи, у односу на исте параметре Дојкиначке реке.

У оквиру спроведених истраживања, прикупљени су и анализирани релевантни метеоролошки, хидролошки, геолошки, хидрогеолошки и геоморфолошки подаци, при чему је посебна пажња посвећена интерпретацији геолошке грађе и (проистеклих) специфичних хидрогеолошких услова истражног подручја.

ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживани део слива Височице, обухвата подручје узводно од насеља Височка Ржана, до државне границе са Бугарском. Ограничено је према североистоку билом Старе планине од врха Сребрна глава (1932 m н.м.) до врха Вражја глава (1934 m н.м.), према западу, вододелницом која спаја планинске врхове Старе планине од Вражје главе, на северу, преко Браткове стране (1943 m н.м.), Паклешки врх (1301 m н.м.), лимниграфа у кориту Височице код моста у насељу Височка Ржана (685 m н.м.), па до врха Гувниште (1413 m н.м.), на југу, који припада планини Видлич. Према југозападу граница подручја истраживања пружа се планинским билом Видлича од врха Обешеник (1195 m н.м.) до врха Видлич (1115 m н.м.), а према истоку дуж међудржавне границе Србије и Бугарске, на потезу од врха Видлич на југу до врха Сребрна глава, на северу. Удаљено је око 35 km југоисточно од Пирота.

Генерални пад терена је према северозападу, чиме је условљен и смер тока Височице од југоистока (из Бугарске) према северозападу (ка Србији). Најисточнији крак Височице настаје у Бугарској, на јужним падинама Старе планине у подножју врхова Сребрна глава (1932 m н.м.) и Ком (2016 m н.м.), у области Беровских планина, спајањем Брлске и Црне реке. Формирани водоток тече ка југу, а код села Комштица (у Бугарској), скоро под првим углом скреће на запад, према оближњој српско-бугарској граници. На делу тока кроз Бугарску прима мање притоке и то: с леве долињске стране Камарску и Куратску реку, а са десне Средну и Рановштицу (Hristova, 2010).

На територију Републике Србије, Височица улази код села Доњи Криводол. На простору од државне границе са Бугарском па до Височке Ржане, истраживани део слива је изразито асиметричан. Лева долињска страна развијена је на североисточним падинама планине Видлич, а десна на југозападним падинама Старе планине. Лева долињска страна је уска, веома стрма и без сталних водотокова који се уливају у Височицу. За разлику од леве, десна долињска страна је са блажим падом, пространа, разуђена и са више асцендентних водотока – притока Височице.

Део југозападне падине Старе планине који се простире од Височице у Бугарској (на истоку), до Дојкиначке реке (на западу) у Србији, познат је под називом Висок крај и одликује га изражена рашчлањеност рељефа: високи планински врхови, дубоке долине и бројне стрме или благе падинске стране. На подручју истраживања коте терена су у распону од око 690 m н.м. (насеље Височка Ржана) па до 1963 m н.м. (врх Копрен, Стара планина), односно 2016 m н.м. (врх Ком, Стара планина; у Бугарској).

МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Теренска истраживања обухватала су геолошко, хидрогеолошко, геоморфолошко и хидролошко рекогносцирање, а на појединим локалитетима је спроведено детаљно геолошко-хидрогеолошко картирање. За генерално сагледавање геолошке грађе терена коришћена је ОГК СФРЈ 1:100 000, листови К 34-34 „Пирот“ и К 34-22 „Белоградчик“ и припадајући Тумачи.

Када су у питању падавине и протицаји, коришћени су подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗС) који су публиковани у Метеоролошком и Хидролошком годишњаку, за период 1991-2013. година. За анализу падавина прикупљени су подаци за кишомерне станице (КС) Дојкинци (880 m н.м.) и Височка Ржана (700 m н.м.). Хидролошка анализа базирана је на подацима о протицају са просторно најповољније постављених водомерних профила. За Височицу то је хидролошка станица (ХС) Браћевци (кота „0“ профила=747,07 m н.м., површина слива=227 km²), а за Дојкиначку реку је ХС Височка Ржана (кота „0“ профила=690,65 m н.м., површина слива=139 km²). ХС Браћевци је лоцирана на око 7 km узводно од састава с Дојкиначком реком, а ХС Височка Ржана, на око 0,3 km узводно од састава с Височицом (слика 1).

Разматрани су следећи хидро-метеоролошки параметри: средње суме падавина, месеци и количине са највећим и најмањим сумама падавина, на КС Височка Ржана и КС Дојкинци. Рачунати су средњи годишњи и средњи вишегодишњи речни протицаји, минимални годишњи протицаји, као и специфични отицаји Височице на ХС Браћевци и Дојкиначке реке на ХС Височка Ржана.

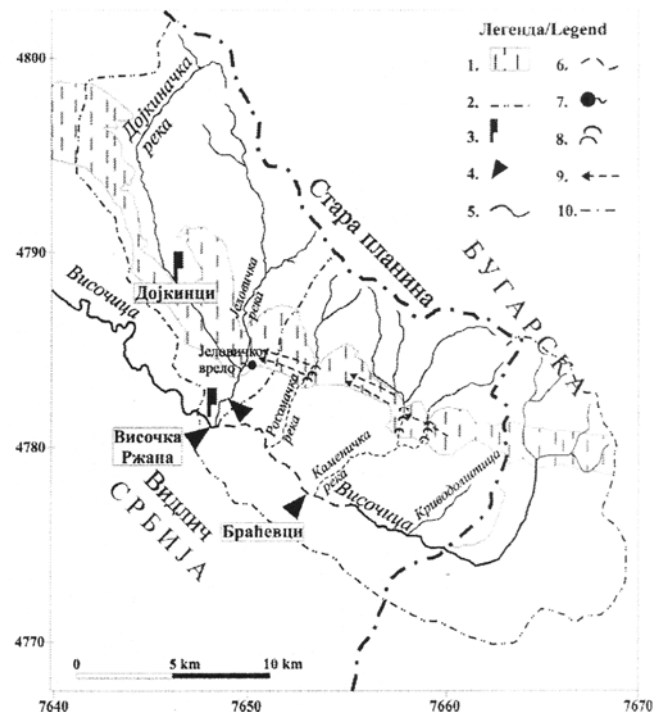
РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Геолошка грађа и хидрогеолошка својства терена- Изучавани део слива Височице граде стене прекамбријумске, мезозојске и квартарне старости. Кристалести шкриљци рифеј-камбријумске старости изграђују језгро простране антиклинале Старе планине (Анђелковић et al. 1975). Преко њих, дискордантно леже пешчари и конгломерати доњег тријаса, преко кога, конкордантно, лежи карбонатни комплекс средњег тријаса. Карактерише га смењивање пакета банака чистих, испуцалих и веома карстификованих кречњака, с доломитичним кречњацима, доломитима и крвавим кречњацима, нижег степена карстификованости (Анђелковић et al. 1975; Крстић et al. 1974). Просторно се јавља на приближно средишњем делу десне долинске стране Височице (слика 1). Промена литолошког састава нарочито се запажа западно од долине Дојкиначке реке, где кречњаци и доломити практично изостају, а доминирају песковити кречњаци, пешчари и лапорци (Никић, 2003). Доња јура лежи дискордантно преко средњег тријаса и представљена је конгломератима, пешчарима и глинцима. Седименти средње јуре представљени су кречњачким пешчарима и кварцим конгломератима, док у састав горње јуре улазе бројни варијетети кречњака: банковити, масивни, спрудни, детритични, оолитични, с крвама рожаца и лапоровити. Овај карбонатни комплекс је нижег степена скаршћености. Најмлађи мезозојски члан је флишни комплекс доње креде, изграђен од лапоровитих и песковитих кречњака, карбонатних пешчара, лапораца и глинаца (Анђелковић et al. 1975; Крстић et al. 1974). Најмлађе, квартарне стене представљене су алувијалним и падински творевинама.

Од посебног значаја су специфичности геолошке грађе и хидрогеолошких услова, обе долинске стране Височице. Лева долинска страна веома је стрма и уска (слика 1). На овом простору су, преко флиша доње креде, који је у основи, из правца југозапада тектонски навучени кречњаци горње јуре. Ови кречњаци су веома карстификовани и са бројним вртачама које читавом крају дају изглед типично богињавог карста (Никић, 2003). Флиш доње креде (преко кога су навучени кречњаци горње јуре) је водонепропусан и са падом према југозападу, тј. од долине Височице према Пиротској котлини. Због тога, атмосферске падавине излучене на карст Видлица не доприносе њеном протицају. Ифилтриране воде подземно отичу ка Пиротској котлини и врелима Протопоинци и Крупац (Чубриловић & Никић, 1999), због чега на левој долинској страни Височице нема сталних притока.

За разлику од леве, десна долинска страна је пространа и са знатно мањим падом. Све седиментне серије имају благи пад, ретко већи од 20° (Анђелковић et al. 1975; Крстић et al. 1974), због чега су хоризонталне пројекције и тањих геолошких формација изражене, а што је веома значајно са хидрогеолошког аспекта.

На десној долинској страни Височице, од свих геолошких чланова, једино кречњаци средњег тријаса имају значајну (карстно-пукотинску) порозност, па је у њима формирана моћна издан са бројним карстним облицима и појавама са хидрогеолошком функцијом: врела, понори, понорске зоне (Никић, 2003). Прихрањивање ове издани је већим делом на рачун понирања речних вода, а мањим на рачун инфилтрације атмосферских падавина, излучених директно на откривени карст. Изворишне челенке десних алогених притока Височице (Криводолшtica, Каменичка река, Росомачка река, Дојкиначка река са притоком Јеловичка река) су непосредно испод била Старе планине (слика 1). Сливајући се низ планинску страну водотоци наилазе на терен који је изграђен од



Слика 1. Упростићена хидрогеолошка карта слива

Височице до хидролошке станице Височка Ржана

Легенда: 1-Кречњаци средњег тријаса; 2-Топографска вододелница; 3-Кишомер; 4-Водомерна станица; 5- Стални водоток; 6-Повремени водоток; 7-Јеловичко врело; 8-Зона понирања; 9-Претпостављени смер кретања подземних вода; 10-Државна граница.

Figure 1. Simplified hydrogeological map of Visočica basin up to the hydrometric station Visočka Ražana

Legend: 1-Middle-Triassic limestone; 2-Topographic watershed; 3-Pluviometer; 4-Hydrometric station; 5-Permanent river flow; 6-Periodical river flow; 7-Jelovicko spring; 8-Zone of infiltration; 9-Supposed direction of groundwater flow; 10-State boundary

карстификованих и испуцалих кречњачка средњег тријаса (слика 1). У коритима ових водотокова, развијене су понорске зоне и понори (Никић, 2003). Понирање се одвија током целе године, али је, током летњег рецесионог периода, укупан интезитет понирања такав, да дотекле воде у целости понире, па је низводни део речног корита сув и по неколико месеци. Овакво стање се директно одражава на смањење укупног, а посебно маловодног протицаја Височице (Никић et al. 2004). Све остале стенске масе, које учествују у грађи десне долинске стране Височице, претежно су слабо порозне и практично водонепропусне.

Падавине-За период 1991-2013. године, средње падавине на КС Дојкинци износе 634,1 mm, а на КС Височка Ржана 719,1 mm. Месеци с највећим просеком падавина на КС Височка Ржана су мај, са 84,7 mm (11,8% годишње суме) и јун са 72,7 mm (10,1% годишње суме), а са најмањим, март, са 46,8 mm (6,5%) и фебруар са 49,8 mm (6,9%). За КС Дојкинци, месеци са највећим просеком падавина су мај са 75,4 mm (12,1% годишње суме) и јун са 65,9 mm (10,6%), а са најмањим, март, са 30,5 mm (4,9%) и фебруар са 35,8 mm (5,7%). Највећа годишња сума падавина на к.с. Височка Ржана износила је 1015,7 mm (2009. године), а најмања 408,9 mm (2000), док су на КС Дојкинци, највеће падавине биле 962,2 mm (1995), а најмање 283,3 mm (2011) (Никић et al. 2016).

Режим протицаја и специфични отицај - Средњи годишњи протицај Височице на ХС Браћевци, са топографског слива површине 227 km², за период 1991-2013. година износи 1,65 m³/s, а Дојкиначке реке на ХС Височка Ржана, с топографског слива површине 139 km² износи 3,76 m³/s. Највећи средњи годишњи отицај Височице забележен је 2005. године и износио је 4,69 m³/s, када је средњи годишњи проток Дојкиначке реке био 5,97 m³/s. У години са најмањим протоком (1993), просек за Височицу био је 0,514 m³/s, а за Дојкиначку реку 2,35 m³/s. Највећи средњи годишњи проток Дојкиначке реке био је 2010. године и износио је 6,39 m³/s, када је просек за Височицу износио 3,99 m³/s. Најмањи просечни протицај Дојкиначке реке забележен је 1994. године и износио је 2,21 m³/s, када је проток Височице био 0,516 m³/s (Никић et al. 2016).

Анализа годишњих минималних протока Височице и Дојкиначке реке, за период 1991-2013. година, показује да су годишњи минимални протицаји Дојкиначке реке знатно већи, при чему је Височица у појединим годинама била и без протицаја, практично сува. Корито Височице на ХС Браћевци било је у континуитету без протицаја и дуже од 4 месеца (Никић et al. 2016). Обе реке имају релативно једноставан режим отицања, са изрженом влажном сезоном у пролеће, сушним периодом у лето и рану јесен, што указује на снежно-планински режим отицања (Благојевић et al. 2007).

Рачунат средњи годишњи специфични отицај за топографску површину слива који је одредио РХМЗ Србије (не за хидрогеолошко сливно подручје) за Височицу је 7,18 l/s/km², а Дојкиначке реке, 27,05 l/s/km². У анализираном периоду, вредности средње годишњег специфичног отицаја крећу се, за Височицу, у распону од 2,25 l/s/km² (1994) до 20,66 l/s/km² (2005), а за Дојкиначку реку, од 15,90 l/s/km² (1994) до 45,97 l/s/km² (2010). На оба водотока, знатно повећање специфичног отицаја бележи се почетком марта, а максимум је у априлу, као последица топљења снега и пораста количине падавина, док су температуре ваздуха још увек релативно ниске, а испаравање мало. Опадање специфичног отицаја бележи се на оба водотока, од маја до септембра, услед мањих количина падавина и повишене температуре ваздуха, које условљавају веће испаравање.

На оба водотока, резултати анализа средњих минималних и максималних специфичних отицаја показује исти годишњи ход као и код просечних вредности, са максимумом у априлу и минимумом у августу (табела 1). За Дојкиначку реку је исказан и секундарни тренд пораста специфичног отицаја од септембра месеца, док је у том периоду за Височицу често изостајање протицаја.

Занимљив је и однос између средње-годишњих минималних и максималних специфичних отицаја. За Височицу, ако се занемаре периоди без протицаја, овај однос је око 1:40, а за Дојкиначку реку око 1:9 (табела 1). Овај однос указује на изразито бујични карактер Височице, за разлику од Дојкиначке реке.

ДИСКУСИЈА

Кључ за правилно тумачење приказаних хидролошких параметара за Височицу и Дојкиначку реку јесте просторни положај и карстификованост средњотријаских кречњака на простору Висок крај. Хидрогеолошка улога ових кречњака је усмеравање карстних изданских вода из топографског слива Височице, у суседни слив Дојкиначке реке. Место дренирања карстно-пукотинске издани представља типичну карстну (разбијену) изворску зону са више врела и извора и налази се у топографском сливу Дојкиначке реке. Због обилних издашности током целе године, овај локалитет носи назив Врело. У зони Врела, најиздашније је Јеловичко врело (815 m н.м.), на левој долинској страни Јеловичке реке, око 300 m узводно од њеног ушћа у Дојкиначку реку. То је типично сифонско врело, узлазног типа, са потопљеним узлазним каналом максималне дубине истраживања 48 m (Милановић & Васић, 2015). Максимална издашност Јеловичког врела је око 4 m³/s, а минимална око 200 l/s. Понекад, у јесен, воде нагло престају да истичу током 1-2 дана, да би се, исто тако нагло, поново појавиле (Џвијић, 1896; Чубриловић, 1995). И у кориту Дојкиначке реке, на око 150 m узводно од састава с Јеловичком реком, такође постоји неколико јаких карстних врела чије се воде директно уливају у Дојкиначку реку. Највеће врело је Старопланинско око, чија је зона прихрањивања у топографском сливу Дојкиначке реке и чије су воде раније коришћене за потребе рибњака.

Табела 1. Карактеристичне величине специфичног отицаја ($l/s/km^2$) Височице и Дојкиначке реке за топографску површину слива за период 1991-2013. година

Table 1. Specific runoff ($l/s/km^2$) values of Visočica and Dojkinačka river for topographic catchment area (1991.-2013.)

Река, хидр. стан.	Р. Височица ХС Браћевци		Дојкиначка р. ХС Височка Ржана	
	Q _{min}	Q _{max}	Q _{min}	Q _{max}
Месец				
I	0,026	4,63	0,398	6,9
II	0,044	4,53	0,67	7,50
III	0,243	9,45	2,07	12,14
IV	1,01	11,20	3,78	17,05
V	0,503	9,87	2,26	14,98
VI	0,064	4,40	1,14	7,47
VII	0,000	3,40	0,433	4,85
VIII	0,000	6,96	0,235	7,61
IX	0,000	3,09	0,27	3,15
X	0,000	4,30	0,25	6,05
XI	0,000	5,94	0,297	10,72
XII	0,035	8,59	0,325	10,22
Сред.	0,16	6,36	1,01	9,05

Количине подземних вода које се јављају у карстној изворској зони Врело, јасно указују на постојање разлике између топографског и хидрогеолошког слива Дојкиначке реке. Имајући у виду резултат анализе протикаја Височице на ХС Браћевци и Дојкиначке реке на ХС Височка Ржана, као и геолошку грађу и хидрогеолошке услове терена, може се закључити следеће:

1) Алогене десне притоке Височице (Каменичка и Росомачка река са притокама) делом пониру по наиласку на терен изгрђена од карстификованих средњотријаских кречњака. Током летњег рецесионог периода често су ове притоке без протикаја низводно од зоне средњотријаских кречњака,

2) Ретардациона способност карстификованих средњотријаских кречњака доприноси задржавању вода и дозираном истицању подземних вода преко више врела и јаких извора у карстној изворској зони Врело, у сливу Дојкиначке реке, чиме, карстне изданске воде са простора Висок крај, доприносе величини и континуитету протикаја Дојкиначке реке, а не Височице,

3) Са леве долине стране Височице, карстне изданске воде из горњојурских кречњака, не врше прихрањивање њеног речног отицаја,

4) Током летњег рецесионог периода, долази повремено до пресушивања Височице све до Височке Ржане, док пресушивање Дојкиначке реке није забележено,

5) Средњи вишегодишњи проток Дојкиначке реке је око 2,3 пута већи, мада је површина топографског слива мања око 1,6 пута од слива Височице. Средњи годишњи проток Дојкиначке реке увек је био већи од средњег годишњег протока Височице. Овакав однос се само донекле „ублажава“ чињеницом да је део вода Височице на територији Бугарске, од 1953. године, преведен у слив друге реке (Огоште), чиме је количина вода која доспева Височицом на територију Србије смањена, у просеку, за око 31% (Оцокољић, 1987),

6) Дојкиначка река никада није пресушивала, а најмањи забележен протикај износио је $0,155 m^3/s$ (16.08.2000), при чему је Височица те године била без протикаја укупно четири месеца и 12 дана. Међусобни однос забележених годишњих минималних протока Дојкиначке реке и Височице (када Височица није била сува) је од 1,9:1, у 2010. години, до 88,9:1 у 2009. години (Никић et al. 2016).

На основу израчунатих специфичних отицаја Височице и Дојкиначке реке, може се закључити:

1) Средњи годишњи специфични отицај Дојкиначке реке, у односу на средњи годишњи специфични отицај Височице, већи је око 3,8 пута, мада јој је топографска сливна површина мања од топографске сливне површине Височице око 1,6 пута,

2) Однос између средње вишегодишње вредности минималних и максималних специфичних отицаја за Дојкиначку реку износи око 1:9, а за Височицу (ако занемаримо период без протикаја) око 1:40 (табела 1). Овај однос за Височицу је у домену карактеристичном за бујичне токове, код којих се после интензивних падавина догађа брзо површинско отицање, без значајнијег инфилтрирања у подземље и тиме задржавања вода у сливу, за разлику од Дојкиначке реке,

3) Топографски слив Дојкиначке реке мањи је у односу на хидрогеолошки, а топографски слив Височице је већи у односу на њен хидрогеолошки слив,

4) Зона прихрањивања карстно-пукотинске издани Високог краја је значајним делом у топографском сливу Височице, а њено дренажање се врши у карстној изворској зони Врело, у топографском сливу Дојкиначке реке.

ЗАКЉУЧАК

Рачунат у односу на топографске припадајуће сливове које је дефинисао РХМЗ Србије, просечни специфични отицај Височице је $7,18 \text{ l/s/km}^2$, а Дојкиначке реке, $27,05 \text{ l/s/km}^2$. Упоредне анализе и осталих релевантних хидролошких параметара показују знатно веће водно богатство Дојкиначке реке, чији је топографски слив мањи у односу на Височицу. Основни закључак је да њихове топографске и хидрогеолошке вододелнице нису подударне.

Хидрогеолошки услови на подручју Висок крај генеришу временске и просторне прерасподеле површинских и подземних вода. Временска прерасподела врши се захваљујући акумулационо-ретардационим способностима карстно-пукотинске издани, формиране у оквиру карстификованих кречњака средњег тријаса. Просторна прерасподела вода последица је просторно повољно позиционираних карстификованих кречњака средњег тријаса, који „преусмеравају“ понируће воде десних алогених притока Височице. Инфилтриране речне воде у топографском сливу Височице, дозирано се дренажу у карстној изворској зони Врело, у топографском сливу Дојкиначке реке, чиме се повећава њена оводњеност.

За поуздано билансирање подземних и површинских вода, неходно је познавање површине слива, односно топографске и хидрогеолошке вододелнице. Непознавање хидрогеолошких карактеристика слива, може да доведе до погрешног закључка о количинама и просторно-временском распореду вода.

Детаљна хидрогеолошка истраживања, са циљем дефинисања положаја хидрогеолошке вододелнице, треба спровести, како на простору Висок крај, тако и на свим водотоцима где постоје елементарне индикације (присуство карста) њеног одступања од топографске вододелнице. Правилно утврђивање контура хидрогеолошких сливова има велики практични значај за одрживо управљање водним ресурсима одређеног простора.

ЗАХВАЛНИЦА

Рад је реализован у оквиру пројекта „Одрживо газдовање укупним потенцијалима шума у Републици Србији“ – ЕВБР 37008, Министарства просвете и науке Републике Србије

ЛИТЕРАТУРА

- АНЂЕЛКОВИЋ Ј., КРСТИЋ Б., ЋИРИЋ Д., МАРТИНОВИЋ Д., БОГДАНОВИЋ П., 1975: *ОГК СФРЈ 1:100 000, лист К 34-34 „Пирот“ и Тумач*. Савезни геолошки завод. Београд.
- БЛАГОЈЕВИЋ Б., ПОТИЋ О., МИЛОВАНОВИЋ Г., 2007: *Физичко географске карактеристике слива реке Височице*. Зборник радова Грађевинско-архитектонског факултета, Универзитета у Нишу, 22, 127-141.
- КРСТИЋ Б., КАЛЕНИЋ М., РАКИЋ Б., РАЈЧЕВИЋ Д., БАНКОВИЋ В., 1974: *ОГК СФРЈ 1:100 000, лист К 34-22 „Белоградчик“ и Тумач*. Савезни геолошки завод. Београд.
- МИЛАНОВИЋ С., ВАСИЋ Љ., 2015: *Хидрогеолошка истраживања карстних врела – Јеловичко врело*. Пиротски зборник, бр. 40. Стр. 227-241.
- НИКИЋ З., 2003: *Хидрогеолошка анализа формирања и регионализација малих вода*. Задужбина Андрејевић. Београд.
- НИКИЋ З., ЈОНИЋ Љ., РИСТИЋ Р., 2004: *Специфичности карста Висок краја (Стара планина) као битан елемент режима протицаја Височице*. Зборник радова: 5. Симпозијум о заштити карста, 113-120. Академски спелеолошко алпинистички клуб. Београд.
- НИКИЋ З., ДОКМАНОВИЋ П., АНЂЕЛИЋ М., ЛЕКИЋ М., 2016: *A contribution Jovan Cvijić's consideration of the source of the Visočica river*. Proceedings of the International Conference held at the Serbian Academy of Sciences and Arts: „150th anniversary of Jovan Cvijić's birth“, pp. 260-274. October 12-14, 2015. Belgrade.
- ОЦОКОЉИЋ М., 1987: *Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите*. Српско географско друштво, Посебна издања, књига 64. Београд.
- HRISTOVA N., 2010: *Hydrological picture of Nišava trans-boundary catchment*. Journal of the Geographical institute „Jovan Cvijić“ SASA, 60(2), 1-14.
- ЦВИЈИЋ Ј., 1896: *Извори, тресаве и водопади у Источној Србији*. Глас Српске краљевске академије наука, број LI. Београд.
- ЧУБРИЛОВИЋ П., НИКИЋ З., 1999: *Утицај хидрогеолошких одлика терена на протицај Височице у сушном периоду године*. Зборник радова: XII Југословенског симпозијума о хидрогеологији и инжењерској геологији, 469-478. Нови Сад.
- ЧУБРИЛОВИЋ П., 1995: *Хидрогеолошке одлике Старе планине*. Записници Српског геолошког друштва за 1990. и 1991. годину, 199-204. Београд.