

**ПРОРАЧУНИ УНУТАРГОДИШЊЕ РАСПОДЕЛЕ ОТИЦАЈА И
МИНИМАЛНИХ ПРОТИЦАЈА ВЕЛИКОГ РЗАВА ЗА ПОТРЕБЕ
РЕГИОНАЛНОГ ВОДОВОДНОГ СИСТЕМА “РЗАВ”**

Садржај: Код планирања и експлоатације система за водоснабдевање веома је важно знати унутаргодишњу расподелу отицаја и минималне протицаје воде одређене учесталости. Зато ће у овом раду бити изнет прорачун ових величина за потребе водозахвата регионалног водоводног система “Рзав”. За хидролошку станицу Ариље на Великом Рзаву извршени су прорачуни унутаргодишње расподеле отицаја методом „компоновке“ и минималних протицаја методом момената, што до сада није био случај. Резултати ових прорачуна служе за планирање експлоатације и евентуалних нових улагања у водоводни систем “Рзав”.

Кључне речи: унутаргодишња расподела отицаја, минимални протицаји, водоводни систем “Рзав”, криве учесталости

Abstract: Minimum water discharge and seasonal flow calculations of Veliki Rzav at Arilje have been conducted for the purposes of regional water supply system “Rzav”. For the first time for this hydrological station minimum water discharges have been calculated by frequency curves, parameters of which have been determined by method of moments. Also for the first time in Serbia seasonal flow was calculated using “composing method”. Analysis presented in this paper can be used for exploitation and planning of upcoming water management activities in the regional water supply system “Rzav”.

Key words: seasonal flow, minimum water discharge, water supply system “Rzav”, frequency curves

Увод

Слив Великог Рзава до данас је представљао један од најмање проучаваних делова Србије. Густе шуме, дубоке долине и кањони и недовољно изграђена путна мрежа неки су од разлога што је овај слив био тежак терен за истраживање (Ршумовић, 1960).

Овај слив се делимично обрађује у радовима Сретеновића (1955) и Оцокољића (1971,1987), где се одређене хидролошке карактеристике Великог Рзава обрађују као део слива Моравице, односно Западне и Велике Мораве.

Слив Великог Рзава је веома издашан (13,9 l/s/km²), а квалитет воде одличан (I класа). Зато је већи део овог слива проглашени за резерват површинских вода за потребе водоснабдевања насеља у будућности (Урошев, 2006). Већ сада функционише регионални водоводни систем „Рзав“, који снабдева пет градова: Ариље, Пожегу, Лучане, Чачак и Горњи Милановац.

* **мр Марко Урошев**, истраживач сарадник, Географски институт “Јован Цвијић”, САНУ

У раду су презентирани резултати истраживања са пројекта I46011 «Модалитети валоризације геопотенцијала неразвијених подручја Србије», који финансира Министарство науке Републике Србије

Основни елементи водоводног система су: акумулација „Ариље“ на профилу Сврачково на Великом Рзаву, постројење за пречишћавање воде у Ариљу и магистрални доводи воде до градских резервоара. Пројектни капацитет система је 2300 l/s, што одговара потребама поменутих градова до 2030. г. Са завршетком радова на водоводном систему требало је да се заврши и акумулација „Ариље“, која је предвиђена као трајно извориште водоводног система „Рзав“. Динамика припреме и изградње акумулације „Ариље“ није пратила динамику изградње водоводног система. Да би се водовод могао пустити у експлоатацију, сирова вода Великог Рзава захвата се сада на привременом водозахвату на бујичарској прегради „Шевељ“ (фото 1). Капацитет овог привременог захвата је 650 l/s, а постројења за пречишћавање воде 1200 l/s (www.rzav.co.yu).



Фото 1. Привремени водозахват „Шевељ“

За потребе водоснабдевања веома је важно знати унутаргодишњу расподелу отицаја и минималне протицаје воде одређене учесталости. Зато ће бити изнет прорачун ових величина за хидролошку станицу Ариље на Великом Рзаву која се налази недалеко од привременог водозахвата “Шевељ”.

Унутаргодишња расподела отицаја

Ради искоришћавања воде за водоснабдевање најпре је потребно израчунати методом „компоновке“ расподелу отицаја по сезонама реке Велики Рзав код Ариља за период 1961–2000. г.

Ако постоје подаци хидрометријских осматрања (не мање од 10 година), користи се метод „компоновке“ за израчунавање расподеле отицаја по периодима године који имају исту вероватноћу (обезбеђеност) појаве, а која је дефинисана условима коришћења воде (Лучшева, 1976).

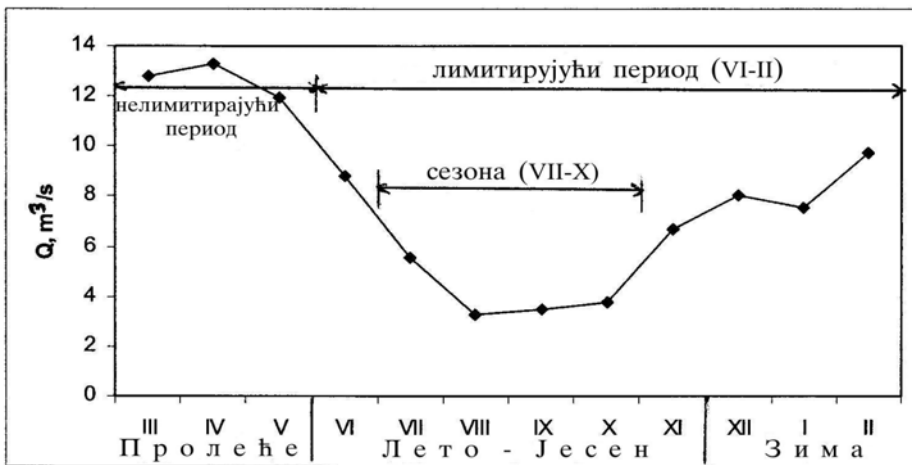
Прорачун унутаргодишње расподеле отицаја не ради се за календарске, већ за водопривредне године, тј. година почиње са многоводном сезоном. Границе сезона узимају се као заједничке за све године са заокруживањем на цео месец.

У зависности од физичко-географских услова и типа водног режима издвајају се три сезоне. За станицу Ариље на Великом Рзаву, где се велика вода јавља у пролеће, издвајамо три сезоне: пролеће, лето–јесен и зима.

Трајање многоводне сезоне одређује се евидентирањем најранијег и најкаснијег датума појављивања велике воде. У зависности од односа протицаја воде у разним сезонама године и његовог привредног искоришћавања одређују се лимитирајући периоди и сезоне. Лимитирајући период садржи две релативно многоводне или маловодне сезоне. Лимитирајућа сезона, најнеповољнија с тачке гледишта привредног коришћења, саставни је део лимитирајућег периода.

При пољопривредном коришћењу вода или водоснабдевању насеља и индустрије, лимитирајући периоди и сезоне су маловодни периоди, а при пројектовању система за евакуацију сувишних вода, за борбу против поплава или при одводњавању, лимитирајући периоди и сезоне су многоводни (Урошев, 2007).

На скици 1 приказан је хидрограм средњих месечних протицаја Великог Рзава код Ариља за период 1961–2000. г. За ову станицу границе односно трајање сезона су следећи: пролеће – од марта до маја (3 месеца), лето–јесен – од јуна до новембра (6 месеци) и зима – од децембра до фебруара (3 месеци). Лимитирајући период је од јуна до фебруара, а лимитирајућа сезона од јула до октобра.



Скица 1. Хидрограм средње месечних протицаја Великог Рзава код Ариља за период 1961–2000. г.

При прорачуну методом „компоновке“ унутаргодишња расподела узима се са условом једнакости вероватноће појаве отицаја за годину, отицаја за лимитирајући период и, унутар њега, за лимитирајућу сезону. Вероватноћа појаве (рачунска обезбеђеност) гарантоване количине воде поставља се у зависности од задатка водопривредног коришћења.

Обезбеђеност довођења воде за основне типове коришћења водних ресурса је следећа: водоснабдевање (комунално, индустријско и сл.) износи 95 – 97 %, речни транспорт – 90 %, велике хидроелектране – 95 %, мале хидроелектране локалног значаја 75 – 85 %, наводњавање 75 – 85 % (Лучшева, 1976).

Воде Великог Рзава се користе за пиће у оквиру регионалног система „Рзав“, који снабдева водом пет већих градова: Ариље, Пожегу, Лучане, Чачак и Горњи Милановац. Зато се узима рачунска обезбеђеност $P = 97 \%$.

Најпре треба одредити суме месечних протицаја са одређеним границама године, лимитирајућег периода и сезоне (табела 1).

У табели 2 су израчунати збирови поређани по опадању и за њих се одређују емпиријске обезбеђености (вероватноће појаве) (P %). Овде се израчунавају и модулни коефицијенти $Km = \frac{\sum Q_{mes.m.}}{\sum Q_{mes.sr.}}$ (Кг, Клп, Клс).

Емпиријске криве учесталости цртају се по подацима о модулним коефицијентима на једној полулогаритамској мрежи вероватноће. По нанесеним емпиријским тачкама конструишу се три равномерне криве, са којих се читавају значења Кг, Клп, Клс вероватноће P = 97 %. Добијамо $K_{г97\%} = 0,55$; $K_{лп97\%} = 0,47$; $K_{лс97\%} = 0,27$. Из тога следи:

- $\sum Q_{мес.г.97\%} = K_{г97\%} \cdot \sum Q_{мес.ср.г.} = 0,55 \cdot 93,9 = 51,6 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $\sum Q_{мес.л.п.97\%} = K_{л.п.97\%} \cdot \sum Q_{мес.ср.л.п.} = 0,47 \cdot 56,4 = 26,5 \text{ m}^3/\text{s}$;
- $\sum Q_{мес.л.с.97\%} = K_{л.с.97\%} \cdot \sum Q_{мес.ср.л.с.} = 0,27 \cdot 15,7 = 4,25 \text{ m}^3/\text{s}$.

Отицај треће сезоне (нелимитирајући период), одређује се као разлика између отицаја за годину и лимитирајућег периода: $\sum Q_{мес.97\%(г.-л.п.)} = 51,6 - 26,5 = 25,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Отицај за нелимитирајућу сезону, која улази у лимитирајући период, одређује се као разлика између отицаја лимитирајућег периода и лимитирајуће сезоне: $\sum Q_{мес.97\%(л.п.-л.с.)} = 26,5 - 4,25 = 22,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

По добијеним вредностима отицаја задане вероватноће појаве (P = 97 %) одређују се удели отицаја у процентима од годишњег отицаја (табела 3).

При пројектовању одвођења сувишних вода ради борбе против поплава или при исушивању мочвара, а такође при изградњи акумулација, прорачуни унутаргодишње расподеле отицаја по сезонама врше се на сличан начин који је овде представљен, само се емпиријске криве учесталости конструишу за многоводне периоде и сезоне године. Овај прорачун би био од великог значаја за Велики Рзав ако знамо да треба да се подигне брана „Сврачково“, узводно од Ариља.

Табела 1. Сума месечних протицаја Великог Рзава код Ариља за 1961/62 – 1998/99.

| Година | Сума Qмес. (m ³ /s) | | | Година | Сума Qмес. (m ³ /s) | | |
|---------|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Годишњи III–II | Лимитирајући | | | Годишњи III–II | Лимитирајући | |
| | | Период VI–II | Сезона VII–X | | | Период VI–II | Сезона VII–X |
| 1961/62 | 66,2 | 33,3 | 11,1 | 1980/81 | 117,6 | 57,7 | 10,5 |
| 1962/63 | 108,9 | 62,1 | 10,3 | 1981/82 | 122,8 | 78,2 | 17,8 |
| 1963/64 | 70,6 | 39,2 | 9,7 | 1982/83 | 70,8 | 32,0 | 10,9 |
| 1964/65 | 112,4 | 76,9 | 30,3 | 1983/84 | 87,8 | 74,5 | 14,5 |
| 1965/66 | 97,1 | 38,0 | 9,1 | 1984/85 | 116,8 | 56,4 | 22,8 |
| 1966/67 | 96,1 | 54,2 | 13,3 | 1985/86 | 129,3 | 64,4 | 13,4 |
| 1967/68 | 144,8 | 77,3 | 21,9 | 1986/87 | 84,3 | 52,2 | 17,4 |
| 1968/69 | 92,7 | 70,0 | 15,4 | 1987/88 | 89,1 | 47,2 | 8,2 |
| 1969/70 | 96,6 | 63,3 | 13,5 | 1988/89 | 76,4 | 37,3 | 9,2 |
| 1970/71 | 121,5 | 59,5 | 18,9 | 1989/90 | 112,0 | 81,4 | 33,9 |
| 1971/72 | 75,3 | 36,1 | 15,1 | 1990/91 | 53,7 | 33,7 | 5,9 |
| 1972/73 | 79,8 | 67,1 | 38,8 | 1991/92 | 86,9 | 58,0 | 25,9 |
| 1973/74 | 91,5 | 47,3 | 13,2 | 1992/93 | 73,5 | 35,2 | 11,4 |
| 1974/75 | 74,6 | 49,8 | 14,5 | 1993/94 | 54,5 | 24,4 | 4,1 |
| 1975/76 | 123,4 | 88,6 | 33,0 | 1994/95 | 64,2 | 39,7 | 5,8 |
| 1976/77 | 110,6 | 73,6 | 19,4 | 1995/96 | 88,7 | 43,1 | 14,5 |
| 1977/78 | 85,4 | 63,7 | 16,5 | 1997/98 | 83,4 | 46,8 | 4,0 |
| 1978/79 | 116,8 | 72,8 | 17,7 | 1998/99 | 80,4 | 61,1 | 11,3 |
| 1979/80 | 116,7 | 90,8 | 19,0 | | | | |

Табела 2. Сума месечних протицаја (m^3/s) и модулни коефицијенти за годину, лимитирајући период и сезону (Велики Рзав код Ариља, 1961/62–1998/99г)

| n | P (%) | Годишњи отицај (III–II) | | | Лимитирајући период (VI–II) | | | Лимитирајућа сезона (VII–X) | | |
|----|-------|----------------------------|---------------|------|--------------------------------|---------------|--------|--------------------------------|---------------|--------|
| | | година | сума Qмес. | Кг | година | сума Qмес. | К л.п. | година | сума Qмес. | К л.с. |
| 1 | 1,9 | 1967/68 | 144,8 | 1,54 | 1979/80 | 90,8 | 1,61 | 1972/73 | 38,8 | 2,47 |
| 2 | 4,5 | 1985/86 | 129,3 | 1,38 | 1975/76 | 88,6 | 1,57 | 1989/90 | 33,9 | 2,16 |
| 3 | 7,2 | 1975/76 | 123,4 | 1,31 | 1989/90 | 81,4 | 1,44 | 1975/76 | 33,0 | 2,10 |
| 4 | 9,9 | 1981/82 | 122,8 | 1,31 | 1981/82 | 78,2 | 1,39 | 1964/65 | 30,3 | 1,93 |
| 5 | 12,6 | 1970/71 | 121,5 | 1,29 | 1967/68 | 77,3 | 1,37 | 1991/92 | 25,9 | 1,65 |
| 6 | 15,2 | 1980/81 | 117,6 | 1,25 | 1964/65 | 76,9 | 1,36 | 1984/85 | 22,8 | 1,45 |
| 7 | 17,9 | 1978/79 | 116,8 | 1,24 | 1983/84 | 74,5 | 1,32 | 1967/68 | 21,9 | 1,40 |
| 8 | 20,6 | 1984/85 | 116,8 | 1,24 | 1976/77 | 73,6 | 1,30 | 1976/77 | 19,4 | 1,24 |
| 9 | 23,3 | 1979/80 | 116,7 | 1,24 | 1978/79 | 72,8 | 1,29 | 1979/80 | 19,0 | 1,21 |
| 10 | 25,9 | 1964/65 | 112,4 | 1,20 | 1968/69 | 70,0 | 1,24 | 1970/71 | 18,9 | 1,21 |
| 11 | 28,6 | 1989/90 | 112,0 | 1,19 | 1972/73 | 67,1 | 1,19 | 1981/82 | 17,8 | 1,13 |
| 12 | 31,3 | 1976/77 | 110,6 | 1,18 | 1985/86 | 64,4 | 1,14 | 1978/79 | 17,7 | 1,13 |
| 13 | 34,0 | 1962/63 | 108,9 | 1,16 | 1977/78 | 63,7 | 1,13 | 1986/87 | 17,4 | 1,11 |
| 14 | 36,6 | 1965/66 | 97,1 | 1,03 | 1969/70 | 63,3 | 1,12 | 1977/78 | 16,5 | 1,05 |
| 15 | 39,3 | 1969/70 | 96,6 | 1,03 | 1962/63 | 62,1 | 1,10 | 1968/69 | 15,4 | 0,98 |
| 16 | 42,0 | 1966/67 | 96,1 | 1,02 | 1998/99 | 61,1 | 1,08 | 1971/72 | 15,1 | 0,96 |
| 17 | 44,7 | 1968/69 | 92,7 | 0,99 | 1970/71 | 59,5 | 1,05 | 1983/84 | 14,5 | 0,93 |
| 18 | 47,3 | 1973/74 | 91,5 | 0,97 | 1991/92 | 58,0 | 1,03 | 1995/96 | 14,5 | 0,92 |
| 19 | 50,0 | 1987/88 | 89,1 | 0,95 | 1980/81 | 57,7 | 1,02 | 1974/75 | 14,5 | 0,92 |
| 20 | 52,7 | 1995/96 | 88,7 | 0,94 | 1984/85 | 56,4 | 1,00 | 1969/70 | 13,5 | 0,86 |
| 21 | 55,3 | 1983/84 | 87,8 | 0,94 | 1966/67 | 54,2 | 0,96 | 1985/86 | 13,4 | 0,85 |
| 22 | 58,0 | 1991/92 | 86,9 | 0,93 | 1986/87 | 52,2 | 0,92 | 1966/67 | 13,3 | 0,84 |
| 23 | 60,7 | 1977/78 | 85,4 | 0,91 | 1974/75 | 49,8 | 0,88 | 1973/74 | 13,2 | 0,84 |
| 24 | 63,4 | 1986/87 | 84,3 | 0,90 | 1973/74 | 47,3 | 0,84 | 1992/93 | 11,4 | 0,72 |
| 25 | 66,0 | 1997/98 | 83,4 | 0,89 | 1987/88 | 47,2 | 0,84 | 1998/99 | 11,3 | 0,72 |
| 26 | 68,7 | 1998/99 | 80,4 | 0,86 | 1997/98, | 46,8 | 0,83 | 1961/62 | 11,1 | 0,70 |
| 27 | 71,4 | 1972/73 | 79,8 | 0,85 | 1995/96 | 43,1 | 0,76 | 1982/83 | 10,9 | 0,69 |
| 28 | 74,1 | 1988/89 | 76,4 | 0,81 | 1994/95 | 39,7 | 0,70 | 1980/81 | 10,5 | 0,67 |
| 29 | 76,7 | 1971/72 | 75,3 | 0,80 | 1963/64 | 39,2 | 0,70 | 1962/63 | 10,3 | 0,66 |
| 30 | 79,4 | 1974/75 | 74,6 | 0,79 | 1965/66 | 38,0 | 0,67 | 1963/64 | 9,7 | 0,62 |
| 31 | 82,1 | 1992/93 | 73,5 | 0,78 | 1988/89 | 37,3 | 0,66 | 1988/89 | 9,2 | 0,59 |
| 32 | 84,8 | 1982/83 | 70,8 | 0,75 | 1971/72 | 36,1 | 0,64 | 1965/66 | 9,1 | 0,58 |
| 33 | 87,4 | 1963/64 | 70,6 | 0,75 | 1992/93 | 35,2 | 0,62 | 1987/88 | 8,2 | 0,52 |
| 34 | 90,1 | 1961/62 | 66,2 | 0,71 | 1990/91 | 33,7 | 0,60 | 1990/91 | 5,9 | 0,38 |
| 35 | 92,8 | 1994/95 | 64,2 | 0,68 | 1961/62 | 33,3 | 0,59 | 1994/95 | 5,8 | 0,37 |
| 36 | 95,5 | 1993/94 | 54,5 | 0,58 | 1982/83 | 32,0 | 0,57 | 1993/94 | 4,1 | 0,26 |
| 37 | 98,1 | 1990/91 | 53,7 | 0,57 | 1993/94 | 24,4 | 0,43 | 1997/98 | 4,0 | 0,25 |
| | | ср. (m^3/s) | 93,9 | | | 56,4 | | | 15,7 | |
| | | ср (%) | 100 | | | 60,1 | | | 16,8 | |

Табела 3. Величине унутаргодишње сезонске расподеле отицаја вероватноће појаве 97 % за реку Велики Рзав код Ариља (1961–2000 г.)

| Периоди и сезоне | Месеци | $\sum Q$ (m ³ /s) | Отицај у % од годишњег |
|-----------------------|-----------|------------------------------|------------------------|
| Година | III–II | 51,6 | 100 |
| Лимитирајући период | VI–II | 26,5 | 51,4 |
| Нелимитирајући период | III–V | 25,1 | 48,7 |
| Нелимитирајућа сезона | VI; XI–II | 22,3 | 43,1 |
| Лимитирајућа сезона | VII–X | 4,25 | 8,2 |

После сезонске расподеле израчуната је методом „компоновке“ унутарсезонска расподела отицаја маловодне групе водности за реку Велики Рзав код Ариља. Табеле са прорачунима унутарсезонске расподеле отицаја су веома гломазне, те оне неће бити овде приказане.

На основу података о средњим месечним протицајима за период 1961–2000. г. израчунате су суме протицаја ($\sum Q$) за одређене сезоне. Унутарсезонска расподела отицаја по методи „компоновке“ узима се за сваку групу година одређене водности (Лучшева, 1976). За реку Велики Рзав код Ариља узели смо маловодну групу сезона, обезбеђености $P = 66 - 99$ %. Затим смо исписали податке по сезонама за сваку годину која улази у одређену групу водности, по опадању $\sum Q$ – по вертикали, а по хоризонтали – $\sum Q$ такође по опадању са указивањем месеца у којем се појављују. Обрадом ових табела добијају се коначне табеле са унутарсезонском расподелом отицаја (табела 4)

Табела 4. Унутарсезонска расподела отицаја за маловодну групу сезона Великог Рзава код Ариља (%)

| Пролеће | | | Лето–јесен | | | | | | Зима | | |
|---------|------|------|------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II |
| 44,5 | 32,7 | 22,8 | 29,5 | 16,6 | 13,0 | 9,1 | 10,7 | 21,1 | 22,0 | 30,0 | 48,0 |

Из табеле 4 види се да је на пролеће 45 % отицаја у марту, лети 30 % у јуну, од јула до октобра расподела је мање-више равномерна, док зими 48 % воде отекне у фебруару. Од јуна до јануара отицај се не мења много, мада се у зимским месецима повећава, што указује на стабилност (постојаност) подземног храњења реке. Може се напоменути да оваква расподела важи за маловодну групу сезона реке Велики Рзав код Ариља.

Минимални протицаји

При изради пројеката коришћења воде користе се вредности минималних протицаја задате вероватноће појаве (учесталости). Протицаји који се користе за прорачуне могу бити средњи дневни, средњи месечни или за 30 дана са минималним отицајем (некалендарски месец) у зимском или летње–јесењем периоду (Група аутора, 1972). У овом случају коришћени су средњи дневни минимални протицаји воде за период осматрања 1961–2000. г.

Минимални протицаји воде рачунске обезбеђености одређују се по кривама учесталости, а њени параметри израчунавају се методом серија (момената) и графоаналитичком методом, као код прорачуна годишњег отицаја.

Рачунска обезбеђеност минималних протицаја задаје се у зависности од карактера коришћења вода. У нашем случају, то је водоснабдевање насеља, те је рачунска обезбеђеност – $P = 97\%$.

Одређивање учесталости осмотрених минималних протицаја наведено је у табели 5. Затим су на полулогаритамску мрежу вероватноће нанете емпиријске тачке. За израчунавање параметара аналитичке криве учесталости коришћен је метод момената: $Q_0 = 1,42 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,34$; $E_{Q_{\text{om}}} = 6,0\%$; $E_{C_v} = 13,0\%$.

Види се да грешка средњег минималног протицаја и коефицијента варијације задовољавају услов $E_{Q_{\text{om}}} < 15\%$ јер је $E_{C_v} = 10 - 15\%$. Коефицијент асиметрије C_s добијен је методом избора. Узет је однос $C_s = 2C_v$.

Израчунавање ордината аналитичке криве учесталости минималних протицаја приказано је у табели 6. Са крива учесталости узимају се вредности протицаја задате рачунске обезбеђености ($Q_{97\%}$): $Q_{97\%} = 0,650 \text{ m}^3/\text{s}$; $q_{97\%} = 1,15 \text{ l/s/km}^2$.

Минимални средњи дневни протицај Великог Рзава код Ариља вероватноће 97% износи $0,650 \text{ m}^3/\text{s}$, што значи да се једва обезбеђује потребна количина воде од 650 l/s за потребе привременог водозахвата водоводног система „Рзав“. За повећање водозахвата неопходна је изградња акумулације „Ариље“, као што је и предвиђено пројектним планом регионалног водоводног система „Рзав“.

Табела 5. Одређивање параметара криве учесталости минималних протицаја Великог Рзава код Ариља за период 1961–2000. г.

| m | година | Q_{min} (m^3/s) | Q_{min} по опадању | (P%) | $K = Q_i/Q_0$ | (K-1) | (K-1) ² |
|----|--------|---|--------------------------------|------|---------------|-------|--------------------|
| 1 | 1962 | 1,36 | 2,50 | 2,1 | 1,76 | 0,76 | 0,5785 |
| 2 | 1963 | 1,55 | 2,40 | 5,1 | 1,69 | 0,69 | 0,4763 |
| 3 | 1964 | 1,75 | 2,20 | 8,1 | 1,55 | 0,55 | 0,3017 |
| 4 | 1965 | 1,20 | 1,97 | 11,1 | 1,39 | 0,39 | 0,1500 |
| 5 | 1966 | 1,40 | 1,90 | 14,1 | 1,34 | 0,34 | 0,1143 |
| 6 | 1967 | 1,40 | 1,78 | 17,1 | 1,25 | 0,25 | 0,0643 |
| 7 | 1968 | 1,90 | 1,75 | 20,1 | 1,23 | 0,23 | 0,0540 |
| 8 | 1969 | 1,33 | 1,70 | 23,1 | 1,20 | 0,20 | 0,0389 |
| 9 | 1971 | 1,54 | 1,64 | 26,0 | 1,15 | 0,15 | 0,0240 |
| 10 | 1972 | 1,54 | 1,64 | 29,0 | 1,15 | 0,15 | 0,0240 |
| 11 | 1973 | 1,78 | 1,62 | 32,0 | 1,14 | 0,14 | 0,0198 |
| 12 | 1974 | 1,62 | 1,55 | 35,0 | 1,09 | 0,09 | 0,0084 |
| 13 | 1976 | 2,50 | 1,54 | 38,0 | 1,08 | 0,08 | 0,0071 |
| 14 | 1977 | 1,53 | 1,54 | 41,0 | 1,08 | 0,08 | 0,0071 |
| 15 | 1978 | 2,40 | 1,53 | 44,0 | 1,08 | 0,08 | 0,0060 |
| 16 | 1979 | 1,97 | 1,50 | 47,0 | 1,06 | 0,06 | 0,0032 |
| 17 | 1980 | 1,40 | 1,40 | 50,0 | 0,99 | -0,01 | 0,0002 |
| 18 | 1981 | 2,20 | 1,40 | 53,0 | 0,99 | -0,01 | 0,0002 |
| 19 | 1982 | 1,64 | 1,40 | 56,0 | 0,99 | -0,01 | 0,0002 |
| 20 | 1983 | 1,64 | 1,36 | 59,0 | 0,96 | -0,04 | 0,0018 |
| 21 | 1985 | 1,20 | 1,33 | 62,0 | 0,94 | -0,06 | 0,0040 |
| 22 | 1986 | 1,16 | 1,23 | 65,0 | 0,87 | -0,13 | 0,0179 |
| 23 | 1987 | 1,08 | 1,20 | 68,0 | 0,85 | -0,15 | 0,0240 |
| 24 | 1988 | 0,880 | 1,20 | 71,0 | 0,85 | -0,15 | 0,0240 |
| 25 | 1990 | 1,10 | 1,16 | 74,0 | 0,82 | -0,18 | 0,0335 |
| 26 | 1991 | 1,50 | 1,10 | 76,9 | 0,77 | -0,23 | 0,0508 |
| 27 | 1992 | 0,940 | 1,08 | 79,9 | 0,76 | -0,24 | 0,0573 |
| 28 | 1993 | 0,320 | 1,07 | 82,9 | 0,75 | -0,25 | 0,0608 |
| 29 | 1994 | 0,420 | 0,940 | 85,9 | 0,66 | -0,34 | 0,1143 |
| 30 | 1995 | 1,23 | 0,880 | 88,9 | 0,62 | -0,38 | 0,1446 |
| 31 | 1997 | 1,07 | 0,520 | 91,9 | 0,37 | -0,63 | 0,4017 |
| 32 | 1998 | 0,520 | 0,420 | 94,9 | 0,30 | -0,70 | 0,4959 |
| 33 | 1999 | 1,70 | 0,320 | 97,9 | 0,23 | -0,77 | 0,6001 |

Табела 6. Ординате аналитичке криве учесталости минималних протицаја Великог Рзава код Ариља: $Q_0 = 1,42 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_v = 0,34$; $C_s = 2C_v = 0,68$

| P % | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 99 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| K_p | 2,79 | 2,39 | 1,96 | 1,62 | 1,45 | 1,27 | 1,15 | 0,96 | 0,88 | 0,80 | 0,71 | 0,60 | 0,52 | 0,38 |
| $Q_p = K_p Q_0$ | 3,96 | 3,40 | 2,78 | 2,30 | 2,06 | 1,80 | 1,63 | 1,36 | 1,25 | 1,13 | 1,01 | 0,848 | 0,736 | 0,544 |

Закључак

За потребе водоснабдевања регионалног система „Рзав“ израчуната је методом „компоновке“ унутаргодишња сезонска расподела отицаја Великог Рзава код Ариља вероватноће појаве $P = 97 \%$. Издвојени су лимитирајући периоди, лимитирајућа сезона, а из њих су добијене и вредности за нелимитирајући период и нелимитирајућу сезону (табела 3). Овај прорачун показује са колико воде располажемо у одређеном делу године. На пример, у лимитирајућој сезони сума протицаја вероватноће појаве 97% износи $4,25 \text{ m}^3/\text{s}$ или 8,2 % од годишњег отицаја.

Такође, методом „компоновке“ израчуната је унутарсезонска расподела отицаја маловодне групе водности за реку Велики Рзав код Ариља (табела 4). Овај прорачун показује колики је месечни отицај у односу на сезонски за маловодну групу година, која је и најкритичнија у погледу водоснабдевања.

Минимални средњи дневни протицај Великог Рзава код Ариља вероватноће 97 % износи $0,650 \text{ m}^3/\text{s}$, што значи да се једва обезбеђује потребна количина воде од 650 l/s за потребе привременог водозахвата водоводног система „Рзав“.

За остваривање планова коришћења и заштите вода у сливу Великог Рзава, неопходна је изградња акумулација. На Великом Рзаву, по Водопривредној основи Републике Србије из 1995. г. и Просторном плану Србије из 1996. г. планирано је да се до 2021. г. изграде три велике водне акумулације: „Орловача“, запремине $80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, „Роге“ ($162,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), „Ариље“ ($20,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Ове акумулације предвиђене су за вишенаменско коришћење. Користиле би се за водоснабдевање, затим за производњу електричне енергије, заштиту од поплава, оплемењивање малих вода, заштиту квалитета водотока, наводњавање, рибарство и рекреацију.

Међутим, видимо да за протеклих десет година није изграђена нити започета изградња ниједне нове акумулације у целој Србији. Тако је сама Водопривредна основа Републике Србије из 1995. г. неостварива, не само због недостатка финансијских средстава већ и због претеране водопотрошње према којој је рађен план.

Регионални водоводни систем „Рзав“ снабдева водом пет градова – укупно 122 000 становника. Пројектни капацитет система „Рзав“ је 2 300 l/s, што одговара потребама поменутих градова до 2030. г. Према томе, норма потрошње воде била би 1 630 литара по становнику на дан. За задовољавање оволике потрошње потребна је изградња акумулације „Роге“ и акумулације „Ариље“.

Постројење за пречишћавање воде у Ариљу је капацитета 1 200 l/s. При оваквим потребама, норма потрошње воде би била 850 литара по становнику на дан. За задовољавање ове потрошње потребна је изградња само акумулације „Ариље“.

Садашња производња од 650 l/s одговара норми потрошње 460 литара по становнику на дан, што је 2,5 пута више него у Европској унији (180 l/st/dan).

Према томе, ако уопште постоји потреба за изградњом акумулација у сливу Великог Рзава, од четири планиране акумулације, по мом мишљењу, довољна је изградња само акумулације „Ариље“. Она би обезбедила довољне количине воде не само за регионални водоводни систем „Рзав“ већ и за друге градове у региону до 2030

године. Постројење за пречишћавање воде у Ариљу би тада радило пуним капацитетом, тј. не би била потребна доградња постројења. За изградњу ове акумулације већ постоје детаљно разрађени пројекти и достигнута сагласност, међутим недостаје новац, тачније 60 милиона евра, који је немогуће обезбедити без помоћи државе и страних донација. Сада постоји прилика да ових пет општина, заинтересованих за изградњу акумулације, конкуришу за средства из Националног инвестиционог плана.

По Оквирној директиви о водама Европске уније (ЕС, 2000) управљање водама ће се вршити по речним сливовима. За остваривање интегралног управљања водама у сливовима потребно је доношење планова управљања речним сливовима до 2009. године (такозвани *River Basin Management Plan*), који су засновани на детаљним хидролошким анализама, то јест на конкретним прорачунима. Прорачуни изложени у овом раду требали би да помогну при састављању плана управљања водама у сливу Великог Рзава, односно сливу Моравице.

ЛИТЕРАТУРА

- Група аутора (1972). *Указанија по определению расчетных гидрологических характеристик, СН 435-72*. Ленинград: Гидрометеозидат.
- Група аутора (1996). *Просторни план Републике Србије*. Београд: Службени гласник.
- Лучшева А. (1976). *Практическа гидрoлoгија*. Ленинград: Гидрометеозидат.
- Оцокољић М. (1971). *О односу између површинског и подземног отицаја у сливу Западне Мораве*. Београд: Географски факултет, магистарски рад.
- Оцокољић М. (1987). *Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите*. Београд: Посебна издања Српског географског друштва књ. 64.
- Ршумовић Р. (1960). *Рељеф слива Голијске Моравице*. Београд: Посебна издања Географског института, књ. 16.
- Сретеновић Љ. (1955). Режим Моравице и могућности коришћења њених вода. Београд: *Зборник радова Природно-математичког факултета, св. II*, 6 – 27.
- Урошев М. (2006). Квалитет вода у сливу Голијске Моравице. Београд: *Гласник Српског географског друштва, 86(1)*, 55 – 60.
- Урошев М. (2007). *Слив Голијске Моравице – хидролошка анализа*. Београд: Посебна издања Географског института “Јован Цвијић”, САНУ, књ. 69.
- ***(1961-2000). *Хидролошки годишњаци*. Београд: Републички хидрометеоролошки завод Србије.
- ЕС (2000). *Water Framework Directive*. Official Journal of the European Communities.
- Интернет странице:
www.rzav.co.yu
www.arilje.co.yu
www.jcerni.co.yu

S u m m a r y

ANALYSIS OF SEASONAL FLOW AND MINIMUM WATER DISCHARGE OF VELIKI RZAV FOR THE PURPOSES OF REGIONAL WATER SUPPLY SYSTEM "RZAV"

Seasonal flow calculation of Veliki Ržav at Arilje, using "composing method", has been conducted for the purposes of regional water supply system "Ržav". Calculation frequency for public water supply is 97 %. In this method, we divided year in to limiting period, limiting season, and through them we got values for unlimiting period and unlimiting season (table 3). This calculation shows how much water is available in certain period of year. For example, in limiting season cumulative water discharge of frequency 97% is 4.25 m³/s or 8.2 % of annual flow.

Also, inner seasonal disposition of flow has been calculated by "composing method" for low water group of years for Veliki Ržav at Arilje (table 4). This calculation shows what's the ratio of monthly flow in seasonal for low water group of years, which is the most critical for water supply system.

Minimum average daily discharge of Veliki Ržav at Arilje of frequency 97 % is 0.650 m³/s, therefore it means that required amount of 650 l/s for needs of temporarily water intake of water supply system "Ržav" is barely guaranteed.

Regional water supply system "Ržav" supplies five towns with total of 122 000 residents. Projected capacity of system "Ržav" is 2 300 l/s, which corresponds to the needs of mentioned towns until year 2030. According to that, daily water consumption would be 1 630 liters per capita. For realization of this consumption construction of reservoirs "Roge" and "Arilje" is required.

Water treatment facility in Arilje has capacity of 1 200 l/s. With this needs, daily water consumption would be 850 liters per capita. For realization of this consumption only construction of reservoir "Arilje" is required.

Current production of clean water is 650 l/s which corresponds to daily consumption of 460 liters per capita, which is two and half times bigger than in European Union (180 l/per capita/day).

Therefore, if there is a need at all for construction of reservoirs in Veliki Ržav river basin, my opinion is that construction of only one reservoir "Arilje" is enough. It will provide an adequate amount of water not only for regional water supply system "Ržav", but also for other towns in region until year 2030. Water treatment facility in Arilje would work with full capacity, i.e. there will be no need for reconstruction of plant. Detailed projects and achieved agreement already exist for construction of this reservoir.

According to EU Water Framework Directive water management will be done within river basins. For realization of integrated water management in basins adoption of River Basin Management Plans until year 2009. is required. This plans are based on detailed hydrological analysis, i.e. on concrete calculations. The calculations presented in this paper should contribute to creation of water management plan in Veliki Ržav and Moravica basin.