

**ГЕОГРАФСКИ ИНСТИТУТ „ЈОВАН ЦВИЈИЋ“  
СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ**

**Марко Урошев**

**СЛИВ ГОЛИЈСКЕ МОРАВИЦЕ  
ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА**



Марко Урошев

СЛИВ ГОЛИЈСКЕ МОРАВИЦЕ –  
ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА

Београд  
2007

**GEOGRAPHIC INSTITUTE "JOVAN CVIJIĆ"  
SERBIAN ACADEMY OF SCIENCE AND ARTS**

**SPECIAL ISSUES  
№ 69**

Marko Urošev

**GOLIJSKA MORAVICA BASIN –  
HYDROLOGICAL ANALYSIS**

**BELGRADE  
2007**

**ГЕОГРАФСКИ ИНСТИТУТ „ЈОВАН ЦВИЈИЋ“  
СРПСКЕ АКАДЕМИЈЕ НАУКА И УМЕТНОСТИ**

**ПОСЕБНА ИЗДАЊА  
КЊИГА 69**

Марко Урошев

**СЛИВ ГОЛИЈСКЕ МОРАВИЦЕ –  
ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА**

**БЕОГРАД  
2007**

ЗА ИЗДАВАЧА  
др Јасмина Ђорђевић

Прихваћено на седници Редакцијског одбора Института

УРЕДНИК  
др Милан Радовановић

РЕДАКЦИЈСКИ ОДБОР  
др Јасмина Ђорђевић  
др Марина Годоровић  
др Мирчета Вемић  
др Милан Радовановић  
др Жељко Бјељац  
др Иван Поповић

РЕЦЕНЗЕНТИ  
др Милан Радовановић  
др Љиљана Гавриловић

ПРЕВОД НА ЕНГЛЕСКИ  
мр Марко Урошев

ЛЕКТУРА И КОРЕКТУРА  
мр Драгана Ратковић

ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК  
мр Марко Урошев

ДИЗАЈН КОРИЦА  
мр Милован Миливојевић

ШТАМПАЊЕ ОВЕ ПУБЛИКАЦИЈЕ ОМОГУЋИЛО ЈЕ  
Министарство науке и заштите животне средине Републике Србије

ТИРАЖ  
300

ШТАМПА  
Форма Б, Београд

## САДРЖАЈ

<b>ПРЕДГОВОР</b> .....	7
<b>УВОД</b> .....	8
<b>ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА</b> .....	9
<b>ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСКЕ ОСОБЕНОСТИ СЛИВА</b> .....	10
ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ СЛИВА.....	10
ГЕОЛОШКИ САСТАВ.....	12
РЕЉЕФ.....	13
КЛИМАТСКЕ ОСОБЕНОСТИ.....	23
<b>Температура ваздуха</b> .....	23
<b>Атмосферске падавине</b> .....	24
ПЕДОЛОШКИ САСТАВ.....	28
ВЕГЕТАЦИЈА.....	28
<b>ХИДРОЛОШКЕ ОСОБЕНОСТИ</b> .....	30
ХИДРОГРАФСКИ СИСТЕМ МОРАВИЦЕ.....	30
ВОДНИ РЕЖИМ.....	35
<b>Водостај</b> .....	35
<b>Годишњи протицај</b> .....	38
<b>Месечни протицаји</b> .....	49
ОДНОС ИЗМЕЂУ ПОВРШИНСКОГ И ПОДЗЕМНОГ ОТИЦАЈА.....	50
ВОДНИ БИЛАНС СЛИВА.....	56
<b>МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА ВОДА</b> .....	58
ВОДОСНАБДЕВАЊЕ НАСЕЉА И ИНДУСТРИЈЕ.....	58
<b>Унутаргодишња расподела отицаја</b> .....	67
<b>Минимални протицаји воде</b> .....	79
КОРИШЋЕЊЕ ХИДРОЕНЕРГИЈЕ.....	83
<b>Максимални протицаји и водостаји</b> .....	86
ОСТАЛЕ МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА ВОДА.....	98
<b>ВОДОПРИВРЕДНИ ПРОБЛЕМИ У СЛИВУ</b> .....	103
ЕРОЗИЈА ТЛА И БУЈИЦЕ.....	103
ЗАГАЂЕЊЕ ВОДОТОКА.....	104
<b>ЗАКЉУЧАК</b> .....	110
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	116
<b>SUMMARY</b> .....	118

## ПРЕДГОВОР

Вода је добро од општег интереса, саставни део исхране људи и животиња, сировина за многе индустрије и представља огроман енергетски потенцијал. Нагли развој науке и технике, а тиме и индустрије, утиче на повећање потрошње воде. Потребне за водом непрестано расту, и за различите видове потрошње неопходне су довољне количине воде одређеног квалитета.

У интересу је садашњих и будућих генерација да се сачувају значајни водни ресурси који су нетакнути, а посебно је важно да се интензивирају напори за очувањем и заштитом потенцијала питке воде. Задовољење потреба за водом у будућности може се остварити само смишљеним и далекосежним радовима на уређењу и заштити водних ресурса. Да би се ово остварило, потребно је успоставити јединствено (интегрално) управљање водним ресурсима на већим сливовима. Међу њима је и слив Голијске Моравице.

Ова монографија је резултат дугогодишњег рада аутора, и представља значајан допринос познавању хидролошке проблематике слива Голијске Моравице.

Аутор посебну захвалност дугује рецензентима, колегама из Географског института „Јован Цвијић“ САНУ и осталима који су допринели да се ова публикација објави.

Аутор

## УВОД

Слив Голијске Моравице, која представља изворишни крак Западне Мораве, до сада није био детаљно хидролошки проучаван. Овај слив има велики хидролошки значај за цео регион Западне Србије, а и шире. Његове природне карактеристике, поготово хидролошке, нису довољно истражене, а самим тим ни искоришћене.

У овој монографији биће анализиране све физичко-географске особености слива, његове хидролошке карактеристике, могућности коришћења вода и водопривредни проблеми у сливу. Детаљне хидролошке анализе двеју најзначајнијих река слива – Голијске Моравице и Великог Рзава, биће први пут урађене помоћу метода математичке статистике и применом кривих учесталости, које дају конкретне резултате, а који се могу користити при планирању нових и при експлоатацији постојећих водопривредних објеката на овим рекама и у сливу. Први пут ће се у научном истраживању за одређивање хидрографских карактеристика слива и реке Моравице, за израду скица и карата датог региона и за формирање ГИС-а слива користити софтверски пакети (*Geomedia* и *Microstation*).

Резултати овог рада требало би да служе за рационалније управљање и коришћење вода овог слива, а то управљање и коришћење представља једну од најзначајнијих сврха савремених хидролошких истраживања.



## ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Слив Голијске Моравице 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.

Први подаци геолошких истраживања срећу се код Жујовића (1893). Прва значајнија географска запажања о сливу даје Цвијић (1924) приликом својих проучавања мачкатске површи и других облика прибрежног рељефа. Он разматра правац пружања бора, њихово одступање од динарског правца, а с тим у вези поставља питање структуре мреже долиноског и речног система. Осим тога, значајна су Цвијићева запажања о два пећинама овог краја – Стопића пећини у селу Рожанству и Хаџи-Продановој пећини код Ивањице, али и о глацијалним траговима на Голији. Вршена су геолошка испитивања овог слива код Б. Миловановића, а затим код Б. Марковића (Ршумовић, 1960).

Ршумовић (1960) је дао најдетаљнију геоморфолошку студију слива. Он наводи главне црте рељефа, његову морфогенезу, приказује геолошке основе рељефа слива Моравице, површи и већа узвишења као и остале значајније елементе флувијалног рељефа, крашке облике, глацијалне облике, облике спирања, распадања и клижења, али и еволуцију слива.

Сретеновић у раду из 1955. г. даје основне физичко-географске карактеристике слива, особености водног режима и могућности коришћења вода. Слив Моравице се делимично обрађује и у радовима Оцокољића (1971, 1987), где се одређене хидролошке карактеристике Моравице обрађују као део слива Западне, односно Велике Мораве.

## ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСKE ОСОБЕНОСТИ СЛИВА

### ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ СЛИВА

Назив Голијска Моравица је одомаћен у нашој географској литератури и углавном се употребљава са атрибутом *Голијска* да би се та река разликовала од токова са називом *Моравица* који се налазе у другим областима Србије. Становништво је у пределу кроз који протиче назива само Моравица, како ће и бити називана у овом раду.

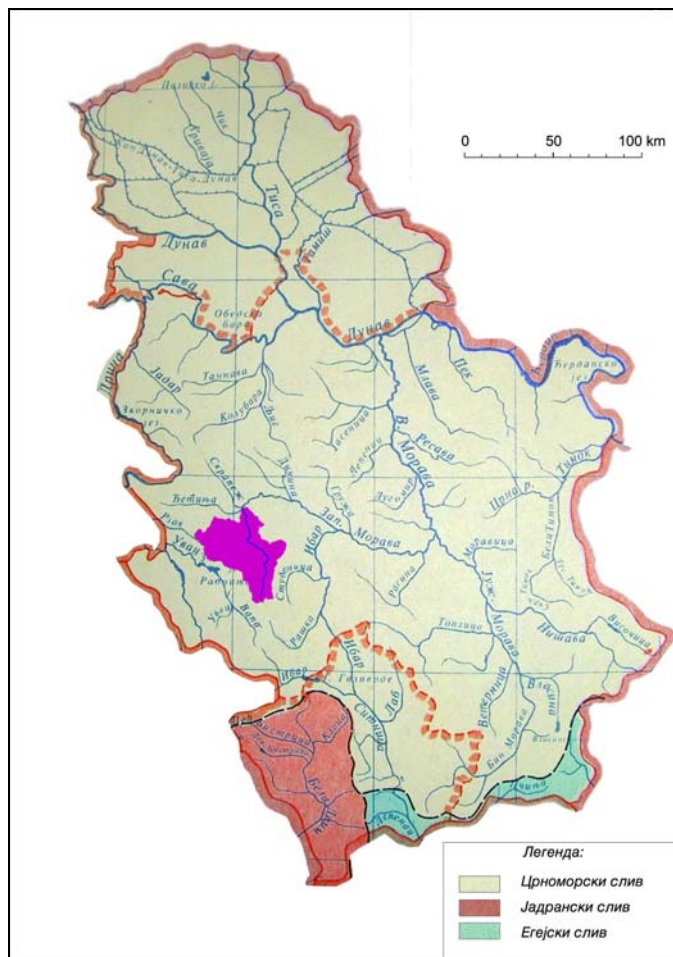
Морфометријске карактеристике слива и реке Моравице добијене су уз помоћ програма *Microstation*. Слив Моравице се налази у југозападном делу Србије, између 43° 19' и 43° 51' северне географске ширине и 19° 45' и 20° 22' источне географске дужине (скица 1). Моравица извире на високој и шумовитој планини Голији и тече према северу до Пожешке котлине, где се спаја са Ђетињом. Она представља десну саставницу Западне Мораве. Површина слива Моравице је 1 518 km<sup>2</sup>, а правац тока је меридијански. Дужина реке Моравице износи 86,9 km. Главне притоке Моравице долазе с леве стране, и тако је образован асиметричан слив – лева страна захвата 72 % његове целокупне површине. Дужина слива Моравице је 60 km, а средња ширина 25 km.

Дужина развођа слива Моравице је 230,2 km. Од Јанковог камена (1 833 m), највише тачке слива и уједно највишег узвишења планине Голије, развође према западу је упоредничког правца. Оно најпре прелази преко широке преседлине – Пријеког брда, затим изнад изворишта Голијске реке, и избија на Бојово брдо (1 748 m), да би се преко Пашине чесме (1 725 m) и Милићевог гроба (1 551 m) спустило на Осмањачу, границу између Јавора и Голије. Остали део овог упоредничког и већи део западног развођа прати дугачку зараван, високу око 1 400 m. Од Осмањаче развође прелази преко мање преседлине изнад извора Моравице (Јабуковачког потока), пење се на Ступску чесму (1 471 m), па преко Белог камена (1 413 m) и Скендеровца (1 383 m) избија на Цигуљ (1 390 m) и Каравчину, пролази испод Васиљевог врха (1 520 m) – највишег узвишења Јавора, и излази на Чемерницу – ширу крашку висораван од 1 400 m.

Одавде развође има северозападни правац све до Муртенице. Оно углавном прати заострене врхове и гребене, чије се висине према северозападу спуштају до 1 197 m (изнад средњег тока Беле реке), одакле

се уздиже све до Бријача (1 480 m) – највећег узвишења Муртенице. Даље, развође поново има меридијански смер, али задржава планински карактер све док не напусти гребен Чиготе (1 422 m) и спусти се на пространу мачкасту висораван (Ршумовић, 1960).

Дугачки венац Збојштица – Дрежнична градина – Благаја заграђује слив према Пожешкој котлини на северу. Слив Моравице на улазу у Пожешку котлину се клинасто сужава и благим косама избија на дно котлине.



Скица 1. Географски положај слива Голијске Моравице

Североисточно развође прати дугачки венац Крстаца са средњом висином од око 620 m, а затим се преко Станојевог врха (733 m) и Самограда (938 m) поново издиже на пространу зараван, средње висине од око 800–840 m. Међутим, развође иде низом узвишења, који се са те заравни уздижу. Изнад слива Лучке реке, највеће десне притоке Моравице, вододелница почиње интензивније да се уздиже. На њој се преко Борове стране (1 246 m), Каменитог лаза (1 314 m) и Наочара (1 257 m) све више осећају планинске карактеристике које постају још изразитије на источној граници јужног, планинског дела слива. Ту се развође преко Белог камена, Округлице (1 490 m), Ривотине (1 560 m), Жарова (1 523 m) и Кулине (1 642 m) ступњевито издиже до Јанковог камена (Ршумовић, 1960).

### ГЕОЛОШКИ САСТАВ

На основу анализе основне геолошке карте 1:100 000 може се закључити да у геолошком саставу слива Моравице учествују палеозојске, мезозојске и кенозојске творевине.

Палеозојске стене захватају 48 % слива Моравице. Простиру се од изворишта Моравице па до Ариља, захватају и део слива горњег тока Лучке реке, слив Грабовице (изузев изворишног дела) и део слива Малог Рзава. Највећим делом је заступљен карбон и захвата 45 % површине слива Моравице. Ту су: карбонски шкриљци, филити, аргилошисти и пешчари. Планински масив Голије претежно је састављен од тих стена. Пермске стене (црвени пешчари и конгломерати) незнатно су заступљене (3 %). Оне су распрострањене на Осмањачи, у горњем делу слива средњег тока Ношнице, а највећим делом на Јавору (Сретенковић, 1955).

Мезозојске стене захватају 37 % површине слива Моравице. То су претежно тријаски кречњаци (27 %). Најзаступљеније су у сливу Великог и Малог Рзава и на изворишту Грабовице. Од њих су изграђене највише планине у овом делу слива, као нпр.: Муртеница, Мучањ, Чешаљ, Кукутница, Градина и Малич. Моћност кречњака је велика, нарочито на Мучњу. У овим стенама су се развиле крашке појаве. Изолована острвца тријаских кречњака налазе се у области планине Јавор. Незнатно су заступљени тријаски рожнаци и туфити (2 %). На десној страни слива Моравице распрострањени су кредни кречњаци и флишни пешчари. Они захватају слив средњег тока Лучке Реке и сливове горњих токова мањих десних притока Моравице све до Ариља.

Мању површину у сливу Моравице захватају и еруптивне стене (5 %).

Дацит се простире у облику мањих узвишења у сливу горњег тока Моравице, а претежно на северозападним падинама Голије. Перидотити и серпентинити захватају 4 % површине слива и распрострањени су у сливу горњег тока Катуннице, леве притоке Великог Рзава (Сретеновић, 1955).

Дно долине и речне терасе изграђени су од речних наноса и језерских олигоценх и неогених наслага.

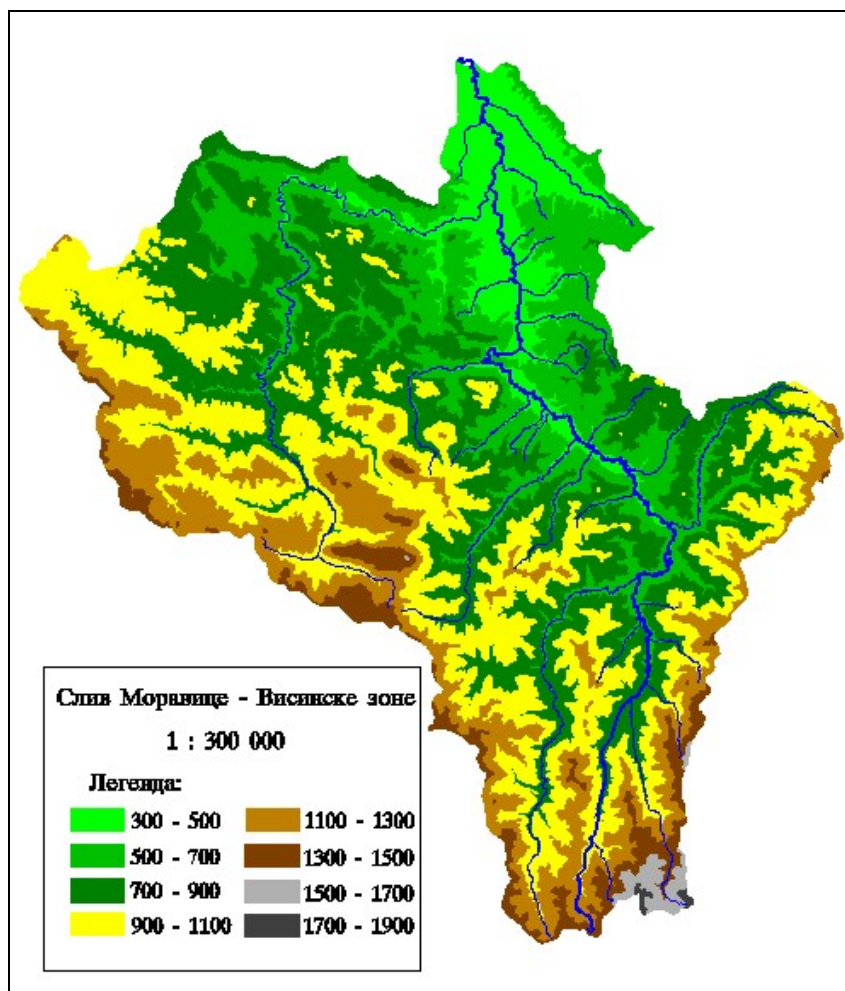
### РЕЉЕФ

У сливу се контрастно истичу две најкрупније и најгрубље морфолошке целине: виши део, изразито планински, и нижи део, пространог и расплинутог побрђа.

Планински део обухвата северне падине Јавора и Голије и планине дуж југозападног развођа са Чемерницом, Муртеницом и Чиготом. Други део, и поред релативно високих узвишења, у целини је знатно нижи и благо нагнут ка северу (скица 2).

Оба дела су избраздана дубоким речним долинама, између којих су узвишења, различитог облика и величине. Она су засечена серијом површи, подова и тераса, тако да слив у целини оставља утисак ступњевите пластике. По дубини дисекције, по размерама развитка и дужине морфолошки се најизразитије истичу долине Моравице, Великог и Малог Рзава. Ове реке, као и долине њихових многобројних притока, засецају слив на најразноврсније начине, најјаче га рашчлањују, чине најизразитије форме његове пластике и главне артерије геоморфолошких процеса (Ршумовић, 1960).

Анализирајући геоморфолошку карту Србије 1:500 000 (Менковић, 2003) већи део слива се налази у делувијално-пролувијалном рељефу, подручју интензивног спирања и јаружања. У западном делу слива, поготово у сливу Великог Рзава, велике површине су под крашким рељефом. Флувијални рељеф је заступљен на алувијалној равни реке Моравице од ушћа до Ивањице.



Скица 2. Висинске зоне у сливу Голијске Моравице

**Долина Моравице.** – Планинску масу Јавора и Голије рашчлањују долине Ношнице, Моравице и Голијске реке. Долина Голијске реке настаје од два краћа и стрма долинска крака, дубоко усечена између Јанковог камена, Пријеког брда, Пашине чесме и Бојевог брда. Моравица извире испод Козје стене (1 350 m), па се код засеока Куманице састаје са Голијском реком. Одавде Моравица тече према северу, све до Међуречја (фото 1).



**Фото 1. Ушће Голијске реке у Моравицу**

Ношница је дуга 34,2 km. Она извире између Руде главице (1 380 m), Бегова брда и Ступске чесме. Тече према северу до испод засеока Буткова, одакле благо заокреће према исток-североистоку, да би се код Међуречја састала са Моравицом.

Меридијански долински делови Ношнице и поменути изворишни кракови Моравице и Голијске реке одликују се необично дубоком дисекцијом, непроходношћу и изразитим клисурастим особинама.

Међуречје је мање ерозивно проширење на саставцима Моравице, Ношнице и речице са севера. Ту се поменути токови састају скоро под правим угловима. Одатле долина Моравице скреће према исток-североистоку, и истог је правца као и доњи ток Ношнице. Тај део долине је клисурастих особина, са незнатним алувијалним равнима и мањим долинским меандрима. Према ушћу Лучке реке долина Моравице благо заокреће у североисточном, а мало низводније од тог ушћа, у северозападном правцу (Ршумовић, 1960).

У долини Моравице морфолошки се истичу три дела: планински – од извора до Међуречја, равничарски – од ушћа Лучке реке до Пожешке котлине и планинско-равничарски, између тих делова.

Први део је меридијанског смера, урезан у северне падине Јавора и Голије, и одликује се изразито планинским карактеристикама: великим падовима, клисурастим особинама и одсуством алувијалних равни. Други део је северозападног и северног правца, мањих падова, слабије изражених клисурастих особина и са знатнијим алувијалним равнима. Трећи део је прелазног карактера: алувијалне равни су уске и спорадичне, испрекидане клисурама, падови су мањи него код првог, а већи него код другог долиноског дела. Осим тога, овај долиноски део је правца пружања југозапад–североисток.

У равничарском делу Моравице смењују се проширења различитих облика и величина са сужењима, која понегде имају карактер типичних клисура. Али, с обзиром на правац пружања, могу се у њему издвојити два дела: први, правца југоисток–северозапад и други, правца југ–север. Први је дуг око 16 km и одликује се мањим проширењима и притокама из североисточног и југозападног правца; други део карактеришу већа проширења и притоке упоредничког правца. Оба дела су раздвојена горостасном клисуром између Малича (1 101 m), Градине (647 m) и Обле главе (803 m) (Ршумовић, 1960).

У првом делу истичу се ивањичко, лисанско и прилично проширење. Ивањичко проширење је дуго око 3 km, а широко 500–600 m. У њему се налази град Ивањица (фото 2). Ово проширење је одвојено од Лисанског клисуром између Сађевца и Мицића крша, дугом 1,5 km. Лисанско проширење је скоро исте дужине као и претходно, али му је ширина нешто већа (око 1 km). Прилично поље је дуго око 6, а широко око 3 km и представља већи ерозивни басен, на чијем је дну Моравица усекла широку алувијалну раван од 400 до 600 m, док је остали део басенског дна рашчлањен бројним притокама у ниске косе. У долини једне такве притоке је извор минералне воде, познати Прилички кисељак. Осим тога, проширење се одликује и асиметријом – десна страна је стрмија од леве.





**Фото 2. Моравица у Ивањици**

Долина Моравице у Манастирској клисури заокреће из северозападног у северни правац већим луком, у којем се запајају два мања, тако да долина оставља утисак долиноског сложеног меандра. Овде је Моравица одсекла од кречњачке греде Обле главе један део и стегла га својим меандром. То је гребен Градине (641 m) (фото 3).

У меридијанском делу долине запајају се равничарски карактери – долина постаје шира, а проширења су већа. Одмах по изласку из Манастирске клисуре она достиже ширину око 500 m, да би се после 4 km проширила у Латвички округласти басен, дуг око 4–5 km, а широк 4 km. Долина се при изласку из Латвичке депресије сужава код Миротина, да би се ускоро развила у пространо Ариљско проширење, које углавном прати токове Моравице и Великог Рзава при њиховом ушћу. То проширење се испод Баракове стене на северу стешњава, па се поново око Милићевог села и Горобиља проширује, и везује за Пожешку котлину. Са југоистока, у то проширење задире дуг и узан рт Муњског брда, у чијем је североисточном подножју долина Краваричке реке (фото 4).



**Фото 3. Моравица у клисури Градина**



**Фото 4. Ушће Моравице и Бетиње**

Веће десне притоке Моравице су Лучка и Краваричка река, а леве, осим поменуте Ношнице, Грабовица, Пањица и Велики Рзав. Осим ових, Моравица има велики број мањих притока од којих ћемо поменути неке значајније.

Југоисточни обод слива – испод Клековице (1 305 m), Равне соје (1 106 m) и Великих ливада (1 280 m), засеца лепезаста изворишна челенка бујичарског тока Будожелске реке. Дуга је око 6 km и истог је правца као Моравица од ушћа Лучке реке до Манастирске клисуре. Њен слив је усечен у непропустљив терен и одликује се мноштвом извора, густом речном мрежом и интензивном дисекцијом.

Лучка река је дуга 21,5 km и њена речна мрежа се одликује перјастом структуром у горњем и средњем делу слива. Сви токови се уливају у Лучку реку на растојању од око 600–700 m. Низводно одавде ток Лучке реке је вијугав, али у основи упоредничког правца. Од поменутих ушћа, као неког хидрографског чвора, зракасто се разилазе праволинијски токови Лучке реке и њених притока. Због тога је хидрографска мрежа Лучке реке у целини радијалне структуре. Попречни долински профили су изразито V-облика, док су у средишњим деловима Лучке и Осоничке реке долинске стране мањег нагиба. У горњем делу долине Рашчићске реке је позната Хаџи-Проданова пећина (Ршумовић, 1960).

Долина Краваричке реке дуга је око 14 km са типично динарским правцем пружања. Долина је релативно широка, блажих долинских страна и рашчлањена мноштвом краћих потока. Таквим особинама она чини упадљив контраст према великој већини осталих притока Моравице.

Својим изворишним крацима Грабовица усеца високе источне падине Мучња. Њен десни крак извире испод Црне стене (1 211 m) – развођа према извору Пресјечке реке, а леви испод Катића – превоја према изворишту Малог Рзава. Долина Грабовице је изразито праволинијска, дуга око 16 km.

Пањица, дуга 13,7 km, настаје од више поточића на северној падини Водица и испод источних кречњачких одсека Кукутнице. У почетку има динарски правац и усечена је у терен од непропустљивих стена. Потом се провлачи између изолованих узвишења Будеча (1 208 m) и Градине (1 140 m), скреће према северу, просеца кречњачку преграду Мачјак дубоком клисуром и избија у Добрачко поље. Одавде Пањица има упореднички правац све до ушћа. У Добрачком пољу долина јој се знатно

проширује, да би се поново сузила у дубоку клисуру између Обле Главе и Малича и спојила са долином Моравице.

**Долина Великог Рзава.** – Велики Рзав настаје од изворишних кракова Пресјечке реке и Буковог потока, који имају правац исток – југоисток – запад – северозапад. Оба ова крака су просекла кречњачки покривач и усекли своје долине у непропустљиве стене. Од саставка ових токова Велики Рзав тече према северу, пробија кречњачку преграду Мучањ–Градац краћом клисуром, прима Малу реку и скреће у благом луку према северозападу. Тај део је усечен у горњотријаске кречњаке између Округлице и Грштене стене (1 288 m) и представља непроходну клисуру дугу око 6 km (Ршумовић, 1960).

Од ушћа Љубишнице, долина Великог Рзава је усмерена углавном према северу, до Дрежничке градине, одакле скреће ка исток-југоистоку и такав правац задржава све до ушћа. Тај меридијански део је дуг око 23 km. Одликује се мањим меандрима, лактастим скретањима и клисурама које местимично прелазе у праве кањоне.



**Фото 5. Велики Рзав код хидролоше станице Радобуђа**

Упореднички део долине је дуг око 16 km. У почетку је усечен у непропустљив терен све до Забрђана, одакле долина добија клисурасто-кањонске одлике. Тај део долине је дуг око 4 km, усечен у кречњаке и непролазан, а речни ток је немиран и брз. Одавде се поменуте долинеке особине према ариљском ерозивном проширењу постепено ублажавају, тј. долина постаје питомија (фото 5).

Долина Великог Рзава је од саставака својих изворишних кракова до ушћа дуга 51 km, а укупна дужина реке Велики Рзав је 66,6 km, и она представља најдужу притоку реке Моравице.

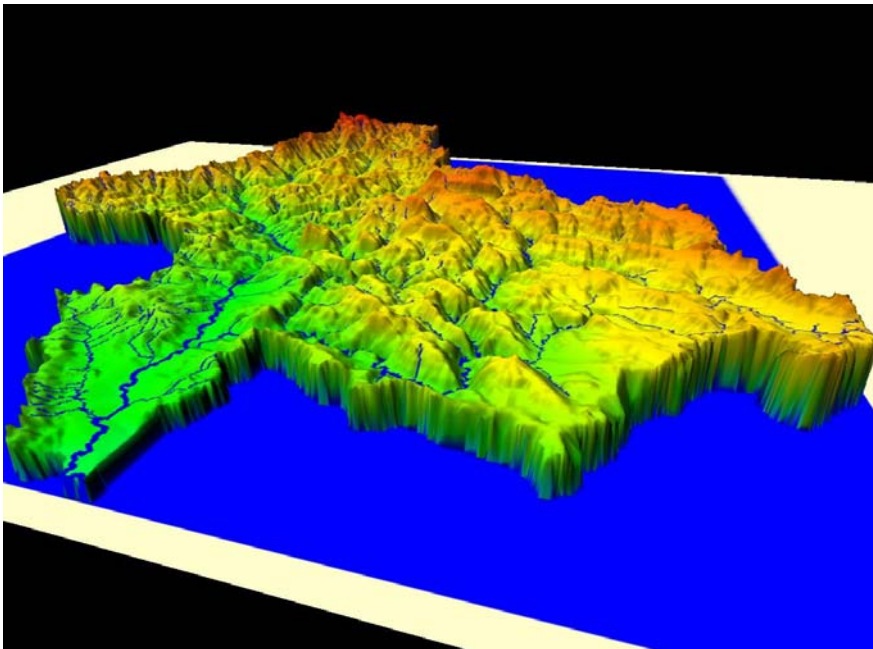
Десне притоке Великог Рзава кратке су и незнатне. Насупрот њима, леве притоке су бројније и знатно дуже. Бела река је изворишним делом усечена у огранке Муртенице. Већим делом горњег тока Бела река је усечена у непропустљиве стене, док је остали део у кречњацима. Бела река је дугачка 17,2 km. Љубишница је дуга 15,9 km. Изворишним делом она напада источни обод златиборског перидотитског масива, док је већим осталим делом усечена у кречњаке. Слично Белој реци, и њен доњи део је непроходан и кањонских особина. Катушница је дуга 24 km и истог је правца као Љубишница. Лактаста скретања и смена клисурастих и блажих долинеких делова, које смо запазили на Великом Рзаву, ни на једној његовој притоци нису тако добро изражена као на Приштавици. Њен изворишни део је усечен у златиборске перидотите, а остали део је већином у кречњаку. У долини Приштавице су извори минералне воде и доњи отвор Стопића пећине, која представља подземни ток краће понорнице у селу Трнава. Нешто дужа притока Приштавице, звана Језеро, долази из села Сирогојно (Ршумовић, 1960).

Мали Рзав сачињава више краћих поточића на падинама Водица (1 111 m), Оштрице (1 141 m) и испод засеока Катићи. Ток му у почетку има правац југоисток – северозапад и обилује мноштвом краћих притока. Долина му је релативно широка, усечена у непропустљиве стене између кречњачких гребена Кукутнице на североистоку, и Клековог брда и Чешаља на југозападу. После 4–5 km поменутог правца Мали Рзав удара о кречњак Округлице дуж којег скреће ка северу. Тај део је дугачак око 2 km и има кањонско-клисурасто обележје. Затим, река често мења правце и то су: меридијански, па динарски, североисточни, динарски и северни правац до ушћа. Дужина Малог Рзава је 39,4 km. Од значајнијих притока Малог Рзава, истичу се Гривска и Биљевачка река. Велики и Мали Рзав одликују се дубоким и скоро без изузетака клисурастим и кањонским долинама. Те

особине су се пренеле и на њихове многобројне притоке и учиниле су рељеф дубоко дисецираним и тешко проходним. Због тога, путеви ређе прате дна долина – углавном међудолинске заравњене косе и ртове. Код оба Рзава се запажа упадљива паралелност њихових долина. Осим тога, обе се реке међусобно јако приближавају: 2,5–6 km. Највише се приближавају код Разложина: растојање између њих у том делу износи свега 1 700 m.

Слив Моравице одликује се асиметријом речног система. Та иста особина се одражава и на сливовима његових притока – Великом и Малом Рзаву. Она је нарочито испољена на Великом, док је на Малом Рзаву знатно слабија.

Дигитализацијом изохипса, а затим њиховом обрадом у програмима *Microstation* и *Idrisi*, добијен је 3Д-модел терена слива Голијске Моравице (скица 3), који, уз даљу обраду, може послужити за моделовање разних хидролошких ситуација у сливу.



Скица 3. 3Д-модел терена слива Голијске Моравице (поглед са севера)

## КЛИМАТСКЕ ОСОБЕНОСТИ

Географски положај и рељеф су основни чиниоци климатских карактеристика. Специфичан положај динарских високопланинских венаца спречава продор субтропских ваздушних маса са Средоземног мора, па је слив Моравице изложен претежно северним и северозападним продорима поларног ваздуха, који долази из северних ширина Атлантског океана, средње и североисточне Европе и Сибира. Овде ће се укратко анализирати основни климатски елементи, који, са осталим факторима, имају велики утицај на водни режим река.

### Температура ваздуха

За приказ температуре ваздуха у сливу Моравице узети су резултати осматрања метеоролошке станице у Ивањици и Пожеги за период 1961–1990. г.

**Табела 1. Средње месечне температуре ваздуха (°C) за период 1961–1990. г. (Дуцић, Радовановић, 2005)**

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Ивањица	-1,6	1,0	4,8	9,7	14,1	16,9	18,5	18,0	14,7	9,8	5,0	0,2	9,3
Пожега	-2,6	0,7	5,1	10,1	14,7	17,7	19,2	18,6	15,1	9,9	4,3	-0,7	9,3

На основу годишњег кретања температуре у Ивањици може се закључити следеће:

- 1) зимски месеци имају средњу температуру ваздуха испод нуле (-0,1 °C); најнижу температуру има јануар (-1,6 °C);
- 2) средња температура летњих месеци износи 17,8 °C; најтоплији месец у години је јули (18,5 °C);
- 3) јесењи месеци имају просечну температуру ваздуха 9,8 °C, а пролећни 9,5 °C;
- 4) нагли пораст температуре ваздуха наступа у марту, када нестаје снежни покривач;
- 5) годишња амплитуда температура ваздуха износи 20,1 °C.

На основу годишњег кретања температуре у Пожеги закључује се следеће:

- 1) зимски месеци имају средњу температуру ваздуха испод нуле (-0,9 °C); најнижу температуру има јануар (-2,6 °C);
- 2) средња температура летњих месеци износи 18,5 °C; најтоплији месец у години је јули (19,2 °C);
- 3) јесењи месеци имају просечну температуру ваздуха 9,8 °C, а пролећни 10,0 °C;
- 4) нагли пораст температуре ваздуха наступа у марту, када нестаје снежни покривач;
- 5) годишња амплитуда температура ваздуха износи 21,8 °C.

Апсолутна максимална температура забележена у Ивањици износи 38,4 °C (26. 07. 1965), у Пожеги – 39,7 °C (4. и 8. 07. 2000), док је апсолутно минимална температура у Ивањици -25,2 °C (13. 01. 1985), а у Пожеги -30,7 °C (13. 01. 1985) (Дуцић, Радовановић, 2005).

### Атмосферске падавине

Атмосферске падавине представљају један од најважнијих фактора отицања, тако да без њихове анализе нису могући сви даљи хидролошки прорачуни. У сливу Моравице има десет кишомernih станица, које су мање-више равномерно распоређене.

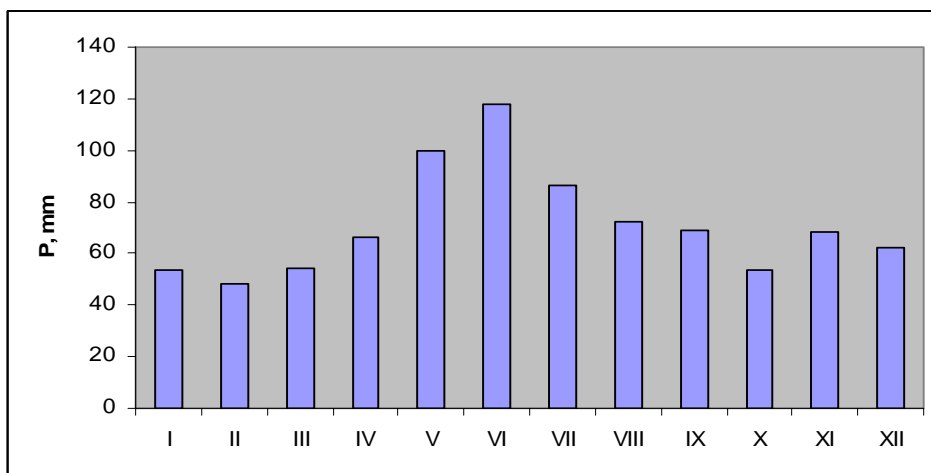
**Табела 2. Средње месечне и годишње висине падавина (mm) за период 1961–1990. г. (Дуцић, Радовановић, 2005)**

Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год.
Ариље	58,3	51,9	53,1	68,5	96,3	93,5	92,4	67,6	70,1	54,5	64,5	64,5	835,2
Ивањица	53,5	48,4	54,0	66,6	99,6	117,7	86,7	72,3	68,9	53,9	68,5	62,6	852,0
Крушчица	61,4	57,2	60,8	72,5	105,0	116,6	84,5	78,9	79,0	59,2	78,4	70,3	924,0
Сирогојно	63,3	60,3	60,9	76,7	102,8	105,2	90,3	77,7	79,4	65,0	85,9	62,7	930,0
Скржуги	69,3	62,7	66,2	76,7	109,1	109,3	100,2	76,9	77,7	62,1	86,8	81,0	978,0
Љубиш	70,1	61,2	66,9	78,9	112,1	125,0	91,2	73,4	81,0	73,7	88,2	74,9	997,2
Катићи	67,5	60,8	68,0	76,7	110,9	118,4	82,9	77,5	74,5	62,0	81,7	76,6	957,6
Кушићи	64,8	58,0	60,3	72,1	116,4	122,1	96,1	83,3	76,7	66,3	76,8	70,6	963,6
Осоница	66,9	60,4	70,3	81,9	119,0	136,8	106,2	81,7	78,7	58,4	76,4	77,4	1014,0
Косовица	62,9	56,4	60,4	68,1	102,5	114,9	92,8	75,2	67,6	56,2	77,5	71,9	906,0



Као што се види, максимум падавина у сливу Моравице је у јуну, у сливу горњег тока износи 12,7 % (Косовица), у сливу средњег – 13,8 % (Ивањица) а у сливу доњег тока – 11,5 % (Ариље) од укупне годишње количине падавина. Минимум падавина у сливу горњег тока Моравице је у октобру 6,2 %, средњег у фебруару – 5,7 % а доњег, такође, у фебруару – 6,2 % од укупне годишње количине падавина.

На скици 4 дат је графикон годишње расподеле средњих месечних падавина у Ивањици. Оваква расподела одговара и осталим наведеним станицама. Из њега се види да је максимум падавина у сливу Моравице у јуну, минимум у фебруару, а постоји и секундарни минимум, у октобру.



**Скица 4. Средње месечне падавине у Ивањици за период 1961–1990. г.**

Из свега наведеног, може се закључити да плувиометријски режим у сливу Моравице припада типу континенталног плувиометријског режима са летњим максимумом и зимским минимумом.

На основу података десет горе наведених станица, које припадају сливу и околних станица, састављена је изохијетна карта слива за период 1961–1990. г. (скица 5). Она показује да се са повећањем надморске висине повећава и годишња количина падавина. У доњем делу слива излучује се до 800 mm падавина, у средњем делу – од 800 до 900 mm, у горњем делу слива – преко 900 mm, а на подручју Голије, Јавора, Муртенице и преко

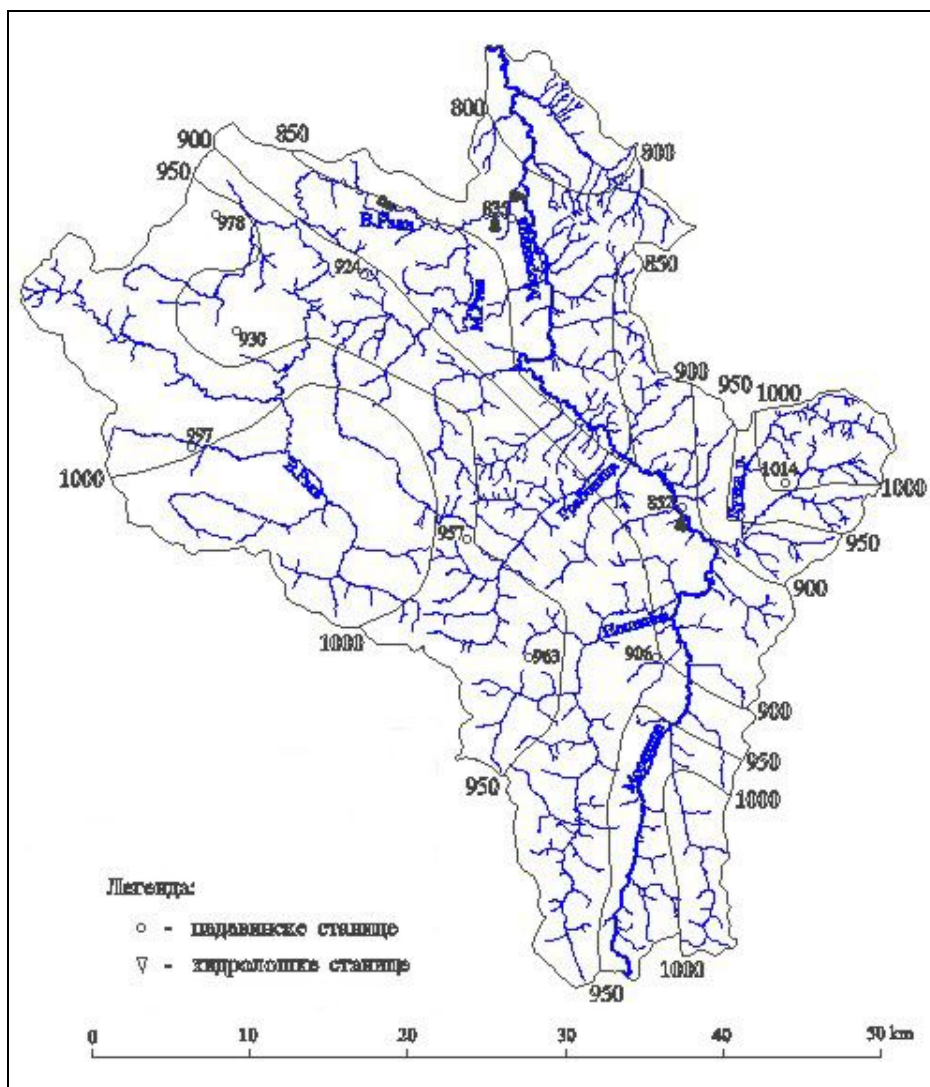
1 000 mm. У сливу Моравице на површини од 51 km<sup>2</sup> излучује се до 800 mm падавина, 800–900 mm на 397 km<sup>2</sup>, 900–1 000 mm на 802 km<sup>2</sup> и преко 1 000 mm на 268 km<sup>2</sup>. Средња годишња висина падавина за цео слив Моравице, израчуната методом изохијета, износи 933 mm, а методом аритметичке средине – 936 mm, што значи да је разлика занемарљива. Ако упоредимо ову величину са досадашњим резултатима – 917 mm за период од 1925 до 1940. г. (Сретенковић, 1955) и 930 mm за период од 1951 до 1980. г. (Оцокољић, 1987), видимо да одступања не прелазе 2 %.

Методом изохијета су израчунате и средње годишње висине падавина за слив Великог Рзава (959 mm) и за четири хидролошке станице које су неопходне за даље хидролошке прорачуне: станица (ст.) Ивањица – река (р.) Моравица:  $X_{sr.} = 948$  mm; ст. Ариље – р. Моравица:  $X_{sr.} = 934$  mm; ст. Роге – р. Велики Рзав:  $X_{sr.} = 972$  mm; ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $X_{sr.} = 963$  mm.

Нивални чинилац режима има велики утицај на водостање и протицај река. Због тога је потребно укратко приказати просторни и временски распоред падавина у облику снега.

Снежне падавине су неравномерно распоређене у сливу и повећавају се са надморском висином. У сливу горњег тока Моравице износе 30 % (Љубиш), средњег – 23 % (Ивањица) и доњег – 16 % (Пожега) од укупне годишње количине падавина (Сретенковић, 1955). Највише снежних падавина има децембар. Јесен има упола мање снежних падавина од пролећа.

Број дана са снегом повећава се са надморском висином: у сливу горњег тока износи 38 дана, средњег – 31 и доњег – 22 дана. Иста законитост се односи и на број дана са снежним покривачем: у сливу горњег тока снежни покривач траје 101 дан, средњег 39 и доњег тока 25 дана. У сливу горњег тока Моравице број дана са снежним покривачем је око 2,5 пута већи од броја дана са снегом. Са снижавањем надморске висине та се разлика нагло смањује (Сретенковић, 1955). На основу свега тога може се закључити да се са порастом надморске висине повећава и утицај нивалног чиниоца на режим Моравице.



Скица 5. Изохијетна карта слива Голијске Моравице

### ПЕДОЛОШКИ САСТАВ

На основу педолошке карте Србије 1:600 000 (Група аутора, 1951), највећу површину захватају скелетна и скелетоидна оподзољена тла – око 87 % укупне површине слива. Подзоли су заступљени са око 12 %, а алувијално-делувијалне наслаге са око 1 % површине.

Скелетно земљиште је састављено од грубих састојака – од камења, шљунка, песка и сиромашно је хумусом. Оно представља право шумско земљиште. Погодно је за развој ерозије тла и даје много материјала за речне наносе. На великим површинама таквог земљишта искрчене су шуме и оно се обрађује, што доприноси деградацији продуктивног тла.

Подзоласти типови тла развијени су на дну долина, на терасама и благим нагибима доњег и средњег тока Моравице, Малог Рзава и доњег тока Великог Рзава. Речни наноси на дну долина су врло плодни. Они су нарочито заступљени у Пожешкој котлини (Сретенковић, 1955).

### ВЕГЕТАЦИЈА

Климатске разлике у сливу Моравице утичу на разноврсност биљног света. Разноврсни биљни покривач слива је у знатној мери очуван. За цео слив Моравице постоје статистички подаци о структури привредних површина за 1953. г., а за подручје општине Ивањица, која заузима горњи део слива Моравице, расположиви су подаци за 2004. г.

Према статистичким подацима за 1953. г., структура привредних површина изгледала је овако:

- Оранице и баште 18,6 %;
- Воћњаци 4,6 %;
- Пашњаци и ливаде 33,8 %;
- Шумско земљиште 39,1 %;
- Неплодно земљиште 3,9 %.

Оранице се претежно простиру у долинама и на благим падинама, али их има и на стрмом планинском земљишту, које се обрађивањем излаже утицају ерозије. Након извесног времена таква земљишта се напуштају као неплодна. На њима се тешко обнавља шумска вегетација.

Пашњаци и ливаде захватају 34 % од укупне површине слива Моравице и распрострањени су по целом сливу. Пашњаци су највећим делом планински (Сретеновић, 1955).

Шумско земљиште обухвата највећу површину слива Моравице и износи 39 % површине, док се под шумском вегетацијом налази 30,5 %. Структура шумских површина је следећа:

I) шуме – 86 %, а од тога:

1) очуване шуме – 82 %, од тога: лишћари – 80 %, четинари – 20 %;

2) неуређене, опустошене шуме и шикаре – 18 %;

II) необрасло шумско земљиште – 14 %.

Као што се види, шумско земљиште је највећим делом обрасло шумом (86 %), која је већином очувана (82 %). Она се састоји од високих и ниских изданачких биљака. Листопадне шуме састоје се претежно од букве и храста, а четинарске од јеле и бора. Опустошене, неуређене и нерационално искоришћене шуме заступљене су са 18 %. На необрасла шумска земљишта (кршеви и голети) отпада 14 % шумског земљишта.

Површине под шумом распрострањене су по целом сливу Моравице, али се посебно издваја слив горњег тока, који има већу шумску површину (49 % укупне површине општине Ивањица), нарочито слив Голијске реке, на коме се протеже четинарски комплекс Голије. У сливу Великог Рзава појављују се изоловане шумске површине, док је слив Катушнице већим делом оголићен.

На присојним странама планина најраспрострањеније су њиве и воћњаци, хрстове и листопадне шуме, а на осојним странама преовлађују ливаде и пашњаци. На дну и блажим странама долина река, нарочито у долини Моравице, највише је њива, ливада и воћњака, а у новије време све је више малињака.

Због тога, у сливу Моравице биљни покривач је готово непрекидан и састоји се највећим делом од шумске и травне вегетације (64,3 %). Овакав биљни покривач, осим осталих фактора, утиче на стварање богате издани у сливу Моравице као и на равномерније отицање атмосферске воде.

## ХИДРОЛОШКЕ ОСОБЕНОСТИ

### ХИДРОГРАФСКИ СИСТЕМ МОРАВИЦЕ

Пре него што се крене на излагање морфометријских и хидролошких карактеристика речне мреже, резултата прорачуна водног режима Моравице и њених значајнијих притока, биће објашњен поступак којим се дошло до стварања подлоге, која је неопходна за све будуће прорачуне и добијање свих потребних карактеристика.

Прво је сакупљено осам топографских карата размере 1: 50 000, које се односе на слив Моравице. Затим су те карте скениране и геореференциране, тј. карта је стављена у државни координатни систем у програму *Microstation*. Све реке у сливу, границе слива и подсливова, изохипсе, падавинске и хидролошке станице и остали елементи су издигитализовани и смештени у различите лејере (нивое), што дозвољава лакшу употребу при добијању нових података и креирању нових тематских карата. Грешка при геореференцирању је  $\delta < 5$  метара, што одговара 0,1 mm на карти. То значи да су основне морфометријске карактеристике слива Моравице (површине слива и подсливова, ширина слива и сл.) и дужине водотока, израчунате помоћу софтверског пакета *Microstation*, довољне тачности. Овакав издигитализовани слив Моравице представља добру подлогу (геометријски део Географског информационог система – ГИС-а), којој ће се касније у програму *Geomedia* додати база података (атрибутни део ГИС-а) и образovati Географски информациони систем слива Моравице, који ће омогућити даље манипулисање подацима и добијање нових података, веома корисних за даља хидролошка истраживања.

Хидрографска мрежа слива Моравице већ је приказана на скици 5, а у табели 3 дата су основна морфометријска својства значајнијих водотока.

Табела 3. Основна морфометријска својства река у сливу Моравице

А

Бр.	Назив реке	Слив	Притока (л/д)	Удаљеност од ушћа km
1	Моравица	Западне Мораве	десна	-
2	Голијска река	Моравице	десна	68,3
3	Ношница	Моравице	лева	57,9
4	Лучка река	Моравице	десна	50,3
5	Грабовица	Моравице	лева	39,8
6	Пањица	Моравице	лева	29,9
7	Велики Рзав	Моравице	лева	13,1
8	Бела река	Великог Рзава	лева	53,4
9	Љубишница	Великог Рзава	лева	48,9
10	Катушница	Великог Рзава	лева	44,4
11	Приштаница	Великог Рзава	лева	25,9
12	Мали Рзав	Великог Рзава	десна	6,4
13	Крваричка река	Моравице	десна	5,7

Б

Бр.	Географске координате				Дужина (km)	Површина слива (km <sup>2</sup> )
	извора		ушћа			
	источна дужина	северна ширина	источна дужина	северна ширина		
1	20° 11' 39"	43° 19' 14"	20° 04' 57"	43° 50' 50"	86,9	1 518
2	20° 16' 30"	43° 20' 11"	20° 13' 41"	43° 27' 39"	15,8	43
3	20° 09' 49"	43° 18' 57"	20° 14' 00"	43° 32' 08"	34,2	177
4	20° 23' 54"	43° 37' 14"	20° 15' 29"	43° 33' 59"	21,5	94
5	20° 02' 11"	43° 30' 45"	20° 10' 51"	43° 37' 10"	22,2	87
6	20° 03' 36"	43° 35' 44"	20° 06' 06"	43° 39' 50"	13,7	48
7	20° 01' 28"	43° 30' 52"	20° 06' 23"	43° 46' 10"	66,6	589
8	19° 52' 52"	43° 33' 54"	19° 57' 25"	43° 35' 13"	17,2	51
9	19° 47' 14"	43° 36' 54"	19° 55' 24"	43° 36' 56"	15,9	44
10	19° 43' 03"	43° 42' 23"	19° 54' 58"	43° 38' 48"	24,0	86
11	19° 48' 21"	43° 42' 25"	19° 55' 46"	43° 44' 42"	18,6	84
12	20° 04' 20"	43° 34' 25"	20° 03' 25"	43° 44' 36"	39,4	119
13	20° 13' 36"	43° 44' 50"	20° 06' 12"	43° 49' 12"	14,3	43

Хидрографска својства слива Моравице су:

а) Дужина слива – 59,8 km;

б) Средња ширина слива,  $V = F/L_s$ , ( $F$  – површина слива,  $L_s$  – дужина слива) – 25,4 km;

в) Коефицијент издужености слива,  $\delta = L^2/F$  ( $L$  – дужина реке (km);  $F$  – површина слива (km<sup>2</sup>)) – 4,97;

г) Средња висина слива ( $H_{sr.}$ ) добијена је по формули:

$$H_{sr.} = \frac{f_1 H_1 + f_2 H_2 + \dots + f_n H_n}{F}, \text{ где су } f_1, \dots, f_n \text{ – површине између изохипси (km}^2\text{);}$$

$H_1, \dots, H_n$  – средње висине између изохипси (km);  $F$  – површина слива (km<sup>2</sup>).

У табели 4 дата је расподела површина слива по висинским зонама. По горе наведеној формули добија се:  $H_{sr.} = 1\,279,013/1\,518,041 = 0,843 \text{ km} = 843 \text{ m}$ . Сад је могуће конструисати и хипсографску криву слива реке Моравице (скица б).

Поред ове детаљне методе, средња висина слива реке Моравице израчуната је и методом квадрата. Цео слив је подељен на квадрате од 4 km<sup>2</sup> и за сваки квадрат је одређена средња висина, затим је збир свих висина квадрата подељен са бројем квадрата. Грешка ове методе је 2,0 % у односу на детаљну методу (површину између изохипси) а средња висина је  $H_{sr.} = 860 \text{ m}$  надморске висине.

д) Просечан пад слива – 0,36 (360 ‰), израчунат је по формули:  $i_F = h ((l_0 + l_1/2) + (l_1 + l_2/2) + \dots + (l_{n-1} + l_n/2))/F$ , где је  $h$  – еквилистанца између изохипси (у km);  $l_0, l_1, \dots, l_n$  – дужина изохипси (km);  $F$  – површина слива (km<sup>2</sup>).

ђ) Коефицијент асиметрије слива је  $k_a = F_l/F_d$ , где су  $F_l$  и  $F_d$  површине леве и десне стране слива, и он одражава неравномерну расподелу површина леве и десне стране слива. У сливу Моравице је  $k_a = 2,59$ , што значи да је површина леве стране знатно већа од десне, јер је  $k_a > 1$ .

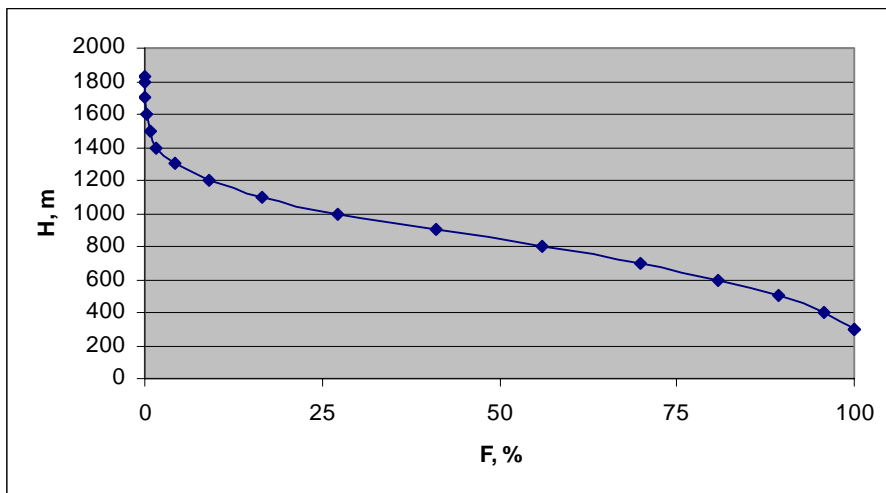
е) Коефицијент развитка развођа слива одређује се по формули:  $m = S/S'$  и износи 1,67, где је  $S$  – дужина развођа (km) а  $S'$  – обим круга, чија је површина једнака површини слива;  $S' = 2\pi r$ ,  $F = \pi r^2$ , одавде је

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, S' = 2\pi \sqrt{\frac{F}{\pi}}.$$



**Табела 4. Одређивање средње висине слива Моравице**

Бр.	H, m	F, km <sup>2</sup>	H <sub>sr.</sub> између изохипси, km	F·H
1	1 834–1 800	0,09	1,82	0,157897
2	1 800–1 700	1,22	1,75	2,134248
3	1 700–1 600	3,63	1,65	5,98554
4	1 600–1 500	6,30	1,55	9,764582
5	1 500–1 400	13,44	1,45	19,49453
6	1 400–1 300	39,07	1,35	52,74423
7	1 300–1 200	75,37	1,25	94,21113
8	1 200–1 100	112,37	1,15	129,2301
9	1 100–1 000	161,35	1,05	169,4196
10	1 000–900	210,59	0,95	200,0567
11	900–800	225,85	0,85	191,9734
12	800–700	209,33	0,75	156,9975
13	700–600	166,01	0,65	107,9065
14	600–500	133,26	0,55	73,293
15	500–400	96,10	0,45	43,24302
16	400–300	63,59	0,35	22,25717
17	< 300	0,48	0,30	0,14418
сума				1279,013



**Скица 6. Хипсографска крива слива Моравице**

Хидрографска својства реке Моравице су следећа:

а) Коэффициент развитка речног тока Моравице је  $K = \frac{L}{L'} = 1,47$ , где је  $L$  – дужина реке а  $L'$  – дужина праве која повезује извор и ушће реке.

б) Густина речне мреже је  $D = \frac{\sum L}{F} = 0,72 \text{ km/km}^2$ , где је  $\sum L$  – дужина свих површинских водотока (km);  $F$  – површина слива ( $\text{km}^2$ ). Густина речне мреже израчуната је само за све сталне површинске токове. Периодични токови нису рачунати, тако да се густина речне мреже која је овако израчуната разликује од  $1,25 \text{ km/km}^2$ , која обухвата и периодичне речне токове (Сретенковић, 1955).

в) Просечан пад за цео ток Моравице износи  $I = (h_1 - h_2)/L = (1\ 350 - 300)/86\ 900 = 0,01208$  или  $12 \text{ m/km} = 12,1 \text{ ‰}$ , где је  $h_1$  – апсолутна висина извора (m);  $h_2$  – апсолутна висина ушћа (m);  $L$  – дужина реке (m). Међутим, падови се доста разликују на различитим деоницама тока Моравице и на њеним притокама. Тако је средњи пад на горњем току Моравице све до Ивањице  $I = 23,2 \text{ ‰}$ , од Ивањице до Ариља  $I = 3,5 \text{ ‰}$  а од Ариља до ушћа  $I = 1,9 \text{ ‰}$ . Просечан пад за цео ток Великог Рзава је  $I = 15,5 \text{ ‰}$ , а највећи просечан пад у сливу има Голијска река ( $63,9 \text{ ‰}$ ).

Водна снага реке може да се израчуна за целу њену дужину (катастарска или укупна снага), за одређени део реке, а такође на јединицу дужине (специфична снага). Ови показатељи ће добро доћи касније, кад се буду разматрали хидроенергетски потенцијал слива и његово коришћење. У табели 5 приказани су резултати прорачуна водних снага реке Моравице и Великог Рзава за четири хидролошке станице и на ушћу.

**Табела 5. Водне снаге Моравице и Великог Рзава**

Станица	Река	N (kW)	N <sub>спец.</sub> (kW/km)	N <sub>слива.</sub> (kW/km <sup>2</sup> )
Ивањица	Моравица	61 483	1 576	129
Ариље	Моравица	106 269	1 451	128
Роге	Велики Рзав	56 276	1 082	130
Ариље	Велики Рзав	79 570	1 236	141
ушће*	Моравица	191 394	2 202	126

\* Протицај на ушћу Моравице добијен је као збир протицаја Моравице и Великог Рзава код Ариља.

## ВОДНИ РЕЖИМ

У сливу Моравице постоји или је постојало десет хидролошких станица, на којима су се мерили водостај и протицај воде. Међутим, дугогодишњи низ осматрања имају само четири станице, које су и узете за даљу хидролошку обраду. То су станице Ивањица и Ариље, на Моравици, и станице Роге и Ариље, на Великом Рзаву. Узет је период осматрања 1961–2000. г.

### Водостај

У табели 6 приказани су средњи месечни и годишњи водостаји за период осматрања 1961–2000. г. (осим за станице у Ариљу, где је приказан период 1978–2000. г. зато што су коте „0“ водомера биле промењене 1977. г. да би се избегле негативне вредности водостаја).

**Табела 6. Средњи месечни и годишњи водостаји (cm)  
за период 1961–2000. г.**

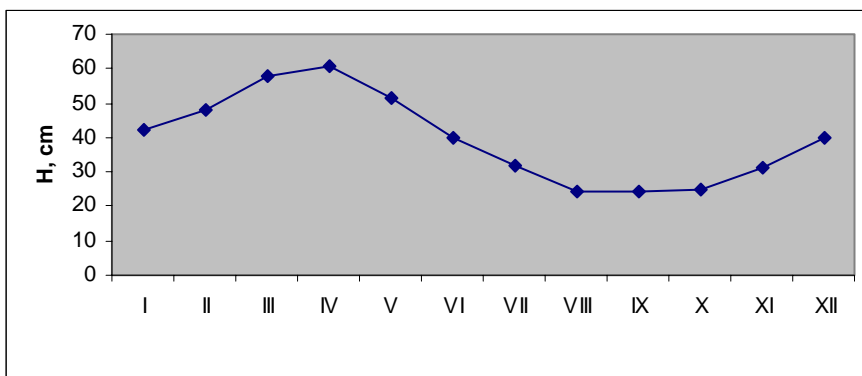
Река	Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.	амп.
Моравица	Ивањица	42	48	58	61	51	40	32	25	24	25	32	40	40	36
Моравица	Ариље*	46	53	68	74	58	46	30	18	18	18	29	41	42	55
Велики Рзав	Роге	61	67	73	73	67	62	55	49	50	52	57	63	61	24
Велики Рзав	Ариље*	55	63	71	69	67	57	48	38	39	40	44	53	54	33

\* Период 1978–2000. г.

Из табеле 6 види се да на свим станицама у сливу постоји по један високи и ниски водостај.

Високи водостај се јавља у пролеће, са максималним средњим месечним водостајима у априлу (Моравица) и марту (Велики Рзав), а ниски – крајем лета и почетком јесени са минимумом у септембру (Моравица) и августу (Велики Рзав). Прелаз од максимума ка минимуму графички се може приказати у облику једноставне кривуље, и он је под узајамним утицајем расподеле падавина у облику кише и снега у току године (скица 7).

Колебање средњих месечних водостаја током године размотриће се на примеру Моравице код Ивањице (скица 7). Минимални средњи месечни водостај је у септембру (24 cm) и поклапа се са минимумом падавина (септембар–октобар). Томе доприноси и релативно висока температура ваздуха (у септембру 14,7 °C), због чега је испаравање тада још увек знатно. Затим водостај постепено расте услед повећаних падавина и смањеног испаравања, и у децембру се изједначаје са средњим годишњим падавинама. Снег се током зимских месеци акумулира и почиње нагло да се отапа у марту, када долази до пораста температуре и водостај се брзо повишава и достиже максимум у априлу. Водостај од априла опада све до септембра и поред тога што је максимум падавина у јуну.

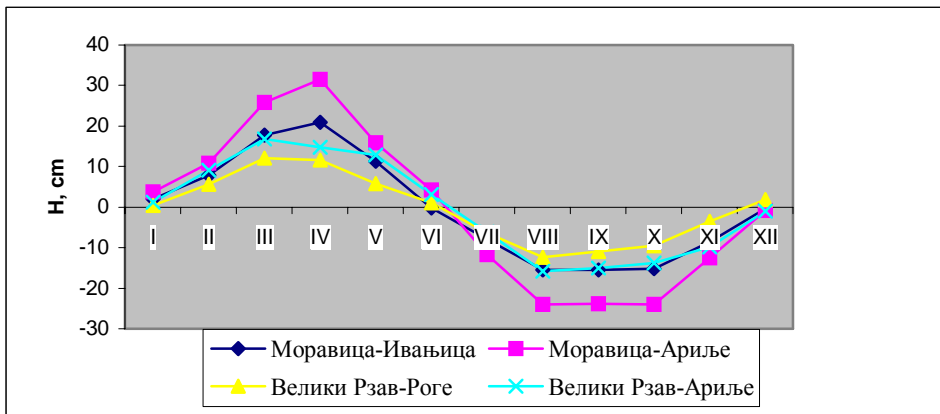


**Скица 7. Нивограм реке Моравице код Ивањице за период 1961–2000. г.**

Ако се средњи годишњи водостаји за све четири станице означе нулом и унесу се позитивна и негативна одступања средњих месечних водостаја у истој размери, добиће се графикон поређења колебања водостаја у току године за поменуте станице (скица 8). Графикон показује две величине: одступање средњих месечних од средњег годишњег водостаја и разлику одступања средњих месечних водостаја између појединих станица.

Из графикона може се закључити следеће: код све четири станице негативна одступања су од јула до децембра, а позитивна од јануара до јуна. Затим, најнижи средњи месечни водостаји су у септембру и августу, а максимални у априлу и марту. Током високих и ниских водостаја разлика одступања средњих месечних водостаја између поменутих станица је

велика (15–20 cm), док је у зимским месецима (од децембра до фебруара) и у јуну мала (до 4 cm).



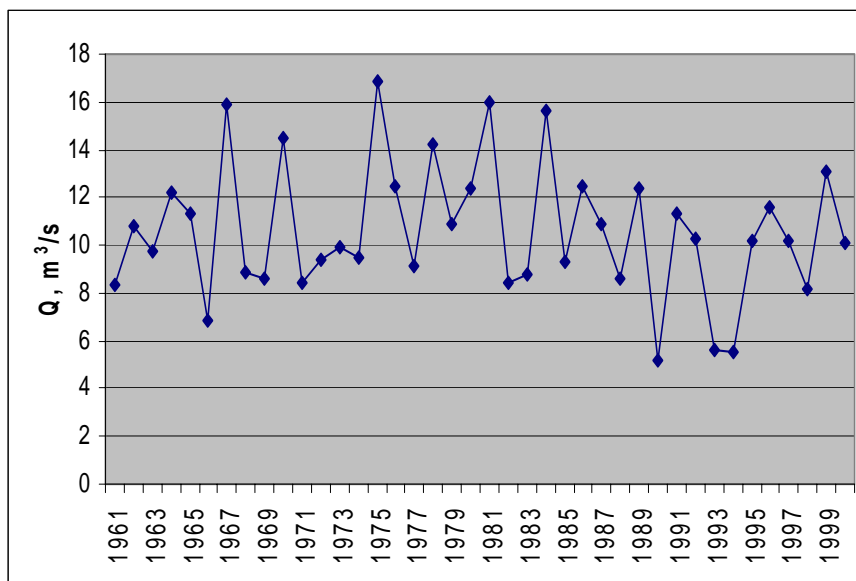
**Скица 8. Графикон поређења колебања средњих месечних водостаја Моравице и Великог Рзава за период 1961–2000. г.**

Амплитуде средњих годишњих колебања водостаја у сагласности су са утицајем шума на равномерност отицања, тако да је амплитуда у Ивањици мања од амплитуде у Ариљу јер је у сливу горњег тока Моравице пошумљеност већа. То се исто односи и за станице на Великом Рзаву. Величине колебања на станицама у Ариљу мало су веће од стварних јер је узет краћи период осматрања.

Ово поређење водостаја показује: 1) да су колебања водостаја на свим станицама приближно међусобно уједначена; 2) да је заједничким дејством плувијалног и нивалног чиниоца условљена континуалност кретања водостаја током године у облику једноставне кривуље и 3) да Моравица и Велики Рзав припадају плувио-нивалном режиму умерено-континенталне варијанте (Сретеновић, 1955).

### Годишњи протицај

На скици 9 приказано је колебање средњих годишњих протицаја Моравице код Ариља за период 1961–2000 г. Минимални средњи годишњи протицај воде за осматрани период износи  $5,18 \text{ m}^3/\text{s}$  (1990. г.), а максимални –  $16,9 \text{ m}^3/\text{s}$  (1975. г.).



**Скица 9. Хидрограм средњих годишњих протицаја Моравице код Ариља за период 1961–2000. г.**

Просечни вишегодишњи протицај ( $Q_0$ ) Моравице и Великог Рзав износи:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_0 = 6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_0 = 10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 5,92 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 7,86 \text{ m}^3/\text{s}$ .

За оцену тачности прорачуна средњег вишегодишњег протицаја одређене су средње квадратне грешке средњег вишегодишњег протицаја ( $E_{Q_0}$ ).

Прорачуни коефицијента варијације дати су у табели 7. Коефицијенти варијације годишњег отицаја су скоро изједначени за све 4 станице:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $C_v = 0,27$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $C_v = 0,26$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $C_v = 0,26$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $C_v = 0,25$ ;

Средње квадратне грешке средњег вишегодишњег протицаја износе:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $E_{Q_0} = 4,77 \%$  или  $\delta_{Q_0} = 0,331 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $E_{Q_0} = 4,11 \%$  или  $\delta_{Q_0} = 0,436 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $E_{Q_0} = 4,67 \%$  или  $\delta_{Q_0} = 0,276 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $E_{Q_0} = 4,06 \%$  или  $\delta_{Q_0} = 0,319 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

где је  $\delta_{Q_0}$  – апсолутна величина средње квадратне грешке.

Дужина низа осматрања је довољна за одређивање  $Q_0$  ако је  $\delta_{Q_0} \leq 5-10 \%$   $Q_0$ . Све четири станице испуњавају овај услов, тако да се горе израчунате величине средњег вишегодишњег протицаја могу назвати *нормом отицаја*. Норма хидролошких величина је средње аритметичко значење карактеристика хидролошког режима за вишегодишњи период такве дужине, при чијем се повећању добијена средња вредност знатно не мења.

Отицај воде може се изразити и кроз специфични отицај ( $q$ ), запремину отицаја ( $W$ ) и висину отицаја ( $Y$ ). Примењујући одговарајуће формуле добија се следеће:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $q_0 = 14,6 \text{ l/s/km}^2$ ;  $W_0 = 218,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$ ;  
 $Y_0 = 461 \text{ mm}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $q_0 = 12,8 \text{ l/s/km}^2$ ;  $W_0 = 334,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$ ;  
 $Y_0 = 403 \text{ mm}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $q_0 = 13,7 \text{ l/s/km}^2$ ;  $W_0 = 186,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$ ;  
 $Y_0 = 432 \text{ mm}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $q_0 = 13,9 \text{ l/s/km}^2$ ;  $W_0 = 247,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$ ;  
 $Y_0 = 440 \text{ mm}$ .

Коефицијент отицаја (С), који показује који део падавина излучених на површини слива отиче у реку и храни њен протицај, има следеће просечне вишегодишње вредности:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $C = 49 \%$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $C = 43 \%$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $C = 44 \%$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $C = 46 \%$ .

Осим ове методе одређивања средњег годишњег отицаја, утврђен је за све четири станице и годишњи отицај учесталости  $P = 75, 90$  и  $99,9 \%$  преко параметара криве учесталости методом момената (метод серија).

Колебање годишњег отицаја условљено је великим бројем фактора. При доста дугачким и репрезентативним серијама осматрања прорачун годишњег отицаја треба радити по кривама обезбеђености, тј. учесталости.

Обезбеђеност неке хидролошке карактеристике јесте вероватноћа да разматрана величина може бити превазиђена у целом скупу свих могућих величина. Обезбеђеност годишњег отицаја (Р) може да се назове средњим бројем година (изражен у процентима, што представља удео од укупних година), чији је годишњи отицај једнак или већи од датог (Лучшева, 1976).

Као пример, навешћемо прорачун годишњег отицаја реке Моравице код Ариља.

Емпиријске криве учесталости годишњег отицаја конструишу се по вероватноћи појаве  $P \%$  емпиријских тачака. Израчунате  $P \%$  налазе се у табели 7. Емпиријске тачке нанесене су на полулогаритамску мрежу вероватноће – апсциса је дата у логаритамској, а ордината у аритметичкој размери (скица 10).

Аналитичке криве учесталости примењују се за исправљање и екстраполацију емпиријских кривих. Теоријске шеме аналитичких кривих учесталости, које се употребљавају при хидролошким прорачунима случајних величина, представљају шеме биноминалне и трипараметарске гама-расподеле.



Параметри аналитичких кривих учесталости су: средњи вишегодишњи протицај ( $Q_0$ ), коефицијент варијације ( $C_v$ ) и коефицијент асиметрије ( $C_s$ ). Методи израчунавања  $C_v$  и  $C_s$  зависе од коефицијента варијације  $C_v$ : а) при  $C_v < 0,5$  користи се метод момената (серија), б) при  $C_v > 0,5$  користи се метод највеће вероватноће, в) графо-аналитички метод примењује се у случају коришћења биноминалне криве учесталости при било којем  $C_v$ .

При избору методе по којој ће се одређивати параметри  $C_v$  и  $C_s$  мора се приближно знати каква је вредност  $C_v$ . То се обично може урадити по картама  $C_v$ , а ако нема карата, онда из неких претходних радова. Из рада Оцокољића (1991) види се да је годишњи коефицијент варијације на Моравици код Ариља 0,28. Дакле, у овом случају на све четири станице је  $C_v < 0,5$ . Зато ћемо користити методу момената (серија).

Коефицијент варијације  $C_v$  – безразмерни статистички параметар, показује променљивост случајне величине у времену.

Прорачуни за  $Q_0$  и  $C_v$  већ постоје (табела 7).

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_0 = 6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,27$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_0 = 10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,26$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 5,92 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,26$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 7,86 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,25$ .

Релативне средње квадратне грешке коефицијента варијације износе:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $E_{C_v} = 12,9 \%$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $E_{C_v} = 11,6 \%$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $E_{C_v} = 13,1 \%$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $E_{C_v} = 11,8 \%$ .

Ако је  $E_{C_v} \leq 10\text{--}15 \%$ , онда је дужина низа осматрања довољна. У овом случају све четири станице испуњавају овај услов.

Коефицијент асиметрије  $C_s$  – безразмерни статистички параметар, показује степен несиметричности низа случајне величине према њеној средњој вредности. Он се одређује избором најбољег подударња аналитичке и емпиријске криве учесталости. Како су раније показали хидролошки

прорачуни речног отицаја, однос  $C_s$  и  $C_v$  колеба се у границама од  $C_s/C_v = 1$  до  $C_s/C_v = 4$ . Најчешће је однос  $C_s/C_v = 2$  (Лучшева, 1976).

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $C_s = 0,08$ ;  $\sigma_{C_s} = 697$  %;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $C_s = 0,35$ ;  $\sigma_{C_s} = 133$  %;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $C_s = 0,26$ ;  $\sigma_{C_s} = 203$  %;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $C_s = 0,14$ ;  $\sigma_{C_s} = 324$  %,

где је  $\sigma_{C_s}$  – релативна средња квадратна грешка коефицијента асиметрије при асиметричном распореду низа.

Видимо да су грешке  $C_s$  веома велике и за избор аналитичке криве учесталости примењујемо метод одабирања. За другу варијанту прорачуна узима се однос  $C_s = 2C_v$ . Коначни усвојени параметри су:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_0 = 6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,27$ ;  $C_s = 0,08$  и  $C_s = 2C_v$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_0 = 10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,26$ ;  $C_s = 0,35$  и  $C_s = 2C_v$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 5,92 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,26$ ;  $C_s = 0,26$  и  $C_s = 2C_v$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 7,86 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,25$ ;  $C_s = 0,14$  и  $C_s = 2C_v$ .

Прорачун ордината аналитичке криве учесталости по методу момената (серија) изводи се при израчунатим по формули  $C_s$  и  $C_s = 2C_v$ . По  $C_s$ , израчунатим по табели Рибикина (Лучшева, 1976) одређују се одступања ордината биноминалне асиметричне криве учесталости од средњег значења (табела 8).

Одступање ординате се означава са  $\Phi$ . Због тога што су одступања од средине пропорционална  $C_v$ ,  $\Phi$  треба помножити са  $C_v$ . Величина  $\Phi C_v$  јесте одступање ординате криве учесталости од средњег значења низа. Да би се добиле ординате криве учесталости ( $K_p$ ), мора се додати јединица  $K_p = \Phi C_v + 1$  јер је средње значење модулног коефицијента  $K = 1$ . Ординате криве учесталости могу да буду и протицаји различите обезбеђености, који се добијају по формули  $Q_p = K_p \cdot Q_0$ .

У овој истој табели израчунате су ординате обезбеђености  $K_p$  при односу  $C_s = 2C_v$  по табели „Ординате криве трипараметарске гама расподеле“ (Лучшева, 1976) и такође су израчунати протицаји различите обезбеђености.

Аналитичке криве учесталости годишњих отицаја при израчунатим  $C_s$  и  $C_s = 2C_v$  цртају се на полулогаритамској мрежи вероватноће, на којој се ублажују кривине криве до праве линије (скица 10). При упоређивању аналитичких кривих са емпиријским тачкама видимо да се најбоље поклапа, поготово у крајњим деловима криве, крива конструисана по  $C_s = 0,35$ . Ово исто важи и за остале три станице, где се криве, конструисане по израчунатим  $C_s$ , боље поклапају са емпиријским тачкама него криве  $C_s = 2C_v$ . Ово указује на то да су правилно изабрани параметри, а криве  $C_s = 2C_v$  дају протицаје који су при малој и великој обезбеђености повећани. По кривој  $C_s = 0,35$  за Моравицу код Ариља и осталим одговарајућим кривама за друге станице налазе се протицаји задате учесталости:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{75\%} = 5,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 4,56 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{75\%} = 8,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 7,18 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 3,43 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{75\%} = 4,84 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 4,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 1,72 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{75\%} = 6,52 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 5,38 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 2,18 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Да бисмо добили  $Q_{99,99\%}$ , треба извршити екстраполацију доњег дела криве.

**Табела 7. Одређивање параметара криве обезбеђености годишњег  
отицаја реке Моравице код Ариља методом момената**

m	Година	$Q_{i\text{ sr.}}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{i\text{ sr.}}$ по опадању	P (%)	$K=Q_i/Q_0$	(k-1)	$(k-1)^2$	$(k-1)^3$
1	1961	8,36	16,9	1,7	1,59	0,59	0,3532	0,2099
2	1962	10,8	16,0	4,2	1,51	0,51	0,2595	0,1322
3	1963	9,77	15,9	6,7	1,50	0,50	0,2500	0,1250
4	1964	12,2	15,6	9,2	1,47	0,47	0,2225	0,1050
5	1965	11,3	14,5	11,6	1,37	0,37	0,1354	0,0498
6	1966	6,88	14,2	14,1	1,34	0,34	0,1153	0,0392
7	1967	15,9	13,1	16,6	1,24	0,24	0,0556	0,0131
8	1968	8,89	12,5	19,1	1,18	0,18	0,0321	0,0058
9	1969	8,58	12,5	21,5	1,18	0,18	0,0321	0,0058
10	1970	14,5	12,4	24,0	1,17	0,17	0,0288	0,0049
11	1971	8,39	12,4	26,5	1,17	0,17	0,0288	0,0049
12	1972	9,43	12,2	29,0	1,15	0,15	0,0228	0,0034
13	1973	9,88	11,6	31,4	1,09	0,09	0,0089	0,0008
14	1974	9,46	11,3	33,9	1,07	0,07	0,0044	0,0003
15	1975	16,9	11,3	36,4	1,07	0,07	0,0044	0,0003
16	1976	12,5	10,9	38,9	1,03	0,03	0,0008	0,0000
17	1977	9,11	10,9	41,3	1,03	0,03	0,0008	0,0000
18	1978	14,2	10,8	43,8	1,02	0,02	0,0004	0,0000
19	1979	10,9	10,3	46,3	0,97	-0,03	0,0008	0,0000
20	1980	12,4	10,2	48,8	0,96	-0,04	0,0014	-0,0001
21	1981	16,0	10,2	51,2	0,96	-0,04	0,0014	-0,0001
22	1982	8,45	10,1	53,7	0,95	-0,05	0,0022	-0,0001
23	1983	8,80	9,88	56,2	0,93	-0,07	0,0046	-0,0003
24	1984	15,6	9,77	58,7	0,92	-0,08	0,0061	-0,0005
25	1985	9,31	9,46	61,1	0,89	-0,11	0,0116	-0,0012
26	1986	12,5	9,43	63,6	0,89	-0,11	0,0122	-0,0013
27	1987	10,9	9,31	66,1	0,88	-0,12	0,0148	-0,0018
28	1988	8,60	9,11	68,6	0,86	-0,14	0,0198	-0,0028
29	1989	12,4	8,89	71,0	0,84	-0,16	0,0260	-0,0042
30	1990	5,18	8,80	73,5	0,83	-0,17	0,0288	-0,0049
31	1991	11,3	8,60	76,0	0,81	-0,19	0,0356	-0,0067
32	1992	10,3	8,58	78,5	0,81	-0,19	0,0363	-0,0069
33	1993	5,64	8,45	80,9	0,80	-0,20	0,0411	-0,0083
34	1994	5,56	8,39	83,4	0,79	-0,21	0,0435	-0,0091

35	1995	10,2	8,36	85,9	0,79	-0,21	0,0447	-0,0094
36	1996	11,6	8,17	88,4	0,77	-0,23	0,0526	-0,0120
37	1997	10,2	6,88	90,8	0,65	-0,35	0,1232	-0,0432
38	1998	8,17	5,64	93,3	0,53	-0,47	0,2190	-0,1025
39	1999	13,1	5,56	95,8	0,52	-0,48	0,2261	-0,1075
40	2000	10,1	5,18	98,3	0,49	-0,51	0,2614	-0,1337
сума		424,26			40,02	0,02	2,7691	0,2437
		$Q_0 = 10,6$						
		$C_v = 0,26$						
		$C_s = 0,35$						

**Табела 8. Ординате аналитичке криве учесталости годишњих протицаја ( $m^3/s$ ) Моравице код Ариља:  $Q_0 = 10,6 m^3/s$ ;  $C_v = 0,26$ .**

$C_s$	Параметар	P (%)							
		0,01	0,1	1	5	10	20	30	40
0,35	$\Phi$	4,50	3,59	2,58	1,73	1,32	0,82	0,48	0,20
	$\Phi C_v$	1,17	0,933	0,671	0,45	0,343	0,213	0,125	0,052
	$K_p = \Phi C_v + 1$	2,17	1,933	1,671	1,45	1,343	1,213	1,125	1,052
	$Q_p = K_p Q_0$	23,0	20,49	17,71	15,37	14,24	12,86	11,92	11,15
$2C_v$	$K_p$	2,30	2,02	1,71	1,47	1,35	1,21	1,11	1,05
	$Q_p = K_p Q_0$	24,38	21,41	18,13	15,58	14,31	12,83	11,77	11,13

$C_s$	Параметар	P (%)							
		50	60	70	80	90	95	99	99,9
0,35	$\Phi$	-0,06	-0,30	-0,56	-0,85	-1,24	-1,53	-2,06	-2,60
	$\Phi C_v$	-0,02	-0,08	-0,15	-0,22	-0,32	-0,40	-0,54	-0,68
	$K_p = \Phi C_v + 1$	0,984	0,922	0,854	0,779	0,678	0,60	0,464	0,324
	$Q_p = K_p Q_0$	10,43	9,773	9,057	8,257	7,183	6,383	4,923	3,434
$2C_v$	$K_p$	0,98	0,91	0,85	0,78	0,69	0,62	0,51	0,41
	$Q_p = K_p Q_0$	10,39	9,646	9,01	8,268	7,314	6,572	5,406	4,346

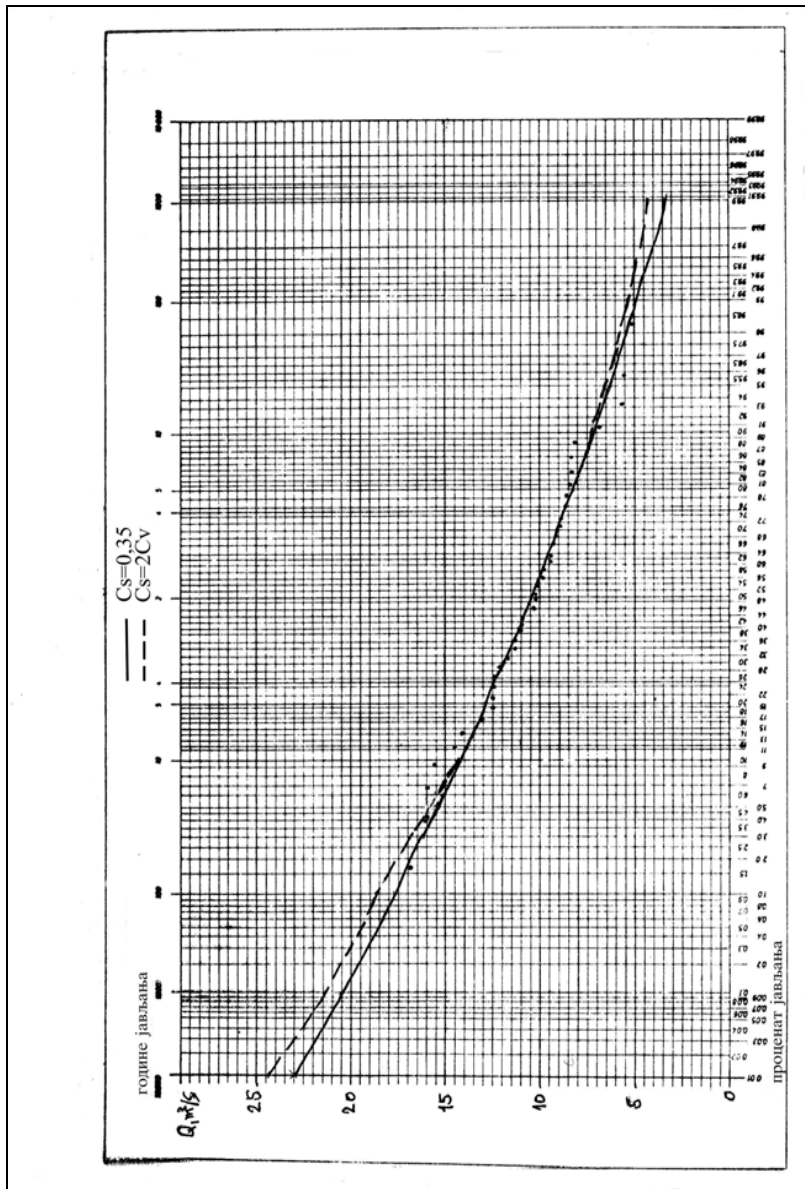
На основу података које нам дају ове криве можемо да одредимо годишњи протицај било које учесталости. Учесталост ( $N$ ) се одређује: а) при обезбеђености  $P \leq 50\%$  износи  $N = \frac{100}{P}$ , б) при обезбеђености  $P \geq 50\%$

износи  $N = \frac{100}{100-P}$ .

На основу овог прорачуна добили смо критеријуме за одређивање карактеристике водности године (табела 9).

**Табела 9. Карактеристике водности године Моравице код Ариља**

Обезбеђеност (%)	Учесталост 1 у n година	Карактеристика године	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,01	10000	Катастрофално многоводна	23,0
0,1	1000	Катастрофално многоводна	20,5
1	100	Веома многоводна	17,7
3	33	Многоводна	16,2
5	20	Многоводна	15,4
10	10	Средње многоводна	14,2
25	4	Средње многоводна	12,4
50	2	Средња	10,4
75	4	Средње маловодна	8,67
90	10	Средње маловодна	7,18
95	20	Маловодна	6,38
97	33	Маловодна	5,86
99	100	Веома маловодна	4,92
99,9	1000	Катастрофално маловодна	3,43
99,99	10000	Катастрофално маловодна	2,30



Скица 10. Емпиријска и теоријске криве учесталости годишњег отицаја Моравице код Ариља за период 1961–2000. г

На ушћу Моравице не постоји хидролошка станица, тако да не постоје и измерени подаци о протицају. Средњи годишњи протицај на ушћу Моравице могао би да се израчуна као збир протицаја Моравице и Великог Рзава код Ариља. Тако израчунат протицај воде на ушћу Моравице једнак је  $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ту није урачунат доток воде са преосталог дела слива који износи  $92 \text{ km}^2$ , а на овом делу једина значајнија притока је Краваричка река.

После горе изведених прорачуна могуће је направити збирну табелу, у којој су приказане карактеристике годишњих протицаја дуж тока Моравице и Великог Рзава за период 1961–2000. г (табела 10).

**Табела 10. Средњи годишњи протицаји Моравице и Великог Рзава за период 1961–2000. г.<sup>1</sup>**

Река	Станица	F (km <sup>2</sup> )	X (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	q (l/s/km <sup>2</sup> )	Y (mm)	W (mil.m <sup>3</sup> )	C (%)
Моравица	Ивањица	475	948	6,94	14,6	461	218,9	49
Моравица	Ариље	830	934	10,6	12,8	403	334,7	43
Велики Рзав	Роге	432	972	5,92	13,7	432	186,7	44
Велики Рзав	Ариље	564	963	7,86	13,9	440	247,9	46
Моравица	ушће <sup>2</sup>	1518	933	18,5	12,2	385	583,5	41

<sup>1</sup> Просечне количине падавина узете су за период 1961–1990. г.

<sup>2</sup> Протицај на ушћу Моравице добијен је као збир протицаја Моравице и Рзава код Ариља.

Протицаји на карактеристичним местима тока од извора Моравице до ушћа Рзава повећавају се равномерно. То условљава, с једне стране, равномеран распоред притока и мања разлика у њиховом протицају, а с друге стране, приближно уједначено деловање чинилаца режима. Међутим, Рзав својим уливањем нагло повећава протицај Моравице јер чини око 42 % њене количине воде. Док се сливне површине од извора ка ушћу повећавају, дотле падавине опадају, што условљава смањивање специфичног отицаја, који у горњем току Моравице износи  $14,6 \text{ l/s/km}^2$  (Ивањица), код Ариља –  $12,8 \text{ l/s/km}^2$ , а при ушћу –  $12,2 \text{ l/s/km}^2$ . Значајније опадање специфичног отицаја Моравице од Ариља до ушћа онемогућава већи специфични отицај Великог Рзава ( $13,9 \text{ l/s/km}^2$ ), који је условљен већом просечном количином падавина у сливу Рзава у односу на Моравицу. То значи да на отицај,



односно на протицај узајамно делују величина слива и висина падавина. То се види и из висине отицаја (табела 10).

Слив Моравице је у области са знатном количином падавина (просечна годишња количина падавина за цео слив је 933 mm), тако да је и отицање релативно велико. У горњем делу слива Моравице шумски покривач је знатно распрострањен и већи су нагиби терена, те је коефицијент отицаја овде највећи у сливу и износи 49 % (Ивањица). Коефицијент отицаја се смањује према ушћу и код Ариља износи 43 %, а на ушћу – 41 %. Коефицијент отицаја на Великом Рзаву код Рога износи 44 %, а код Ариља 46 %. На ово незнатно повећање утиче подслив Малог Рзава.

### Месечни протицаји

У табели 11 и на скици 11 приказана је промена протицаја у току године на хидролошким станицама у сливу Моравице.

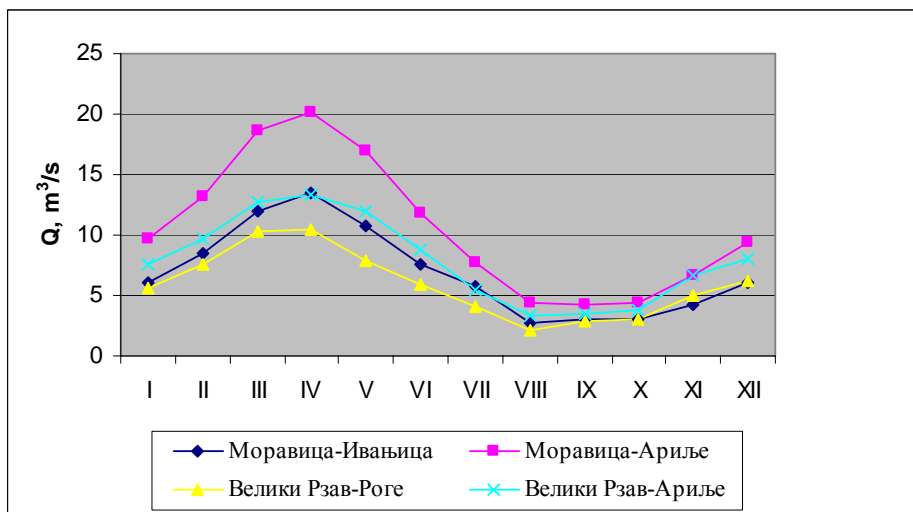
**Табела 11. Средњи месечни протицаји ( $m^3/s$ ) (1961–2000. г).**

Река	Станица	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Моравица	Ивањица	6,02	8,53	12,0	13,4	10,8	7,56	5,78	2,79	3,00	3,03	4,24	6,13
Моравица	Ариље	9,64	13,1	18,7	20,2	16,9	11,8	7,74	4,44	4,18	4,38	6,63	9,45
Велики Рзав	Роге	5,57	7,64	10,2	10,5	7,94	5,91	4,03	2,15	2,81	3,08	5,04	6,27
Велики Рзав	Ариље	7,53	9,76	12,8	13,3	11,9	8,82	5,52	3,27	3,51	3,79	6,66	8,03

Средњи месечни протицаји показују да се јављају велике пролећне воде са максимумом у априлу, условљене отапањем снега и повећањем падавина, и мале воде – крајем лета и почетком јесени са минимумом у августу и септембру (Моравица код Ариља) услед мање количине падавина и великог испаравања. Али, и поред тога, мале воде су ипак релативно велике јер је биљни покривач слива знатно очуван, те се падавине у току зимске половине године акумулирају једним делом у растреситом шумском земљишту и богатој издани, а то утиче на равномерност отицања током године.

Промене протицаја у току године огледају се и у специфичном отицају, чији је максимум у априлу ( $23,6-28,3 l/s/km^2$ ) а минимум у августу

(5,0–5,9 l/s/km<sup>2</sup>) и септембру (5,0 l/s/km<sup>2</sup>). Такође, коефицијенти отицаја су велики у пролеће, а крајем лета и почетком јесени мали.



**Скица 11. Хидрограм средњих месечних протицаја Моравице и Великог Рзава за период 1961–2000. г.**

#### ОДНОС ИЗМЕЂУ ПОВРШИНСКОГ И ПОДЗЕМНОГ ОТИЦАЈА

У изучавању режима река значајан проблем представља утврђивање односа који постоји између површинског и подземног отицаја. Познавање параметара или вредности површинског и подземног отицаја је веома важно при састављању водног биланса слива, који помажу при планирању водопривредних активности у њему (коришћење вода, заштита од вода и заштита вода).

Када се посматрају хидрограми разних река, који представљају протицаје у функцији времена, приближно једнаких површина и падавина, уочавају се међу њима велике разлике. Неки су јако променљиви јер код њих воде имају велика колебања, док су други уједначенији. Карактеристике слива, односно његови чиниоци режима, условљавају различите хидрограме. Уколико више вода од киша доспева у реке површинским отицањем, утолико је хидрограм неравномернији, односи између екстремних

протицаја су израженији, док код великог процента подземног отицања хидрограм има знатно равномернији ток.

Какав ће облик имати хидрограм и какав ће бити однос између површинског и подземног отицаја зависиће од више фактора. У првом реду, на ово ће утицати, осим физичко-географске средине, која је мање-више стална, још и интензитет кише и њен распоред по територији, затим стање влаге у земљи и ниво подземних вода (Оцокољић, 1971).

Рашчлањавање хидрограма омогућује да се приближно установи количинско учешће површинских и подземних вода у протицају. Постоји неколико начина његовог рашчлањавања.

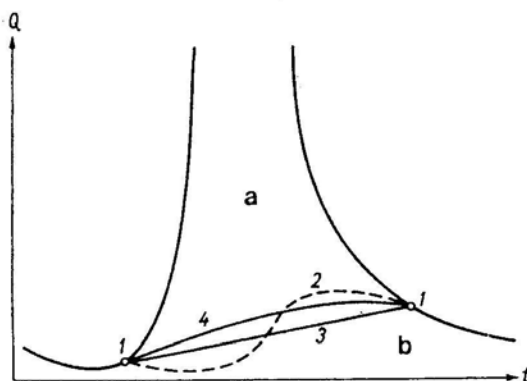
Пољаков (1948) указује да се у пролеће, при повећању протицаја, смањује удео подземних вода. Њих уопште нема у кратком периоду највећих протицаја, а када укупан протицај почне да се смањује, најпре се повлачи вода из полоја (оцедина после поплава), уз истовремено храњење протицаја из плиће издани. Максимално отицање подземних вода је у тренутку повлачења поплавне воде са полоја, а затим оно постепено опада.

Кудељин (1960) је дао најбољу процену учешћа подземних вода у време поводања, а у зависности од хидрогеолошких услова слива. За подземне воде хидраулички невезане са реком рашчлањавање хидрограма је веома слично методи Љвовича.

Љвович (1974) је, за разлику од других хидролога, који у рашчлањавању хидрограма допуштају да се подземно притицање воде у речно корито потпуно прекине за извесно време, дао нешто другачију шему. Он издваја на својој шеми (скица 12) две тачке и три линије (Дукић, Гавриловић, 2006).

Тачке 1–1 одговарају храњењу протицаја подземним водама пре и после појаве поводња. Испрекидана линија 2 показује поступност притицања у реку подземних вода, које су хидраулички повезане с речном водом у кориту водотока. Права линија 3 показује приближно просечно притицање подземних вода, хидраулички повезаних са водом у кориту водотока. Линија 4 узима се као граница подземног и површинског притицања воде и храњења реке подземним водама које нису хидраулички повезане са водом у кориту.

Рашчлањавање хидрограма за дужи низ година је тежак и спор рад. Зато се уместо хидрограма за многе године на једном профилу узимају вредности само за четири године и то: две средњеводне године, једна маловодна и једна многоводна година. Средњеводне године треба да одговарају не само просечном годишњем протицају него и годишњој расподели протицаја по годишњим добима па и месецима. Маловодне године одговарају 75–80 % учесталости, а многоводне 20–25 %. Пошто се нацртају сва четири хидрограма, обавља се најпре њихова анализа, потом се планиметришу њихове укупне површине, а затим само оне које су ограничене линијом подземних вода. Из величине просечних процентуалних односа површина ( $n$  %) према годишњем протицају ( $Q$  100 %) одређује се удео површинских и подземних вода у протицају река (Дукић, Гавриловић, 2006).



**Скица 12. Шема издвајања протицаја од површинских (а) и подземних вода (б) у периоду великих вода (Дукић, Гавриловић, 2006)**

Према методу Љвовича, зимски периоди малих вода, који претходе поводњу при одсуству топлијих периода, карактеришу подземни отицај у реци. То исто важи и за протицај после проласка поводња, то јест за време летње-јесењих малих вода.

Треба имати у виду да је отицај вода из речног корита у подземне резервоаре мали и практично занемарљив, нарочито када се има у виду мала трајност поплава, односно мала брзина путовања подземних вода. Ако се овај процес одвија у условима високих коефицијената

инфилтрације, долази до бржег одлажења воде из корита у подземље, али насупротив томе, после проласка поводња долази до бржег враћања ових вода у речно корито. У прилог овоме треба узети у обзир физичко-географске особине речне долине где се налази посматрани профил, односно да ли река има широку алувијалну раван или се ради о рекама чије су равни у уским долинама и клисурама. Храњење подземних вода водом из речног корита заступљено је код равничарских река и река које имају мали пад (Сава, Дунав, Велика Морава), а потпуно је занемарљиво код планинских река (Оцокољић, 1971).

Дакле, Моравица, као планинска река, није хидраулички повезана са подземним водама. Рашчлањавање хидрограма Моравице обавиће се по линији 4 метода Љвовича (скица 12).

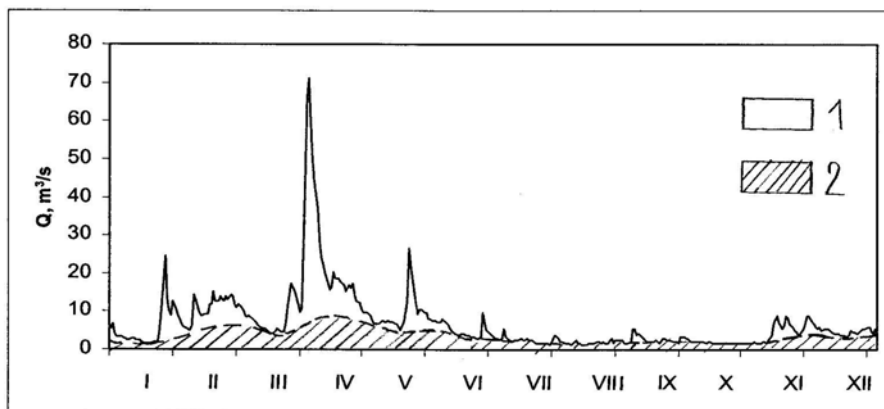
На основу низа хидролошких осматрања за период 1961–2000. г. и обрађених података о укупном отицају у сливу Моравице као и усвојеног метода рашчлањивања хидрограма, одређен је површински и подземни отицај за све четири хидролошке станице у сливу. По подацима о обезбеђености средње годишњих протицаја, који су представљени кривама учесталости (табела 9 и скица 10) одабране су четири карактеристичне године: две обезбеђености 50 % (средње године по водности), једна обезбеђености 20 % (многоводна) и једна обезбеђености 80 % (маловодна година). Осим слагања средњегодишњег протицаја, вођено је рачуна и о слагању средњих месечних вредности које је остварено код већине месеци. Протицаји карактеристичних година Моравице код Ивањице приказани су у табели 12.

**Табела 12. Протицаји карактеристичних година ( $m^3/s$ )  
Моравице код Ивањице**

Год.	P (%)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г.
1985	80	4,19	4,86	9,01	10,7	4,17	3,10	2,50	3,56	2,07	1,70	12,2	7,00	5,42
1995	50	5,07	10,5	8,44	24,9	9,55	5,51	2,56	1,99	2,67	1,90	5,07	4,92	6,87
2000	50	7,05	13,2	21,4	17,4	4,12	3,03	1,61	1,15	3,10	1,77	1,40	1,97	6,40
1986	20	8,13	17,4	12,8	8,02	9,06	15,5	18,2	6,09	1,99	2,09	1,89	1,84	8,58
	ср.	6,11	11,5	12,9	15,3	6,73	6,79	6,22	3,20	2,46	1,87	5,14	3,93	6,82
	1961–2000 ср.	6,02	8,53	12,0	13,4	10,8	7,56	5,78	2,79	3,00	3,03	4,24	6,13	6,94

Гледано у целини, на свим станицама средње годишње вредности за наведене четири године у потпуности су се поклопиле са вредностима за цео период (1961–2000. г.), док, међутим, постоје извесне разлике код неких месеци. Изабране године нису могле бити заступљене на свим станицама у истом временском периоду јер је избор изведен на основу најбољих слагања.

Средњи дневни протицаји представљени су у виду хидрограма, на којима су, по усвојеном методу, исцртане границе између површинског и подземног отицаја. Примећује се да је на већини хидрограма на лак начин било могуће одредити ову границу у периоду малих вода (лето–јесен), с обзиром на дужу трајност храњења реке подземним водама у овом делу године. Међутим, мора се напоменути да је било доста теже код рашчлањавања хидрограма у доба појаве великих вода, нарочито код пролећних месеци (март, април, мај). Код рашчлањавања хидрограма у доба појаве највећих вода најчешће је примењивано логично продужење границе из периода малих вода из зиме и лета и њено спајање код максималних вода (скица 13).



**Скица 13. Хидрограм Моравице код Ивањице за средње водну 1995. г. (1. површински отицај; 2. подземни отицај).**

Графичком анализом хидрограма и његовим планиметрисањем одређене су разлике између површинског и подземног отицаја. Резултати су приказани

у табели 13 са датим средњим годишњим вредностима и процентима у односу на укупно отицање.

**Табела 13. Просечни површински (S) и подземни (U) годишњи отицај (1961–2000 г.)**

Станица	Река	S (%)	U (%)	S (m <sup>3</sup> /s)	U (m <sup>3</sup> /s)
Ивањица	Моравица	49	51	3,34	3,48
Ариље	Моравица	48	52	5,04	5,46
Роге	Велики Рзав	55	45	3,22	2,64
Ариље	Велики Рзав	51	49	4,05	3,90

Резултати из табеле 13 могу се прихватити као меродавни ако се претходно изврше анализе о тачности добијених резултата. Најчешћа контрола укупног отицања у неком речном систему врши се сумирањем протицаја главног тока и њених притока, при чему се, наравно, узимају и друге анализе, нарочито оне које битно могу утицати на његову промену дуж тока. При томе се, свакако, мора додати и утврђени протицај непосредног слива. Исто такав однос мора бити заступљен и код разматрања површинског и подземног отицаја (Оцокољић, 1971).

Према резултатима приказаним у табели 13 види се да је средњи површински отицај Моравице у Ивањици 3,34 m<sup>3</sup>/s, а у Ариљу 5,04 m<sup>3</sup>/s, односно да Моравица код Ивањице даје 66 % протицаја Моравице код Ариља. Приближно исто овакав однос заступљен је и код укупног протицаја (65 %).

Највећи удео површинског отицаја је на станици Роге на Великом Рзаву, а најмањи код Ариља на Моравици. Ово је последица мање површине под шумама слива Великог Рзава него у сливу саме Моравице. Удео подземног протицаја Моравице код Ариља је за 8 % већи у односу на резултате Оцокољића (1971).

### ВОДНИ БИЛАНС СЛИВА

Све веће потребе за водом доброг квалитета захтевају да се што боље упознају њихови ресурси на одређеној територији, како би се што рационалније користили. Такве могућности пружа водни биланс слива.

Водни биланс слива Моравице, с обзиром на дужину низа осматрања (1961–2000. г.), који обухвата и маловодне и многоводне године, и површину слива (1 518 km<sup>2</sup>) може се представити једначином:  $P = R + E$ , у којој су  $P$  – падавине,  $R$  – отицај, а  $E$  – испаравање.

Ако се располаже подацима о величинама површинског и подземног отицаја, једначина водног биланса има проширени облик:  $P = S + U + E$ , где је  $S$  – површински, а  $U$  – подземни отицај. На основу података о падавинама, површинском и подземном отицају, одређене су и остале карактеристике водног режима Моравице, као на пример: испаравање са копнене површине ( $E$ ), коефицијент отицања ( $C$ ), коефицијент испаравања ( $C_E$ ) итд. Осим тога, одређена је и влага (вода од падавина), која се инфилтрира у земљиште ( $W$ ), која, као што је познато, једним делом учествује у подземном храњењу река, а другим се директно троши на испаравање преко биљака. Влажност земљишта добија се по формули:  $W = P - S = U + E$ . Однос између подземног отицаја ( $U$ ) и укупне влаге која се инфилтрира у земљиште ( $W$ ) представља коефицијент храњења реке подземним водама ( $K_U$ ). Дакле,  $K_U = \frac{U}{W}$ .

**Табела 14. Водни биланс у сливу Моравице за период 1961-2000. г.**

Станица	Река	P <sup>1</sup> (mm)	R (mm)	S (mm)	U (mm)	E (mm)	W (mm)	K <sub>U</sub> (%)	C (%)
Ивањица	Моравица	948	461	226	235	487	722	33	49
Ариље	Моравица	934	403	193	210	531	741	28	43
Роге	Велики Рзав	972	432	238	194	540	734	26	44
Ариље	Велики Рзав	963	440	224	216	523	739	29	46

<sup>1</sup> Средње количине падавина узете су за период 1961–1990. г.

Посматрајући слив Моравице код Ариља, где му је површина 830 km<sup>2</sup>, уочава се да просечно на њен слив падне 934 mm падавина, од чега 403 mm или 43 % отиче водотоцима, а 531 mm или 57 % испари. Од укупно



отеклих количина воде, површински отиче 193 mm, а подземно 210 mm. У односу на инфилтрирану воду у земљишту, која у просеку износи 741 mm, подземно отиче 210 или 28 %, а 531 mm или 72 % испари (табела 14).

Из водног биланса се види да су ови односи све повољнији уколико се иде према изворишту Моравице. Тако у сливу Моравице код Ивањице отиче 49 % од излучених падавина, а 51 % испари.

У доњем делу сливу Великог Рзава ситуација је обрнута. Коefицијент отицања и коефицијент храњења река подземним водама је већи код ушћа (Ариља) него код узводнијег дела (Роге). На ово утиче већи коефицијент отицања Малог Рзава, који се улива између ове две водомерне станице. Међутим, при изворишту, у профилу Мочиоци, где површина слива Великог Рзава износи 34 km<sup>2</sup>, коефицијент отицаја једнак је 73 % (Група аутора, 1984).

## МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА ВОДА

### ВОДОСНАБДЕВАЊЕ НАСЕЉА И ИНДУСТРИЈЕ

Познато је да је слив Моравице богат водом, због чега се његове воде могу користити како за снабдевање насеља и индустрије у самом сливу тако и ван њега.

У горњем делу слива највећи број насеља се снабдева са локалних (индивидуалних) водовода и неселективним каптирањем извора различите издашности. Колективне водоводе и одговарајућу разводну мрежу поседују следеће месне заједнице општине Ивањица у горњем делу слива: Ерчеге (Ерчеге, Медовине и Вучак), Међуречје (Међуречје, Рокци), Братљево (Братљево, Глеђица, Ровине), Ковиље (Ковиље, Смиљевац) (Група аутора, 2004). Оваква ситуација је и у селима која се налазе у другим деловима слива Моравице.

Град Ивањица се определио за дугорочно снабдевање водом из система „Куманица“. У првој фази је планирано 120 l/s, а касније још 120 l/s. Вода се захвата из Моравице код села Куманица и гравитационо доводи до постојећег постројења за пречишћавање вода на ушћу Лучке реке. Систем за дистрибуцију воде је гранасто-прстенести, а регулација турбине и генератора је аутоматска.

Ивањица и њена приградска насеља, укупно 16 000 становника, гравитационо се снабдевају задовољавајућом количином воде. Главни недостаци су немогућност пречишћавања довољне количине мутне воде, недостатак резервоара и дистрибуциона мрежа од азбестно-цементних цеви, које не задовољавају ни по квалитету (старе су), ни по пречнику.

За боље водоснабдевање града потребно је довршити реконструкцију постројења за пречишћавање воде (филтера и таложника), заменити карактеристичне делове секундарне мреже, изградити магистрални цевовод кроз град и обезбедити резервоарски простор.

У перспективи је завршетак градње неких објеката (водозахват, разделно окно и цевовод) и изградња нових објеката – фабрике воде капацитета 240 l/s у Међуречју, резервоара и магистралног цевовода до насеља Прилике (Група аутора, 2005).

У доњем делу слива Моравице, где се улива Велики Рзав, ситуација је нешто другачија. Овде је изграђен регионални водоводни систем „Рзав“, који ће бити размотрен нешто детаљније.

Регионални водоводни систем „Рзав“ снабдева водом следеће градове: Ариље, Пожегу, Лучане, Чачак и Горњи Милановац. Основни елементи његовог система су: акумулација „Ариље“ на профилу „Сврачково“ на Великом Рзаву, фабрика за прераду воде у Ариљу и магистрални доводи воде до градских резервоара.

Пројектни капацитет система је 2300 l/s у данима максималне дневне потрошње, што одговара потребама поменутих градова до 2030. г. Потребе прихваћене од свих градова из система „Рзав“ су: Ариље – 200 l/s, Пожега – 350 l/s, Лучани – 200 l/s, Чачак – 1200 l/s и Горњи Милановац – 350 l/s. Предвиђена је реализација система у две фазе.<sup>1</sup>

Прва фаза обухвата изградњу следећих објеката:

- Акумулација „Ариље“ са браном на профилу „Сврачково“. Припреме за изградњу акумулације су још увек у току. До изградње бране „Сврачково“ сирове вода се привремено захвата из живог тока реке Велики Рзав на бујичарској прегради у Шевелу и помоћу захватне грађевине уз механичко пречишћавање (аутоматска решетка и сито) и пумпне станице потискује се до фабрике за прераду воде. Капацитет овог привременог захвата је 650 l/s.
- Фабрика за прераду воде је капацитета 1200 l/s. Висински положај постројења обезбеђује гравитационо довођење сирове воде из акумулације „Ариље“ и гравитационо одвођење вода до градских резервоара у Ариљу, Пожеги, Лучанима и Чачку. Вода за Горњи Милановац се доводи гравитационо до пумпне станице лоциране јужно од Горњег Милановца у месту Брђани, одакле се потискује до градског резервоара на Нешовића брду.
- Цевовод сирове воде и магистрални цевовод чисте воде до рачве за Лучане реализовани су са 50 % коначног капацитета. Прикључни цевоводи за Ариље, Пожегу и Лучане, као и магистрални цевовод од рачве за Лучане до Чачка, односно довод до Горњег Милановца, реализовани су за коначан капацитет.

---

<sup>1</sup> [www.rzav.co.yu](http://www.rzav.co.yu)

Друга фаза предвиђа доградњу следећих објеката:

- Доградња фабрике за прераду воде у делу бистрења и филтрирања до капацитета 2300 l/s.
- Доградња цевовода сирове воде као и магистралног цевовода чисте воде до рачве за Лучане до коначног капацитета.

У 1995. години у оквиру Водопривредне основе Републике Србије дефинисан је Водопривредни и енергетски систем (ВЕС) „Рзав”. Брана и акумулација „Роге“ чине окосницу система. Са браном висине 95 метара ствара се језеро запремине  $162,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Ова акумулација може да обезбеди око  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  изравнате воде за пиће и  $1,15 \text{ m}^3/\text{s}$  за биолошки минимум, а у прибранској електрани коришћењем ових вода добијало би се годишње 40,34 GWh квалитетне вршне енергије. Инсталисана снага ХЕ „Роге“ била би 21,53 MW.

Низводно од бране „Роге“, као део система налази се акумулација „Ариље“ са браном „Сврачково“. Са браном висине 60 метара формира се акумулација корисне запремине  $20,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , која у систему игра улогу компензационог басена, а истовремено обезбеђује 1200 l/s изравнате воде за пиће, 860 l/s за биолошки минимум и у прибранској електрани произведе се годишње око 22,07 GWh електричне енергије. Инсталисана снага ХЕ „Ариље“ је 7,14 MW.

Брана „Сврачково“ пројектована је као насута, комбинованог типа, са централним глиненим језгром, двослојним филтерима и потпорним деловима од ваљаног камена. Евакуација великих вода у погону обавља се преко шахтног прелива. Шахтни прелив као и одводни тунел димензионирани су на велике воде 0,1 % учесталости. Пречник шахтног прелива је 27 метара, а одводног тунела 7,9 метара. Захватање воде из акумулације за потребе водоснабдевања обавља се посредством куле водозахвата. Омогућено је селективно захватање воде са четири нивоа помоћу табластих клизних затварача. Капацитет сваког водозахвата је  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  и задовољава потребе коначне фазе система „Рзав”. За потребе хидроелектране предвиђен је посебан тунелски захват пречника 2,5 m. Са електраном тунел је повезан површинским челичним цевоводом пречника 2,2 m. Машинска зграда ХЕ „Ариље“ на профилу „Сврачково“ смештена је низводно од бране у кориту реке Велики Рзав.

На Великом Рзаву после Другог светског рата изграђена је као бујичарска преграда брана „Шевељ” (фото 6). За време великих поплава у Западној Србији 1965. године била је делимично оштећена, али је одмах након тога санирана. Преграда је изведена од зидних контрифорова између којих је испуна од ломљеног камена. Узводна страна је обложена бетоном, а низводна је од зидног камена. Преграда је гравитационог типа и има висину 12,85 m. У средњем делу је слободан прелив димензија  $23 \times 3,25$  m, који може да пропусти  $281 \text{ m}^3/\text{s}$ , што одговара стогодишњој води.



**Фото 6. Привремени водозахват „Шевељ“**

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 прегради „Шевељ“. За хватање воде искоришћен је раније предвиђени захват за малу електрану, која није у функцији а која је реконструисана уградњом аутоматске решетке и

аутоматског сита за одстрањивање лишћа. Преграда „Шевељ“ је санирана облагањем преливних површина и слапишта армирано-бетонским плочама.

Вода, захваћена из мале акумулације преграде „Шевељ“, потискује се пумпањем до фабрике воде. У ту сврху изграђена је пумпна станица на левој обали Великог Рзава низводно од преграде. Опремљена је са пет пумпних агрегата, капацитета око 1 000 l/s и са својом хидромеханичком и електричном опремом. Челични цевовод сирове воде, пречника 1 200 mm и дужине 2 848 m, повезује водозахват, пумпну станицу и фабрику воде. За прикључак на брани „Сврачково“ биће потребно изградити још 5,7 km цевовода који ће се код Шевеља спојити са постојећим цевоводом сирове воде.<sup>2</sup>

На падинама брда Клик, изнад Ариља, изграђена је фабрика за пречишћавање воде (фото 7). Решење фабрике предвиђа фазну реализацију. У првој фази гради се фабрика за капацитет од 1 200 l/s чисте воде. Технологија, управљачки систем, контрола и др. изграђени су за коначни капацитет од 2 300 l/s чисте воде. У другој фази граде се само таложници и филтери. Фабрика воде је решена по блоковском систему, тако да је већи део објеката повезан сувим везама. Комплекс фабрике обухвата:

- објекте за мерење, регулацију и расподелу сирове воде, као и мерење чисте воде;
- таложнице савременог типа на принципу ламела-сепаратора;
- озонаторе;
- брзе пешчане филтере;
- резервоар чисте воде;
- пумпну и компресорску станицу;
- објекте за складиштење и дозирање хемикалија;
- контролно-командни центар;
- лабораторију;
- објекат за третман отпадних вода са постројења;
- пословни простор.

---

<sup>2</sup> [www.rzav.co.yu](http://www.rzav.co.yu)

Узимајући у обзир квалитет воде реке Велики Рзав и прогнозу квалитета воде будуће акумулације, процес пречишћавања обухвата неколико фаза.

а) Пре расподелне коморе постоји могућност да се сировој води додаје: хлор за претходно хлорисање ради уклањања планктонских организама и бактерија, сумпорна киселина и активни угаљ у праху ради уклањања боје и мириса.

б) Бистрење, које се састоји од: коагулације, делимичне рецикулације муља, флокулације и таложења.

в) Озонирање, које уклања боју, мирис и органске материје, разграђује полицикличне ароматичне угљоводонике, ефикасније делује на бактерије и вирусе. Постоје два генератора озона, сваки капацитета од 5 kg O<sub>3</sub>/h.

г) Филтрација, која се састоји се од осам филтерских поља са пешчаном испуном. Квалитет филтриране воде мери се континуално преко мутноће у диспечерском центру.



**Фото 7. Фабрика за пречишћавање воде у Ариљу**

д) Завршно хлорисање врши се у резервоарима чисте воде и у цевоводу ка потрошачима (корективно хлорисање). Полазна доза хлора са постројења је око 0,5 mg/l. Концентрација хлора такође се мери континуално.

ђ) Флуорисање, у оквиру кога се, због смањеног садржаја флуора у сировој води врши дозирање раствора силикофлуороводоничне киселине у цевоводу чисте воде према потрошачима.

е) Технолошке отпадне воде са постројења (муљ из таложница и вода од прања филтера) одводе се на посебно постројење на коме се одваја муљ од воде и потом одвози на депонију.<sup>3</sup>

Као што је већ речено, водоводни систем „Рзав“ снабдева пет градова. Систем је одговоран за производњу и дистрибуцију воде до градских резервоара, односно до прикључака на магистрални цевовод. Од резервоара до крајњих потрошача одговорност за квалитет воде носе градске јавне комуналне организације.

Укупна дужина цевовода изграђених у оквиру водоводног система „Рзав“ износи 76 096 m. Како је наведено, неки цевоводи су направљени за коначни капацитет, а неки само за прву фазу.

Шематски приказ дистрибутивног система и висинског положаја резервоара у систему „Рзав“ дат је на скицама 14 и 15.

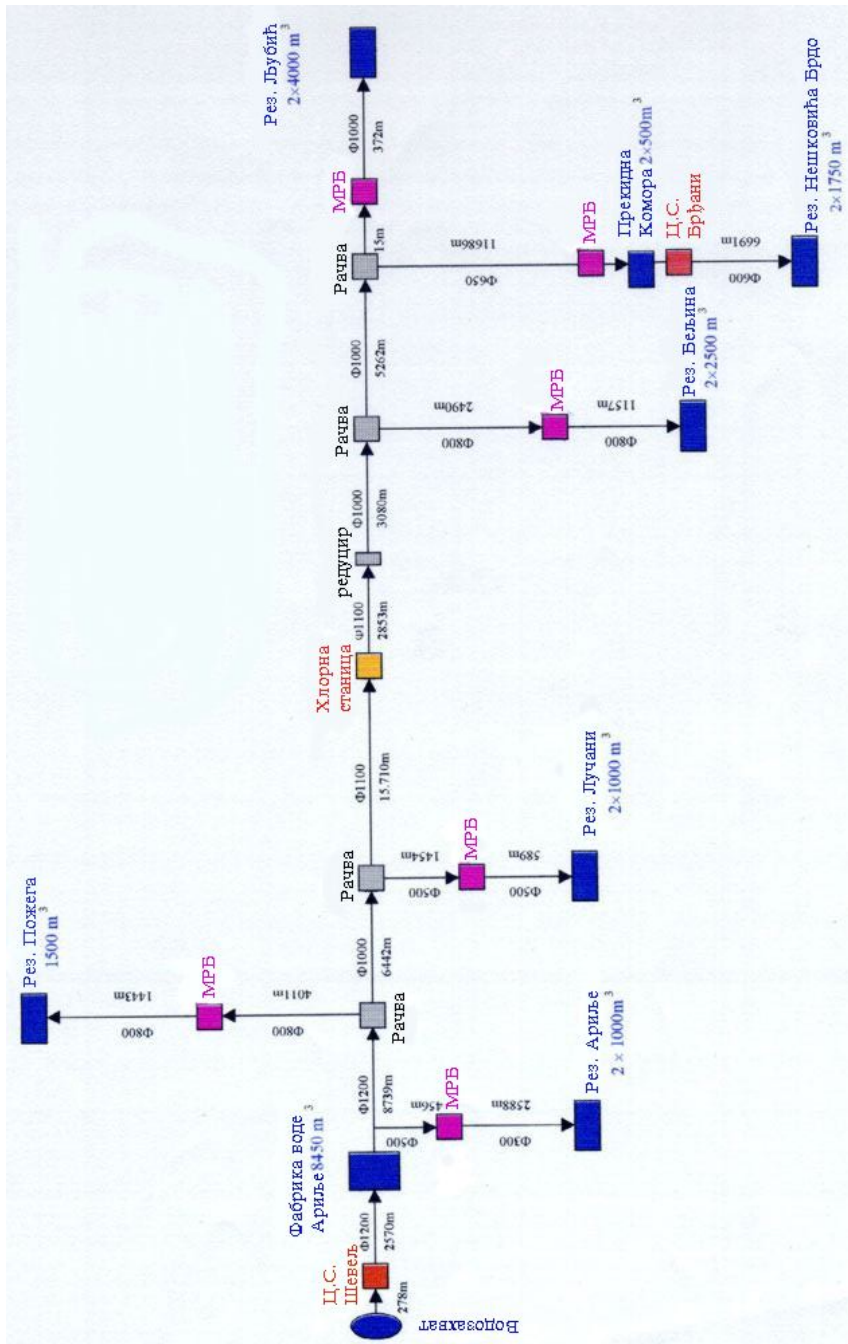
Од 1. јануара 2005. водосистем „Рзав“ испоручује воду за пет градова по цени од шест динара за сваки кубни метар. Међутим, ни ова цена није довољна да омогући пословање „Рзава“ без губитака. Губитак у првој половини 2005. г. износио је 70 милиона динара. Губици настају и због слабе наплате воде, тј. слабе ажурности комуналних предузећа градова. Највећи потрошач, Чачак, уједно је и највећи дужник, док грађани Горњег Милановца редовно плаћају воду иако им је цена воде највећа. За изградњу акумулације „Ариље“ потребно је 60 милиона евра, што је немогуће обезбедити без помоћи државе и страних донација.

За потребе водоснабдевања веома је важно знати унутаргодишњу расподелу отицаја и минималне протицаје воде одређене учесталости. Зато ће бити изнет прорачун ових величина.

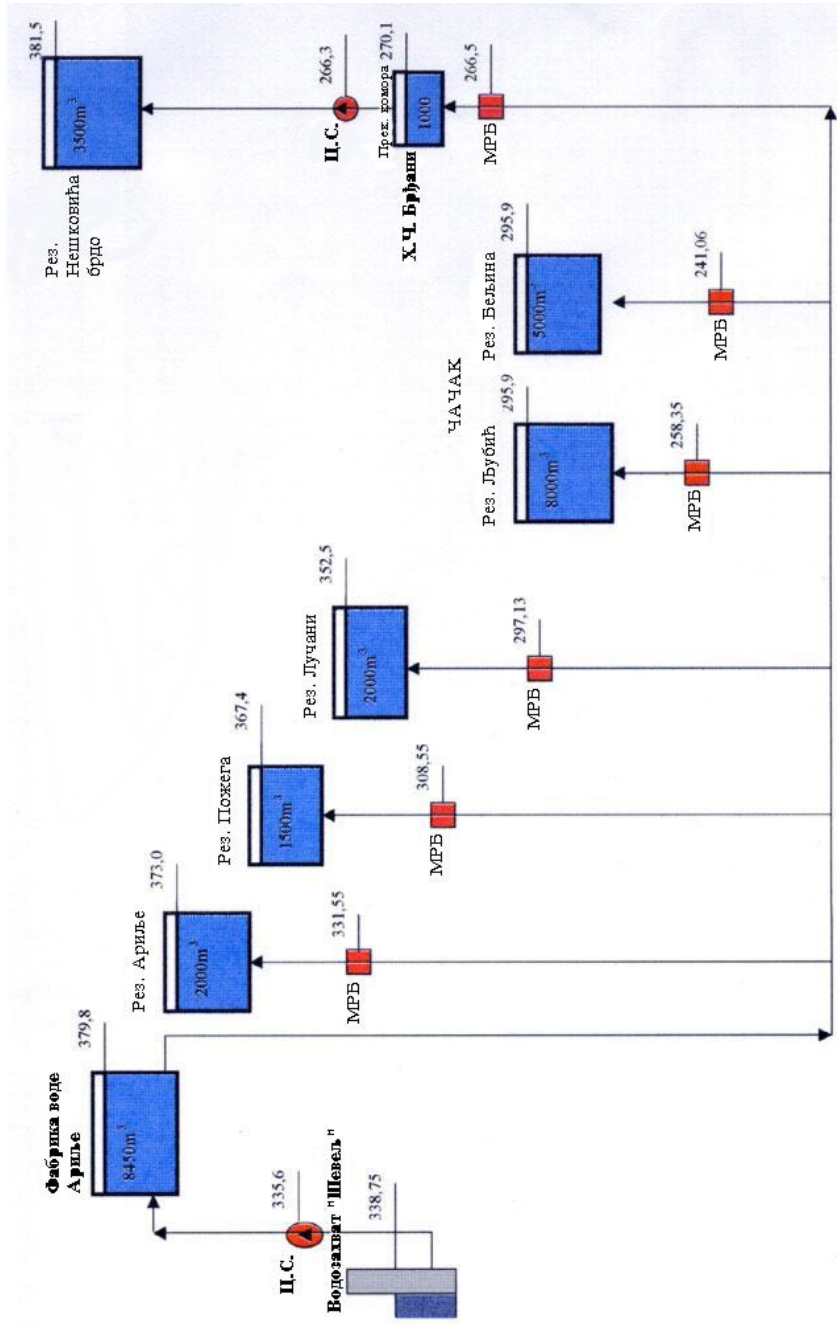
---

<sup>3</sup> [www.rzav.co.yu](http://www.rzav.co.yu)





Скица 14. Шематски приказ дистрибутивног система у систему „Рзав“ ([www.rzav.co.yu](http://www.rzav.co.yu))



Скица 15. Шематски приказ висинског положаја резервоара у систему „Рзав“ ([www.rzav.co.yu](http://www.rzav.co.yu))

### 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).

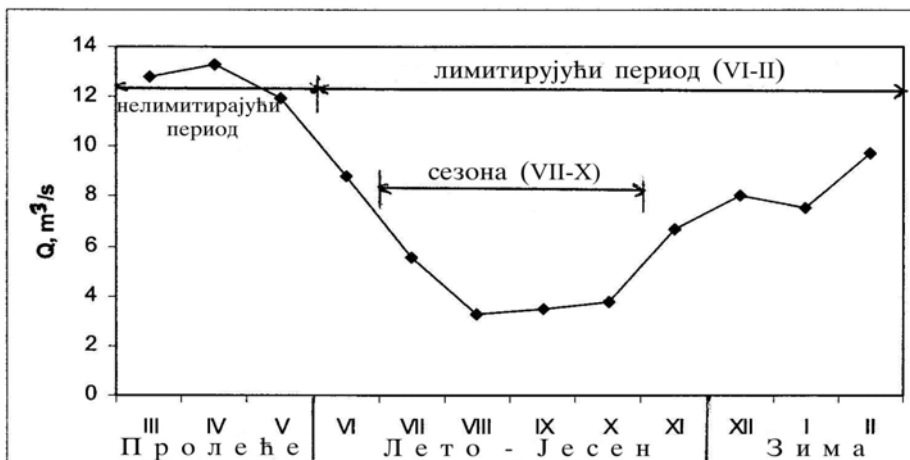
Прорачун унутаргодишње расподеле отицаја не ради се за календарске, већ за водопривредне године, тј. година почиње са многоводном сезоном. Границе сезона узимају се као заједничке за све године са заокруживањем на цео месец.

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.

На скици 16 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 16. Хидрограм средње месечних протицаја Великог Рзава код Ариље 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 15).

**Табела 15. Сума месечних протицаја Великог Рзава код Ариља за 1961/62 – 1998/99.**

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

1993/94	54,5	24,4	4,1
1994/95	64,2	39,7	5,8
1995/96	88,7	43,1	14,5
1997/98	83,4	46,8	4,0
1998/99	80,4	61,1	11,3

У табели 16 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).

**Табела 16. Сума месечних протицаја (m<sup>3</sup>/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 <sup>3</sup> /s)			93,9			56,4			15,7	
ср (%)			100			60,1			16,8	

Емпиријске криве учесталости цртају се по подацима о модулним коефицијентима на једној полулогаритамској мрежи вероватноће. По нанесеним емпиријским тачкама конструишу се три равномерне криве (скица 17). Са графика се читавају значења  $K_G$ ,  $K_{лп}$ ,  $K_{лс}$  вероватноће  $P = 97\%$ . Добијамо  $K_{G97\%} = 0,55$ ;  $K_{лп97\%} = 0,47$ ;  $K_{лс97\%} = 0,27$ . Из тога следи:

- $\sum Q_{мес.г.97\%} = K_{G97\%} \cdot \sum Q_{мес.ср.г.} = 0,55 \cdot 93,9 = 51,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $\sum Q_{мес.л.п.97\%} = K_{лп.97\%} \cdot \sum Q_{мес.ср.л.п.} = 0,47 \cdot 56,4 = 26,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $\sum Q_{мес.л.с.97\%} = K_{лс.97\%} \cdot \sum Q_{мес.ср.л.с.} = 0,27 \cdot 15,7 = 4,25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

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:  $\sum Q_{мес.97\%(л.п.-л.с.)} = 26,5 - 4,25 = 22,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

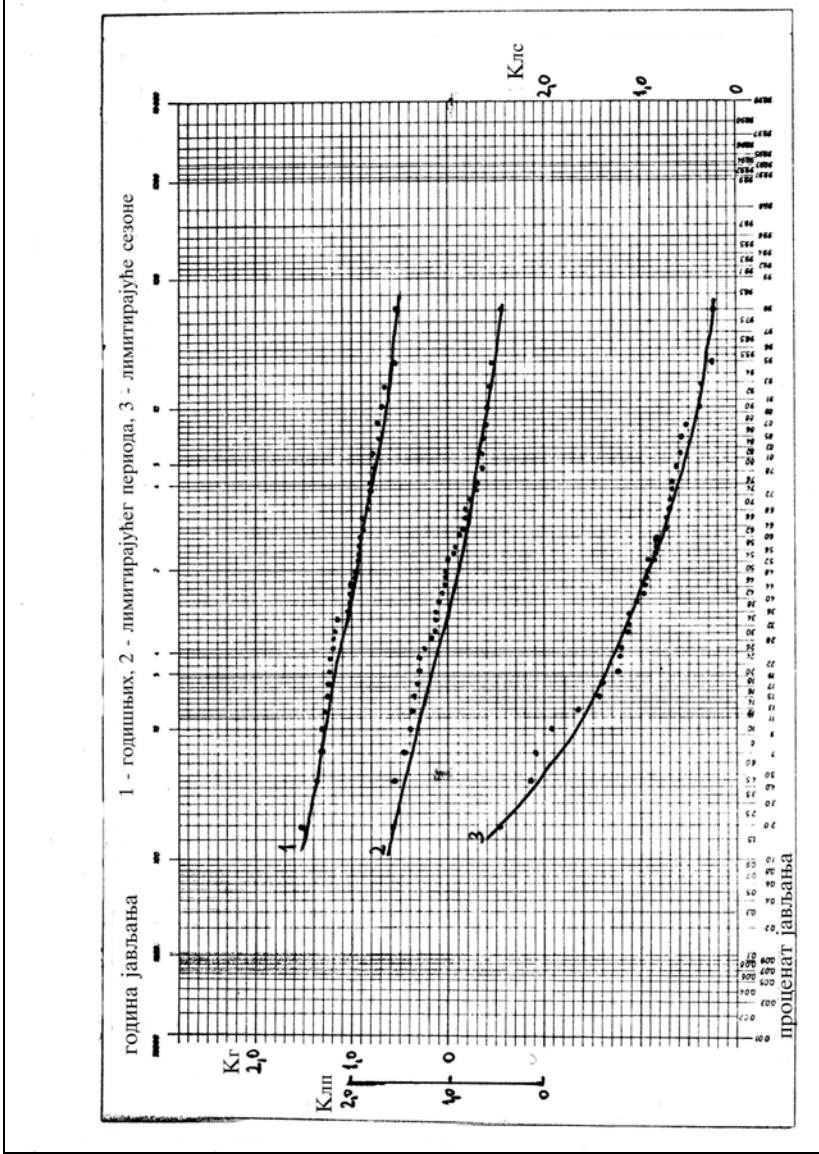
По добијеним вредностима отицаја задане вероватноће појаве ( $P = 97 \%$ ) одређују се удели отицаја у процентима од годишњег отицаја (табела 17).

**Табела 17. Величине унутаргодишње сезонске расподеле отицаја вероватноће појаве 97 % за реку Велики Рзав код Ариља (1961–2000 г.)**

Периоди и сезоне	Месеци	$\sum Q$ (m <sup>3</sup> /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

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.





Скца 17. Емпиријске криве учесталости модульних коефицијената Великог Рзава код Ариља

После сезонске расподеле израчуната је методом „компоновке“ унутарсезонска расподела отицаја маловодне групе водности за реку Велики Рзав код Ариља и средње по водности за реку Моравицу код Ариља за период осматрања 1961–2000. г. Табеле са прорачунима унутарсезонске расподеле отицаја су веома гломазне, те оне неће бити овде приказане.

Сезоне за Велики Рзав код Ариља већ су одређене, а за Моравицу код Ариља оне су исте: пролеће – од марта до маја (3 месеца), лето–јесен – од јуна до новембра (6 месеци) и зима – од децембра до фебруара (3 месеца).

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  $P = 66 - 99 \%$ , а за реку Моравицу код Ариља – средњу по водности групу сезона, обезбеђености  $P = 34 - 66 \%$ . 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 (табеле 18 и 19).

**Табела 18. Унутарсезонска расподела отицаја за маловодну групу сезона реке 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

**Табела 19. Унутарсезонска расподела отицаја за средњу по водности групу сезона реке Моравице код Ариља (%)**

Пролеће			Лето–јесен						Зима		
III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
33,7	46,8	19,5	36,4	20,5	12,2	7,0	8,5	15,3	23,5	31,2	45,2

Из табеле 18 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. Може се напоменути да оваква расподела важи за маловодну групу сезона реке Велики Рзав код Ариља. Из табеле 19 види се да у пролеће 47 % воде отиче у априлу, лети 36 % у јуну, од јула до новембра расподела отицаја је релативно равномерна као и у децембру и јануару, док је у фебруару 45 % отицаја зимске сезоне. Ово важи за средњеводну групу сезона на реци Моравици код Ариља.

Видимо да се у оба случаја од јуна до јануара отицај не мења много, мада се у зимским месецима повећава, што указује на стабилност (постојаност) подземног храњења реке.

Установићемо унутаргодишњу расподелу отицаја реке Моравице код Ариља за период 1961–2000. г. још једном методом – методом избора рачунске године.

За грађевинске објекте који нису од великог значаја и при низу осматрања преко 25 година дозвољава се прорачун унутаргодишње расподеле отицаја методом избора рачунске године из фактичких (стварних) година осматрања (Лучшева, 1976). У нашем случају, Моравица код Ариља има низ од 40 година осматрања.

По принципу који је наведен, одређују се границе лимитирајућег периода и сезоне за Моравицу код Ариља, и за сваку од њих израчунавају се суме месечних протицаја. Израчунате суме сортирају се по опадању са указивањем године, и одређују се њихове емпиријске обезбеђености (табела 20).

На основу тих података одабирају се године у којима је обезбеђеност за годину, лимитирајући период и сезону међусобно најближа, тј. године у којима све ове карактеристике леже близу једног реда. Ове године обележене су црвеном бојом у табели 20.

За одабране фактичне (стварне) године (1975/76, 1961/62 и 1993/94) исписују се средњи месечни и сезонски протицаји ( $m^3/s$ ), и одређује се расподела у процентима од годишњег отицаја (табеле 21, 22 и 23).

Поређењем ове три табеле можемо да видимо да се удео пролећног отицања смањује са повећањем водности године. Тако, он износи 63,1 % у маловодној години, 56,6 % у средњемаловодној и 31,7 % у многоводној

години. У многоводној години долази до повећања удела летње-јесењег отицаја због појаве поводања у овом делу године, изазваних већим падавинама. Зимски отицај је најстабилнији у свим годинама.

Као што је већ речено, осим познавања унутаргодишње расподеле отицаја, за водоснабдевање је веома важно и одређивање минималних протицаја.

**Табела 20. Сума месечних протицаја ( $m^3/s$ ) за годину, лимитирајући период и сезону реке Моравице код Ариља**

n	P (%)	Годишњи отицај (III–II)		Лимитирајући период (VI–II)		Лимитирајућа сезона (VIII–X)	
		година	сума Qмес.	година	сума Qмес.	година	сума Qмес.
1	1,8	1967/68	205,9	1975/76	139,6	1972/73	45,4
2	4,3	1975/76	204,4	1989/90	117,8	1975/76	37,3
3	6,9	1981/82	181,2	1999/2000	109,3	1976/77	29,6
4	9,4	1978/79	173,9	1979/80	107,1	1989/90	24,8
5	11,9	1999/2000	171,2	1983/84	106,5	1964/65	22,4
6	14,5	1984/85	165,5	1967/68	105,6	1991/92	21,7
7	17,0	1970/71	157,6	1991/92	103,9	1978/79	19,8
8	19,5	1989/90	154,5	1976/77	98,8	1996/97	17,5
9	22,1	1976/77	153,4	1978/79	96,6	1979/80	15,6
10	24,6	1964/65	153,1	1964/65	96,3	1971/72	15,1
11	27,2	1962/63	151,0	1985/86	94,8	1999/2000	14,7
12	29,7	1996/97	150,1	1981/82	93,9	1981/82	14,3
13	32,2	1991/92	143,2	1972/73	93,5	1968/69	13,2
14	34,8	1979/80	135,3	1986/87	85,7	1997/98	12,7
15	37,3	1985/86	135,0	1977/78	79,3	1986/87	11,9
16	39,8	1965/66	132,7	1996/97	78,4	1977/78	11,9
17	42,4	1980/81	130,0	1974/75	78,1	1967/68	11,7
18	44,9	1986/87	128,8	1968/69	76,8	1998/99	11,5
19	47,5	1983/84	127,9	1970/71	76,3	1985/86	11,2
20	50,0	1987/88	127,8	1998/99	70,7	1983/84	11,0
21	52,5	1973/74	127,6	1980/81	66,5	1974/75	10,8
22	55,1	1997/98	123,4	1962/63	65,9	1970/71	9,5
23	57,6	1977/78	118,7	1969/70	64,6	1984/85	9,1
24	60,2	1992/93	114,0	1987/88	63,8	1973/74	9,0
25	62,7	1972/73	113,5	1997/98	59,3	1969/70	8,3
26	65,2	1974/75	111,1	1973/74	56,5	1980/81	8,0

27	67,8	1968/69	109,4	1994/95	54,4	1995/96	7,9
28	70,3	1995/96	105,7	1992/93	52,2	1962/63	7,9
29	72,8	1969/70	104,1	1971/72	50,5	1961/62	7,7
30	75,4	1961/62	103,8	1963/64	47,5	1992/93	7,6
31	77,9	1998/99	102,1	1965/66	45,5	1965/66	6,8
32	80,5	1988/89	97,7	1961/62	45,1	1987/88	6,7
33	83,0	1982/83	94,6	1966/67	44,0	1994/95	6,2
34	85,5	1971/72	93,3	1995/96	40,0	1963/64	6,2
35	88,1	1963/64	93,2	1984/85	37,8	1990/91	6,0
36	90,6	1994/95	86,9	1988/89	36,8	1988/89	6,0
37	93,1	1966/67	85,2	1990/91	32,9	1982/83	5,5
38	95,7	1993/94	65,6	1982/83	29,3	1966/67	5,4
39	98,2	1990/91	60,0	1993/94	24,2	1993/94	5,0



### Минимални протицаји воде

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. 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 –  $P = 97 \%$ . Као пример, наведен је прорачун за станицу Ариље на Великом Рзаву јер се одатле захвата вода за водоводни систем „Рзав“.

Одређивање учесталости осматрених минималних протицаја наведено је у табели 24. Затим су на полулогаритамску мрежу вероватноће нанете емпиријске тачке. За израчунавање параметара аналитичке криве учесталости коришћен је метод серија и добијен следећи резултат:

ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_0 = 0,947 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,56$ ;  $E_{Q_{om}} = 10,3 \%$ ;  
 $E_{C_v} = 14,8 \%$ ;

ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_0 = 1,72 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,35$ ;  $E_{Q_{om}} = 5,7 \%$ ;  
 $E_{C_v} = 12,2 \%$ ;

ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 0,987 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,42$ ;  $E_{Q_{om}} = 8,3 \%$ ;  
 $E_{C_v} = 15,1 \%$ ;

ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 1,42 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,34$ ;  $E_{Q_{om}} = 6,0 \%$ ;  
 $E_{C_v} = 13,0 \%$ .

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

Израчунавање ордината аналитичке криве учесталости минималних протицаја приказано је у табели 25. Нанесене криве на скици 18 добро се поклапају са емпиријским тачкама, што доказује тачност прорачуна. Са крива учесталости узимају се вредности протицаја задате рачунске обезбеђености ( $Q_{97\%}$ ):

ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{97\%} = 0,210 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 0,44 \text{ l/s/km}^2$ ;

ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{97\%} = 0,750 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 0,90 \text{ l/s/km}^2$ ;

ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{97\%} = 0,360 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 0,83 \text{ l/s/km}^2$ ;

ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{97\%} = 0,650 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 1,15 \text{ l/s/km}^2$ .

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 водозавхвата водоводног система „Рзав“. За повећање водозавхвата неопходна је изградња акумулације „Ариље“, као што је и предвиђено пројектним планом регионалног водоводног система „Рзав“.

**Табела 24. Одређивање параметара криве учесталости минималних протицаја Великог Рзава код Ариља за период 1961–2000. г.**

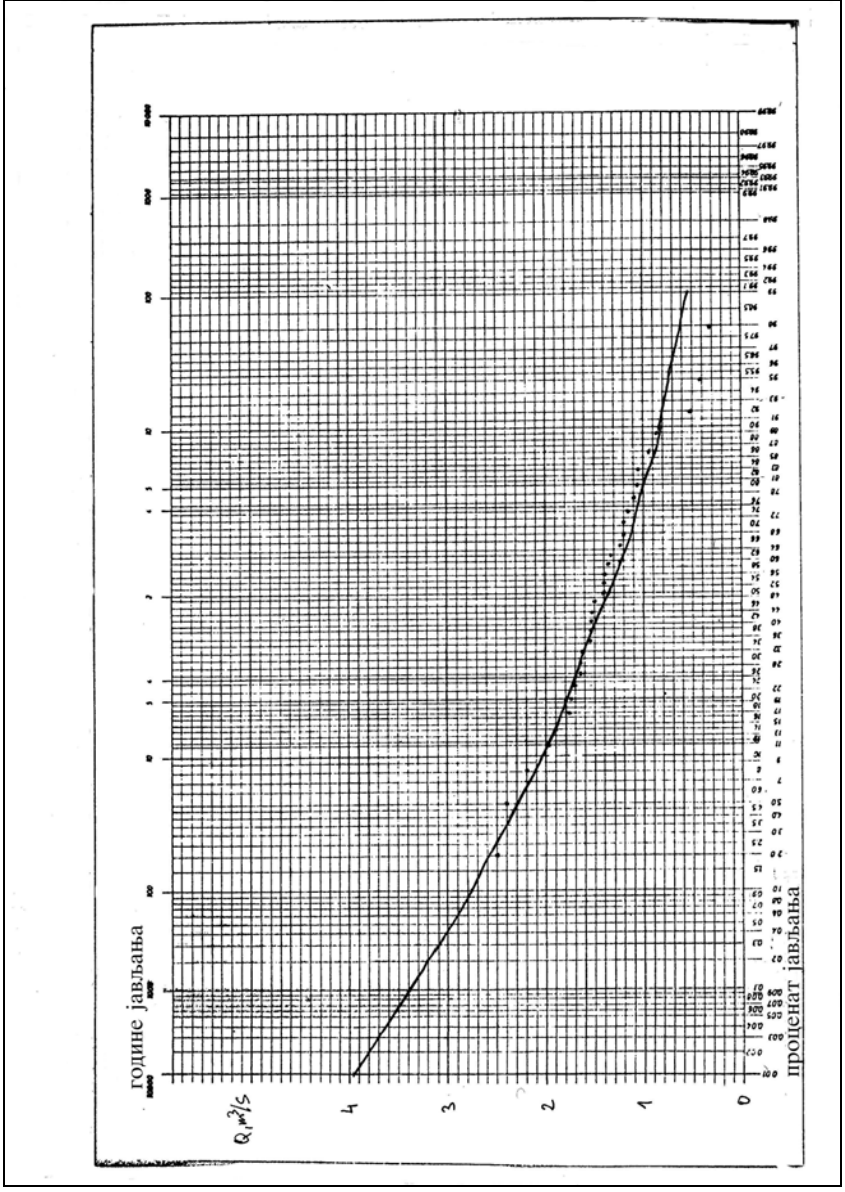
m	година	$Q_{\min}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_{\min}$ по оподању	(P%)	$K = Q_i/Q_0$	(K-1)	(K-1) <sup>2</sup>
1	1962	1,36	2,50	2,1	1,76	0,76	0,5785
2	1963	1,55	2,40	5,1	1,69	0,69	0,4763
3	1964	1,75	2,20	8,1	1,55	0,55	0,3017
4	1965	1,20	1,97	11,1	1,39	0,39	0,1500
5	1966	1,40	1,90	14,1	1,34	0,34	0,1143
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 25. 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



Скица 18. Крива учесталости минималних средњих дневних прогицаја Великог Рзава код Ариља

## КОРИШЋЕЊЕ ХИДРОЕНЕРГИЈЕ

У одељку о хидрографским својствима реке Моравице и Великог Рзава изнети су услови који одређују знатан хидроенергетски потенцијал слива Моравице. И поред овог значајног потенцијала, водне снаге су слабо искоришћене. У табели 5 приказани су резултати прорачуна водних снага реке Моравице и Великог Рзава за четири хидролошке станице. Укупна снага Моравице износи 191 394 kW (191,4 MW), специфична снага Моравице је 2,2 MW/km, док је однос снаге реке и површине слива 0,126 MW/km<sup>2</sup>. До сада се водна снага слива Моравице користила само у 179 примитивних млинова и једној електрани. Једина хидроелектрана у сливу Моравице налази се у Ивањици и има инсталисану снагу 0,15 MW, што значи да се за производњу електричне енергије користи само 0,1 % водних снага слива.

Електрична централа на Моравици у Ивањици (фото 8), која је изграђена 1911. г., је пета по старости у Србији. Још увек је у функција, али је недавно реконструисана и претворена у музеј. Грађевински радови су трајали готово две године. Направљена је дрвена брана висока 8 m и широка (претпоставља се у темељу) 3,5 m. Нема података о њеној дужини. Вероватно није била дужа од 20 m. Од бране до зграде електране направљен је канал широк 3,5 m и дугачак стотину метара. Зграда електране је била приземна, а касније су дограђена два спрата (Вучетић и др., 2001).

Фирма „Simens–Sukert Werke“ испоручила је и монтирала генератор (наизменични, трофазни, по Теслином систему, снаге 160 KVA), Францисову турбину снаге 200 коњских снага (0,15 MW) и осталу опрему потребну за електрану. Заједно са монтажом опреме у електрани, постављена је нисконапонска мрежа у тадашњој варошици. Електрана је пуштена у рад 19. 12. 1911. г. Електрична енергија из хидроцентрале на Моравици, по њеном стављању у погон, употребљавана је за осветљење Ивањице, коришћена је у стругари и вуновлачари, затим за покретање млина и у радионици за израду буради. Тридесетих година XX века у Лиси је отворен рудник антимона, а за његове погоне и флотацију, електричну енергију је обезбеђивала централа на Моравици. Тада је изграђен и далековод, са високим напоном од 6000 V (у оно време!), а на импрегнисаним дрвеним стубовима. Био је дугачак 6 km и то је био први далековод у Моравичком крају.

У Ивањици се догодила и прва велика хаварија на једном хидроенергетском постројењу, када је 20. јануара 1936. г. отоплило и када се нагло отопио велики снег. Бујице воде нису могле да пређу преко преливних поља на брани, па су је однеле. У вароши је нестало струје. Одлучено је да се изгради нова, бетонска (фото 9). Ова брана дужине 20 m је била сигурна, у темељу широка 8 m, а у круни 2 m. За пропуштање великих вода направљен је покретни део бране.



**Фото 8. Хидроцентра у Ивањици**

После Другог светског рата укинута је Акционарско електрично друштво у Ивањици, а хидроелектрана је прешла у власништво Ивањичке експозитуре ондашњег ЕПС-а. Од 1963. г. Погон за дистрибуцију – Ивањица, у чијем је саставу електрана, припојен је Предузећу за дистрибуцију електричне енергије „24. септембар“ у Ужицу. Шездесетих и седамдесетих година XX века потрошња електричне енергије је све више

расла, тако да је електрана давала свој допринос и даље, али је била, по потреби, и златна резерва. Довољно електричне енергије за ово подручје обезбеђено је кад су 1977. г. изграђени 110-киловолтни далековод Пожега – Ивањица и 110-киловолтна трафостаница у Ивањици (Вучетић и др., 2001).



**Фото 9. Брана у Ивањици**

Као што је напоменуто, по Водопривредној основи Републике Србије из 1995. г. и Просторном плану Србије из 1996. г., у сливу Моравице планирано је да се изграде четири велике акумулације до 2021. г. То су три акумулације на Великом Рзаву („Орловача“, „Роге“ и „Ариље“) и једна на Ношници код Међуречја („Рокци“). Ове акумулације су предвиђене за вишенаменско коришћење. Користиле би се за водоснабдевање, за производњу електричне енергије, заштиту од поплава, оплемењивање малих вода, заштиту квалитета водотока, за наводњавање, рибарство и рекреацију.

Акумулација „Орловача“ била би најузводнија акумулација на Великом Рзаву, максималне запремине  $80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  и користила би се за

оплемењавање малих вода, енергетику, рибарство и рекреацију. Инсталисана снага би била 16 MW, а годишња производња електричне енергије – 25 GWh.

Акумулација „Роге“, са браном висине 95 m, имала би запремину  $162,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Осим обезбеђења воде за потребе водоснабдевања система „Рзав“ и насеља Колубарског округа и Београда, уз претходно превођење воде из слива Увца у слив Великог Рзава, у прибранској електрани добијало би се годишње 40,34 GWh квалитетне вршне енергије. Инсталисана снага ХЕ „Роге“ била би 21,53 MW.

Низводно од бране „Роге“ предвиђена је акумулација „Ариље“, са браном висине 60 m и корисном запремином од  $20,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , која би истовремено обезбеђивала воду за водоснабдевање система „Рзав“ и за прибранску електрану, где би се годишње производило око 22,07 GWh електричне енергије. Инсталисана снага ХЕ „Ариље“ је 7,14 MW.

Планирана акумулација „Рокци“ на реци Ношници код Међуречја ( $V_{\max} = 83 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ) такође би производила електричну енергију, служила за водоснабдевање Ивањице, али би била и значајан објекат за рекреацију.

Укупна инсталисана снага предвиђених хидроелектрана без хидроцентрале „Рокци“, а са старом хидроцентралом у Ивањици износила би 44,8 MW. То би представљало 23 % хидроенергетског потенцијала слива Моравице.

Осим ове четири акумулације у Просторном плану Србије из 1996. г. спомињу се и две акумулације потребне за реализацију дугорочних водопривредних циљева, то јест – после 2021. г. То су „Куманица“ на Моравици, максималне запремеине  $21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , и „Дубрава“ на Грабовици, са  $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

### **Максимални протицаји и водостаји**

Код изградње акумулација, а и при одбрани од поплава, веома је важно добро израчунати максималне протицаје и водостаје. Зато ће овде бити представљени прорачуни максималних протицаја и водостаја Моравице и Великог Рзава учесталости  $P = 0,01; 0,1; 1\%$ , према подацима за период осматрања 1961–2000. г.

Прорачуни максималних протицаја врше се на основу максималних тренутних протицаја. Ако се на реци осматра максимални протицај више од једног дана, тада се у прорачуну користе средње дневне величине. При одређивању максималних протицаја воде према подацима за низ година постоје следећи захтеви:

а) горњи део криве  $Q = f(H)$  мора бити конструисан по измереним подацима или екстраполацијом до највишег водостаја, потврђеном са више метода;

б) не смеју бити изостављена осматрања максималних протицаја;

в) учесталост осматрања треба да обезбеди регистрацију највишег водостаја за период велике воде;

г) дужина периода осматрања зависи од географске зоне и од њих се обично узимају: шумска тундра и шумска подручја – 25, шумскостепска – 30, степска – 40, сувостепска и полупустињска – 50 и планинска – 40 година. У нашем примеру низ осматрања од 40 година (1961–2000. г.) задовољава наведене захтеве.

Овде ће бити приказан прорачун максималних протицаја Великог Рзава на профилу Роге зато што би на овом профилу требало да се гради брана будуће веома важне акумулације.

При конструисању криве обезбеђености одређују се параметри  $Q_{sr}$ ,  $C_v$ ,  $C_s$  и састављају се табеле. Прво се табеле са подацима о максималним протицајима и њиховим датумима (табела 26) претварају у табеле за одређивање параметара криве учесталости максималних протицаја (табела 27). Коefицијент асиметрије  $C_s$  при прорачуну максималних протицаја одређује се у зависности од генезе максималног протицаја и износи: за протицаје равничарских река настале од снежнице  $C_s = 2,0-2,5 C_v$ ; за кишне протицаје равничарских река и планинских река са монсонском климом  $C_s = 3,0-4,0 C_v$  и за протицаје планинских река –  $C_s = 4 C_v$ . Река Моравица и Велики Рзав спадају у планинске реке и зато се за све четири станице узима  $C_s = 4 C_v$ .

**Табела 26. Максимални протицаји Великог Рзава код Рога**

Година	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	Датум
1963	49,6	18. II
1964	54,4	26. IV
1965	288	13. V
1966	142	30. IV
1967	146	22. V
1968	86,2	20. XII
1969	40,3	25. II
1970	43,1	7. VII
1971	52,4	7. IV
1972	63,8	28. IX
1974	88,5	16. X
1981	59,9	13. III
1982	53,5	31. III
1983	78,6	3. VII
1984	136	25. IX
1985	223	19. XI
1986	121	19. II
1987	183	25. XI
1988	69,5	16. III
1989	157	18. VI
1990	62,5	11. XII
1991	94,3	12. II
1992	55,5	20. IV
1993	45,0	4. IV
1994	132	13. IV
1995	97,6	4. IV
1996	101	15. V
1997	45,9	4. IV
1998	68,5	7. XI
1999	151	23. XI
2000	106	28. XII



**Табела 27. Одређивање параметара криве учесталости максималних протицаја Великог Рзава код Рога за период 1961–2000. г**

m	Година	Q (m <sup>3</sup> /s) по опадању	$K = Q_{\max}/Q_{sr,\max}$	K-1	(K-1) <sup>2</sup>	P (%)
1	1965	288	2,89	1,89	3,5561	3,1
2	1985	223	2,23	1,23	1,5239	6,3
3	1987	183	1,83	0,83	0,6950	9,4
4	1989	157	1,57	0,57	0,3285	12,5
5	1999	151	1,51	0,51	0,2632	15,6
6	1967	146	1,46	0,46	0,2143	18,8
7	1966	142	1,42	0,42	0,1788	21,9
8	1984	136	1,36	0,36	0,1316	25,0
9	1994	132	1,32	0,32	0,1041	28,1
10	1986	121	1,21	0,21	0,0451	31,3
11	2000	106	1,06	0,06	0,0039	34,4
12	1996	101	1,01	0,01	0,0001	37,5
13	1995	97,6	0,98	-0,02	0,0005	40,6
14	1991	94,3	0,94	-0,06	0,0030	43,8
15	1974	88,5	0,89	-0,11	0,0128	46,9
16	1968	86,2	0,86	-0,14	0,0186	50,0
17	1983	78,6	0,79	-0,21	0,0451	53,1
18	1988	69,5	0,70	-0,30	0,0922	56,3
19	1998	68,5	0,69	-0,31	0,0984	59,4
20	1972	63,8	0,64	-0,36	0,1301	62,5
21	1990	62,5	0,63	-0,37	0,1397	65,6
22	1981	59,9	0,60	-0,40	0,1598	68,8
23	1992	55,5	0,56	-0,44	0,1970	71,9
24	1964	54,4	0,55	-0,45	0,2069	75,0
25	1982	53,5	0,54	-0,46	0,2152	78,1
26	1971	52,4	0,53	-0,47	0,2256	81,3
27	1963	49,6	0,50	-0,50	0,2530	84,4
28	1997	45,9	0,46	-0,54	0,2917	87,5
29	1993	45,0	0,45	-0,55	0,3015	90,6
30	1970	43,1	0,43	-0,57	0,3228	93,8
31	1969	40,3	0,40	-0,60	0,3554	96,9

Параметри криве учесталости максималних протицаја за све четири станице су:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{sr,max} = 75,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,85$ ;  $C_s = 3,40$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{sr,max} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,73$ ;  $C_s = 2,92$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{sr,max} = 99,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,57$ ;  $C_s = 2,28$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{sr,max} = 96,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,51$ ;  $C_s = 2,04$ .

Ординате криве учесталости израчунате су у табели 28 са коришћењем табеле „Ординате криве трипараметарске гама расподеле“ (Лучшева, 1976).

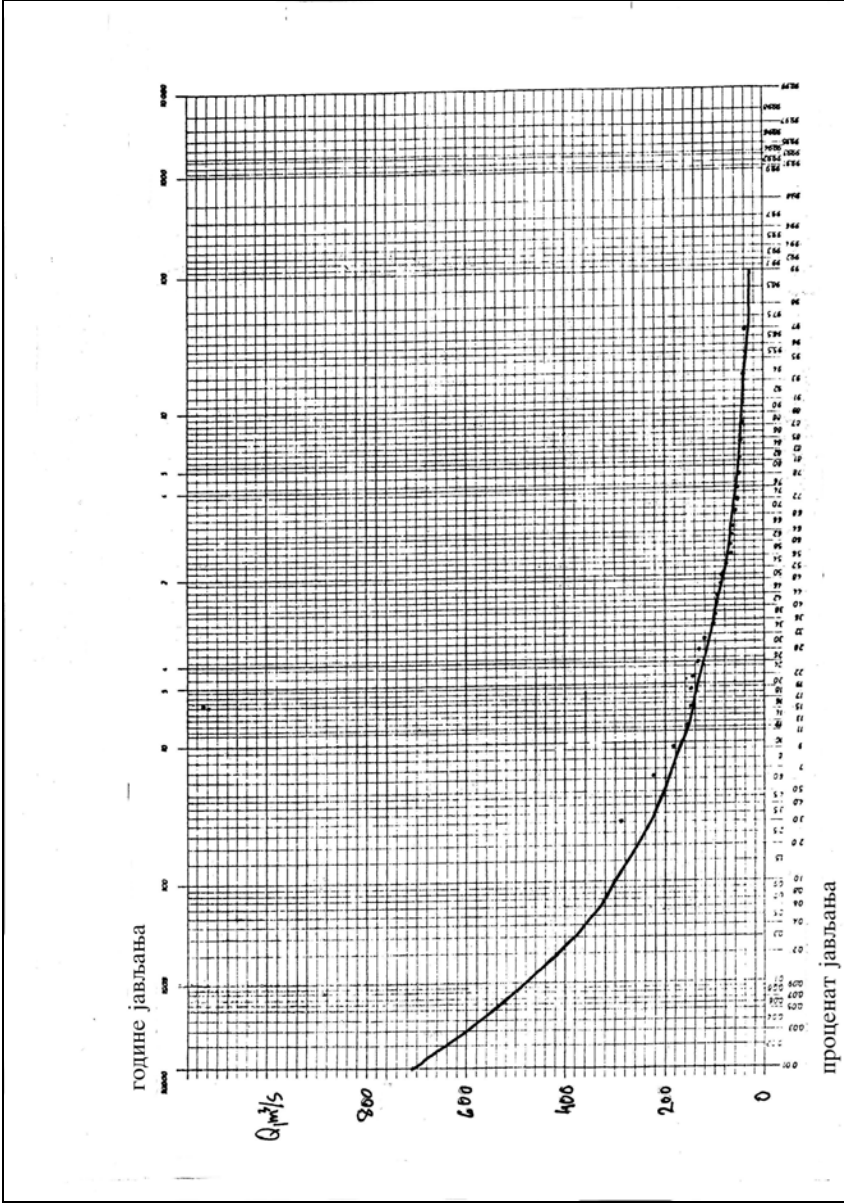
Аналитичке (теоријске) криве учесталости максималних протицаја конструисане су на полулогаритамској мрежи вероватноће (скица 19) на основу података из табеле 28. Због контроле прорачуна и оцене вероватноће појаве осматрених максималних протицаја, на криву учесталости наносе се тачке осматрених (емпиријских) максималних протицаја обезбеђености  $P\%$  из табеле 27.

Максимални протицаји задатих вероватноћа појаве износе:

ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{0,01\%}=937 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%}=577 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{1\%}=321 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{0,01\%}=1250 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%}=796 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{1\%}=465 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{0,01\%}=713 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%}=481 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{1\%}=303 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{0,01\%}=590 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%}=412 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{1\%}=270 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Табела 28. Ординате криве учесталости максималних протицаја Великог Рзава код Рога:  $Q_{sr,max} = 99,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $C_v = 0,57$ ;  $C_s = 2,28$**

P%	0,01	0,1	1	5	10	20	30	50	60	70	80	90	95	99
K	7,14	4,82	3,04	2,06	1,69	1,33	1,13	0,86	0,76	0,67	0,57	0,47	0,40	0,29
$Q_p = KQ_{sr}$	713	481	303	206	169	133	113	85,8	75,8	66,9	56,9	46,9	39,9	28,9



Скица 19. Крива учесталости максималних прогицаја Великог Рзава код Рога

Прорачуни максималних протицаја воде веома су важни при пројектовању хидротехничких објеката различите класе. У руској хидротехничкој пракси постоје четири класе објеката, а свакој класи одговара одређена рачунска вероватноћа појаве максималних протицаја воде: класи I одговара  $P = 0,01 \%$ , класи II –  $0,1 \%$ , класи III –  $0,5 \%$  и класи IV –  $1 \%$ .

Класе речних хидротехничких објеката утврђују се по специјалним нормама и правилима за пројектовање објеката (Група аутора, 1972). У овом случају дате су класе које су утврђене у тадашњој СССР 1972. г., али које се и данас примењују како у Русији тако и у нашој земљи. На пример, Хидросистем „Ђердап“, димензиониран је тако да може да пропусти воду која се према рачуну вероватноће појављује једном у 10 000 година, а то је  $22\,300 \text{ m}^3/\text{s}$  (Гавриловић, 1988), те он припада класи I.

При прорачуну објеката ове класе рачунском максималном протицају  $Q_{0,01\%}$  треба додати гарантну исправку  $\Delta Q_p$ . Она се уводи да би се избегла грешка смањивања максималног протицаја, која се јавља услед тога што период хидрометријских осматрања може да не одражава све карактеристичне промене режима. Гарантна исправка се израчунава по формули:  $\Delta Q_p = \frac{aE_p}{\sqrt{n}} Q_p$ , где је  $a$  – коефицијент који карактерише хидролошку изученост слива ( $a = 0,7$  за реке које се налазе у хидролошко изученим областима,  $a = 1,5$  за слабоизучене територије) а  $E_p$  – величина која карактерише променљивост максималног протицаја и која се одређује по табели:

$C_v$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
$E_p = 0,01 \%$	0,25	0,45	0,64	0,80	0,97	1,12	1,26	1,40	1,56	1,71	1,89	2,06

Гарантна исправка се узима у обзир при услову да она не прелази  $20 \%$  протицаја, одређеног по криви учесталости  $Q_p$ . Коначни рачунски максимални протицај ( $Q'_p$ ), који се узима при пројектовању хидротехничког објекта, добија се по формули:  $Q'_p = Q_p + \Delta Q_p$ .

Израчунат је максимални протицај реке Велики Рзав код Рога за услове пројектовања хидротехничког објекта класе I. Зна се да на том профилу треба да буде направљена велика акумулација, чије би се воде користиле првенствено за водоснабдевање система „Рзав“, али би имала и друге намене: одбрана од поплава, наводњавање, рекреација, итд. Слив Великог

Рзава налази се у хидролошки изученом рејону, значи да је  $a = 0,7$ . При  $C_v = 0,57$ ,  $E_{p_{0,01\%}} = 1,08$ ; период осматрања је  $n = 31$ , а  $Q_{0,01\%} = 713 \text{ m}^3/\text{s}$ . Добијамо  $\Delta Q_{0,01\%} = 96,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Исправка  $\Delta Q_{0,01\%}$  мања је од 20 % протицаја  $Q_{0,01\%}$  ( $\frac{\Delta Q_{0,01\%}}{Q_{0,01\%}} = 13,6 < 20\%$ ), што значи да је низ осматрања максималних протицаја довољан за сигурно одређивање гарантног протицаја при пројектовању хидротехничког објекта класе I. Максимални протицај воде при пројектовању хидротехничког објекта класе I на Великом Рзаву код Рога износи  $Q'_{0,01\%} = 713 + 96,8 = 810 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Познавање максималних водостаја различите обезбеђености веома је важно при планирању висине насипа за одбрану од поплава. Они нам показују до које надморске висине ће подручје бити плављено при великим водама различите обезбеђености. Овде ће бити приказан прорачун максималних водостаја обезбеђености који износи  $P = 0,1\%$ . Као пример, представљен је прорачун за станицу Ивањица на Моравици.

Рачунски максимални водостаји одређују се по кривама учесталости годишњих максималних водостаја. Ако се максимални водостаји осматрају у различитим фазама водног режима, онда се рачун изводи одвојено (Лучшева, 1976).

Да би се конструисала емпиријска крива учесталости, водостаји се морају разврстати по опадању. Све се ради као код максималних протицаја. На полулогаритамску мрежу вероватноће наносе се емпиријске тачке из табеле 29 и проводи се осредњена крива.

За конструисање аналитичке криве учесталости максималних водостаја примењује се метод момената, који се препоручује за прорачун при одсуству значајних одступања тачака од осредњене емпиријске криве у њеном горњем делу. Израчунавање параметара аналитичке криве учесталости ( $H_{sr}$ ,  $C_v$  и  $C_s$ ) врши се као код годишњег протицаја. Параметри за све четири станице су:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $H_{sr} = 159 \text{ cm}$ ;  $C_v = 0,45$ ;  $E_{Cv} = 12,3\%$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $H_{sr} = 191 \text{ cm}$ ;  $C_v = 0,30$ ;  $E_{Cv} = 15,4\%$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $H_{sr} = 180 \text{ cm}$ ;  $C_v = 0,23$ ;  $E_{Cv} = 14,8\%$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $H_{sr} = 132 \text{ cm}$ ;  $C_v = 0,37$ ;  $E_{Cv} = 16,0\%$ .

Ако је грешка  $E_{C_v} = 10\text{--}15\%$ , дужина низа сматра се довољном. У овом случају  $E_{C_v}$  задовољава овај услов.

У табели 30 израчунавају се ординате аналитичке криве учесталости максималних водостаја при различитим односима:  $C_s = 2C_v$ ,  $C_s = 3C_v$  и  $C_s = 4C_v$ . Метод избора односа  $C_s/C_v$  користи се зато што су грешке  $C_s$  веома велике.

На скици 20, где су представљене криве учесталости максималних водостаја, одабира се аналитичка крива која се најбоље подудара (поклапа) са горњим делом емпиријске криве. За станицу Ариље на Моравици најбоље поклапање је када је  $C_s = 2C_v$ , док за остале станице тај однос је  $C_s = 4C_v$ . Тако се добијају водостаји задате учесталости за све четири станице:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $H_{0,1\%} = 563\text{ cm}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $H_{0,1\%} = 418\text{ cm}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $H_{0,1\%} = 363\text{ cm}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $H_{0,1\%} = 386\text{ cm}$ .

Да би се добила апсолутна вредност водостаја, тј. до које ће надморске висине вода плавити терен при поплави учесталости  $P = 0,1\%$ , вредност водостаја треба додати коти нуле водомерне станице:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $H_{0,1\%} = 451,42\text{ m}$  надморске висине;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $H_{0,1\%} = 330,87\text{ m}$  надморске висине;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $H_{0,1\%} = 393,63\text{ m}$  надморске висине;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $H_{0,1\%} = 331,25\text{ m}$  надморске висине.

**Табела 29. Одређивање параметара криве учесталости максималних водостаја Моравице код Ивањице за период 1961–2000. г.**

m	Година	Hmax (cm)	Hmax. по оподању (cm)	P (%)	K=H/Hsr.	(K-1)	(K-1) <sup>2</sup>	(K-1) <sup>3</sup>
1	1961	182	500	2,4	3,14	2,14	4,5995	9,8644
2	1962	151	318	4,9	2,00	1,00	1,0000	1,0000
3	1963	140	282	7,3	1,77	0,77	0,5984	0,4629
4	1964	197	212	9,8	1,33	0,33	0,1111	0,0370
5	1965	500	200	12,2	1,26	0,26	0,0665	0,0171
6	1966	137	197	14,6	1,24	0,24	0,0571	0,0137
7	1967	318	193	17,1	1,21	0,21	0,0457	0,0098
8	1968	100	186	19,5	1,17	0,17	0,0288	0,0049
9	1969	125	185	22,0	1,16	0,16	0,0267	0,0044
10	1970	147	182	24,4	1,14	0,14	0,0209	0,0030
11	1971	126	164	26,8	1,03	0,03	0,0010	0,0000
12	1972	150	156	29,3	0,98	-0,02	0,0004	0,0000
13	1973	146	156	31,7	0,98	-0,02	0,0004	0,0000
14	1974	128	151	34,1	0,95	-0,05	0,0025	-0,0001
15	1975	193	150	36,6	0,94	-0,06	0,0032	-0,0002
16	1976	136	147	39,0	0,92	-0,08	0,0057	-0,0004
17	1977	90	146	41,5	0,92	-0,08	0,0067	-0,0005
18	1978	123	146	43,9	0,92	-0,08	0,0067	-0,0005
19	1979	134	146	46,3	0,92	-0,08	0,0067	-0,0005
20	1980	134	145	48,8	0,91	-0,09	0,0078	-0,0007
21	1981	212	140	51,2	0,88	-0,12	0,0143	-0,0017
22	1982	164	140	53,7	0,88	-0,12	0,0143	-0,0017
23	1983	156	140	56,1	0,88	-0,12	0,0143	-0,0017
24	1984	146	137	58,5	0,86	-0,14	0,0191	-0,0026
25	1985	185	136	61,0	0,86	-0,14	0,0209	-0,0030
26	1986	156	134	63,4	0,84	-0,16	0,0247	-0,0039
27	1987	121	134	65,9	0,84	-0,16	0,0247	-0,0039
28	1988	122	128	68,3	0,81	-0,19	0,0380	-0,0074
29	1989	282	126	70,7	0,79	-0,21	0,0431	-0,0089
30	1990	80	125	73,2	0,79	-0,21	0,0457	-0,0098
31	1991	200	123	75,6	0,77	-0,23	0,0513	-0,0116
32	1992	140	122	78,0	0,77	-0,23	0,0542	-0,0126
33	1993	91	121	80,5	0,76	-0,24	0,0571	-0,0137
34	1994	108	116	82,9	0,73	-0,27	0,0731	-0,0198
35	1995	186	108	85,4	0,68	-0,32	0,1029	-0,0330
36	1996	145	100	87,8	0,63	-0,37	0,1377	-0,0511
37	1997	146	98	90,2	0,62	-0,38	0,1472	-0,0565

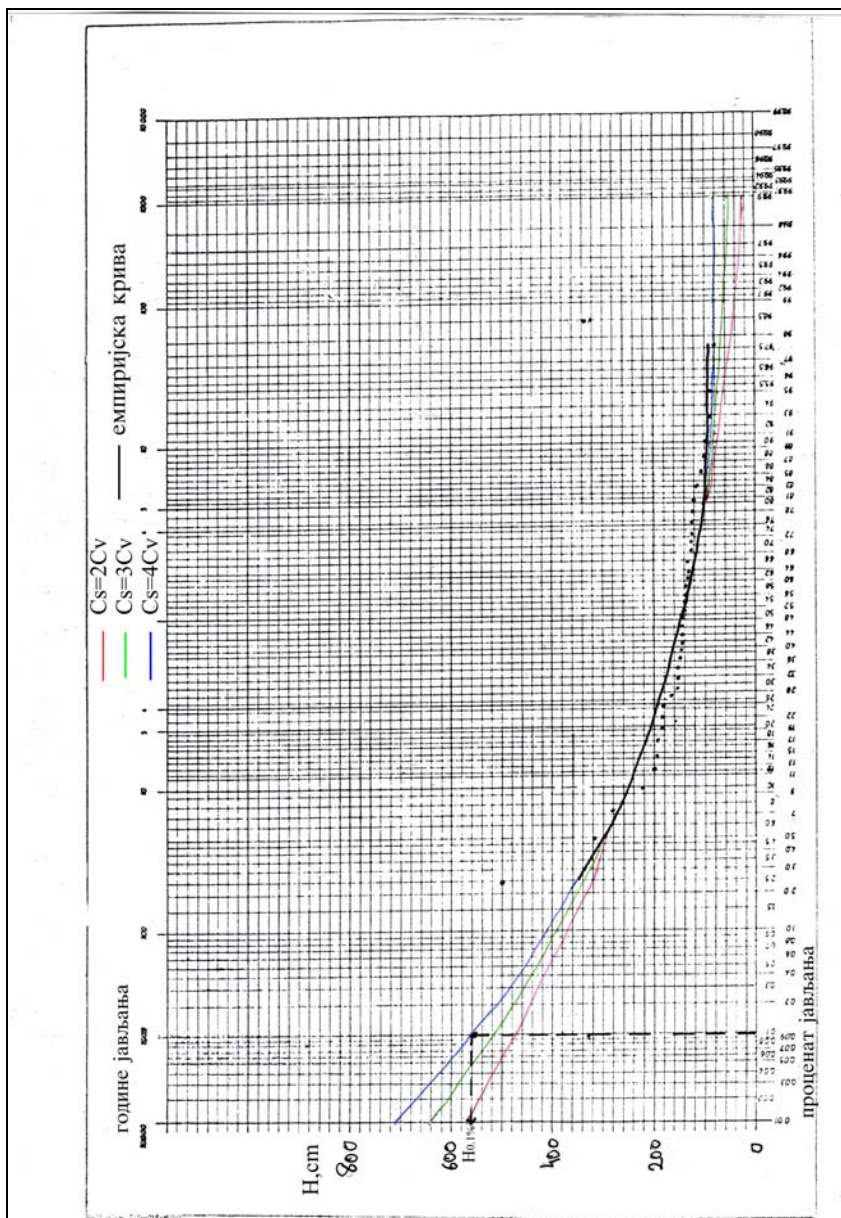
38	1998	98	91	92,7	0,57	-0,43	0,1829	-0,0782
39	1999	140	90	95,1	0,57	-0,43	0,1883	-0,0817
40	2000	116	80	97,6	0,50	-0,50	0,2469	-0,1227

**Табела 30. Ординате аналитичке криве учесталости максималних водостаја Моравице код Ивањице: Hsr. = 159 cm; Cv = 0,45; 1961–2000 г**

Cs	Параметар	P (%)							
		0,01	0,1	1	5	10	20	30	40
4Cv	Φ	7,76	5,64	3,5	1,98	1,32	0,64	0,24	-0,05
	ΦCv	3,49	2,54	1,58	0,89	0,59	0,29	0,11	-0,02
	Kp = ΦCv + 1	4,49	3,54	2,58	1,89	1,59	1,29	1,11	0,98
	Hp = KpHsr	714	563	409	301	253	205	176	155
3Cv	Φ	6,76	5,02	3,24	1,93	1,34	0,72	0,32	0,03
	ΦCv	3,04	2,26	1,46	0,87	0,60	0,32	0,14	0,01
	Kp = ΦCv + 1	4,04	3,26	2,46	1,87	1,60	1,32	1,14	1,01
	Hp = KpHsr	643	518	391	297	255	211	182	161
2Cv	Φ	5,73	4,38	2,96	1,86	1,34	0,77	0,40	0,11
	ΦCv	2,58	1,97	1,33	0,84	0,60	0,35	0,18	0,05
	Kp = ΦCv + 1	3,58	2,97	2,33	1,84	1,60	1,35	1,18	1,05
	Hp = KpHsr	569	472	371	292	255	214	188	167

Cs	Параметар	P (%)							
		50	60	70	80	90	95	99	99,9
4Cv	Φ	-0,28	-0,48	-0,64	-0,8	-0,94	-1,02	-1,09	-1,11
	ΦCv	-0,13	-0,22	-0,29	-0,36	-0,42	-0,46	-0,49	-0,50
	Kp = ΦCv + 1	0,87	0,78	0,71	0,64	0,58	0,54	0,51	0,50
	Hp = KpHsr	139	125	113	102	92	86	81	80
3Cv	Φ	-0,22	-0,44	-0,64	-0,84	-1,05	-1,18	-1,35	-1,44
	ΦCv	-0,10	-0,20	-0,29	-0,38	-0,47	-0,53	-0,61	-0,65
	Kp = ΦCv + 1	0,90	0,80	0,71	0,62	0,53	0,47	0,39	0,35
	Hp = KpHsr	143	128	113	99	84	75	62	56
2Cv	Φ	-0,15	-0,38	-0,61	-0,85	-1,15	-1,35	-1,66	-1,90
	ΦCv	-0,07	-0,17	-0,27	-0,38	-0,52	-0,61	-0,75	-0,86
	Kp = ΦCv + 1	0,93	0,83	0,73	0,62	0,48	0,39	0,25	0,15
	Hp = KpHsr	148	132	115	98	77	62	40	23





Скица 20. Крива учесталости максималних водостаја Моравице код Ивањице за период 1961–2000. г.

## ОСТАЛЕ МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА ВОДА

**Наводњавање.** – Дно долине Моравице и Пожешке котлине представљају погодно тло за гајење разноврсних култура, али нема довољно влаге да би се интензивно користило. Сушни период јули – август – септембар обухвата критичне стадијуме код биљака – образовање и сазревање плода, због чега приноси подбацују. На значај влаге, тј. наводњавања, указују нам ниски приноси кукуруза у Ариљском пољу (10,3 тс). Према огледима Пољопривредног добра у Ариљу, вршеним 1952. г., наводњавана површина дала је 39,3 тс, а ненаводњавана свега 16,8 тс. За време кишне 1951. г. принос кукуруза износио је 31 тс. То значи да би се наводњавањем приноси повећали 2 до 3 пута (Сретеновић, 1955).

Структура пољопривредних површина се доста променила. Повећала се производња воћа и поврћа, поготово малина. Ариљски крај је најпознатији произвођач малина у Србији (тренутно се малина плантажно гаји на 1 200 ha).

Воде Моравице се и данас незнатно искоришћавају за наводњавање. Наводњава се на примитиван начин свега око 40 ha земљишта. Међутим, површине прве класе за наводњавање у сливу износе 3 400 ha и то: Ивањичко поље – 1 100 ha и Ариљско поље са Пожешком котлином поред Моравице – 2 300 ha.

Наводњавање је потребно у јуну, јулу, августу и септембру, тј. 122 дана, а то је управо доба које обухвата и период малих вода, тако да је у непосредној вези са биолошким минимумом – количином воде која је неопходна за живот у сливу, а тада је и највећа потрошња воде на водоснабдевање насеља. Расположиве воде нису довољне за наводњавање свих 3 400 ha, већ само за 60 %. Дакле, количина воде при садашњем природном водном режиму није довољна за наводњавање целокупне површине за време малих вода, па је потребна акумулација воде да би се надокнадио мањак како се не би задирало у биолошки минимум.

Земљиште за обрађивање у Ариљском пољу представља површински слој растреситог покривача који је дебео око 3,5 m. Тло је састављено од алувијалних и делувиијалних наноса и представља пескушу 20–50 cm дебљине. Хумусни слој је танак. Испод овог слоја је песак и шљунак. У подлози растреситог покривача су шкриљци. Издан се јавља на дубини

2,5–3 m. Према томе, услед моћног растреситог покривача постоји могућност испирања тла у дубље слојеве. Услед тога више би одговарало наводњавање вештачком кишом или чешће наводњавање у мањим количинама.

У Пожешкој котлини педолошки покривач је знатно сложенији. На површини је хумусни слој, који представља ораницу. Испод овог слоја до 5 m дубине наизменично се ређају песковите глине, песак и шљунак. Издан је доста плитка, местимично и до 1,5 m испод површине. Реке у Пожешкој котлини плаве један део површине. Земљиште је у процесу оподзољавања, што треба имати у виду приликом наводњавања (Сретеновић, 1955).

Садашња бонитетна класа ових земљишта је III, а после наводњавања они би требало да пређу у класу II.

**Рекреација и туризам.** – Осим коришћења воде за различите потребе, као што су водоснабдевање насеља и индустрије, хидроенергетика и наводњавање, веома је важна улога вода слива Моравице као део амбијенталне целине. Река Моравица и њене притоке су важне како за развој водне рекреације и туризма уопште тако и за бољи и лепши живот становништва које живи на њеним обалама. Рекреација на води по Водопривредној основи Србије из 1995. г. предвиђена је за Ивањицу и њену околину. Брана у Ивањици се током лета већ користи као купалиште за становнике Ивањице, а предвиђена нова акумулација у Међуречју створила би још боље услове за развој ове врсте рекреације. У доњем делу слива нису баш најповољнији услови за рекреацију на води, мада већ постоји једна уређена плажа поред Великог Рзава узводно од Ариља.

Природне карактеристике слива Моравице и Великог Рзава су веома раскошне и њих је могуће искористити за развој туризма. Ово се поготово односи на горње делове сливова поменутих река. Ивањица је ваздушна бања са средњом надморском висином од 450 m која се сматра оптималном како за здраве особе тако и за већину акутних и хроничних болесника. С обзиром на разноврсне лепоте, културне знаменитости и климатске погодности, ивањички крај има услове за све видове туризма – излетнички, ловни, риболовни, манифестациони, спортско-рекреативни и здравствени. Зато није случајно овде смештен Завод за превенцију, лечење и рехабилитацију болести крви. Осим Завода, значајни смештајни капацитети у Ивањици су још хотел „Инекс–Парк“ и одмаралиште „Голија“, затим хотел „Јавор“ на планини Јавор у Кушићима, хотел

„Голијска река“ на Голији и мотел „Водице“ у Катићима, у подножју планине Мучањ. На подручју општине Ивањица постоје одлични услови за развој сеоског туризма (око 100 категорисаних лежајева) у Лиси, Катићима, Кушићима, Међуречју и услови за развој зимских спортова, нарочито на Голији.

Планине су значајан туристички потенцијал слива Моравице, а међу њима највише се истичу Голија, Јавор и Мучањ.

Голија, чији је највиши врх Јанков камен (1 833 m), једна је од најлепших и шумом најбогатијих планина у Србији. Од стране Унеска проглашена је 15. септембра 2001. г. за подручје биосфере, а одлуком Владе Републике Србије – парком природе. Посебно су заштићене Адамовићева мајчина душица и Панчићева сербика, којих има само на Голији. Планина је богата четинарским шумама, изворима, речницама и има изванредне терене за смучање.

Јавор обухвата простор између река Тисовице, Увца, Брњице и Ношнице и леве притоке Моравице. Уједно, ова река је и природна граница између Голије и Јавора, а највиши врх је Василин врх, од 1 520 m. Јавор је богат пашњацима, чистим изворима и у правом смислу се може назвати историјском планином јер су на њој вођени ратови 1804, 1876–1878 и 1912. г. Све до Балканског рата 1912. г. овде је била српско-турска граница.

Мучањ се својим обронцима уздиже изнад Малог и Великог Рзава и Грабовице. Највиши врх је Јеринин врх са 1 534 m, који је кречњачког састава, а на висоравнима постоје вртаче дубине 10–15 m и ширине 30–50 m. Један део његових падина је под шумом, док је највећи део Мучња безводан, крашки предео.

Све реке у горњим деловима сливова Моравице, Ношнице и Великог Рзава чисте су и незагађене и њихова заштита један је од основних услова за развој туризма. Такође, природну занимљивост представљају и два језера у горњем делу слива Моравице: Тичар или Дајићко језеро (фото 10), на северозападној страни Голије, на 1 420 m надморске висине, и Небеска суза, језеро које се налази на 1 300 m, на месту званом Округлица (Група аутора, 2005).

**Фото 10. Тичар (Дајићко) језеро****Фото 11. Панорама Ивањице**

Осим природних карактеристика, слив Моравице краси и богато културно-историјско наслеђе, које такође чини туристичку понуду овог краја. Као прво, ту је стара чаршија у Ивањици (фото 12), која је 1987. г. проглашена просторно-историјском целином од великог значаја – њена амбијентална вредност је аутентичног изгледа с почетка XIX века, затим црква у центру Ивањице подигнута 1836. г., камени мост у Ивањици (фото 13) из 1904. г., у то доба највећи једнолучни мост на Балкану, затим горе поменута електрична централа на Моравици из 1911. г.

**Фото 12. Главна улица у Ивањици****Фото 13. Камени мост у Ивањици**

Уз то, у Рашчићима, недалеко од Ивањице, налази се Хаџи-Проданова пећина, дуга 346 m и богата пећинским украсима, Николића бездан на југозападним падинама Малича, јама дубока 33 m, Прилички кисељак код

села Прилика, бања на надморској висини од 500 m, чији су минерални извори познати још из доба Римљана, а 1970. г. почиње и флаширање минералне воде. Римски мост на горњем току Моравице, у селу Куманици потиче из доба Немањића, дуг је 14, а широк 2,4 m и данас се користи као пешачки мост. Затим мноштво цркава од којих је најпознатија она у Ариљу, храм Светог Ахилија, манастир Клисуре, раније познат и као манастир Добрача, затим споменик мајору Илићу на Јавору (подигнут мајору Михаилу Илићу, хероју Јаворског рата, 1876–1878), прва земаљска сателитска станица на левој обали Моравице, код Прилика, изграђена 1974. г. У сливу Великог Рзава постоји и велики број пећина од којих је најпознатија Стопића пећина, која се налази у сливу Приштавице, леве притоке Великог Рзава. Такође, ту недалеко је и познато етно-село Сирогојно, затим Височка, Рошка бања итд.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> [www.ivanjica.co.yu](http://www.ivanjica.co.yu) и [www.arilje.co.yu](http://www.arilje.co.yu)

## ВОДОПРИВРЕДНИ ПРОБЛЕМИ У СЛИВУ

Неке водопривредне проблеме, као што су водоснабдевање, хидроенергетика, рекреација, наводњавање и одбрана од поплава, размотрени су у претходном поглављу. Осим њих, постоје још и проблеми ерозије тла и појава бујица и загађење водотока, који ће бити размотрени у овом поглављу.

### ЕРОЗИЈА ТЛА И БУЈИЦЕ

Основни физичко-географски фактори развоја ерозије тла су: клима, рељеф, геолошка структура, састав земљишта и вегетација. На природни процес ерозије утиче активност човека. То су такозвани социјално-економски фактори развоја ерозије тла: уништавање шума, обрађивање земљишта, нерегулисана испаша стоке, одсуство противерозионе технике, недостаци у организацији територија и грешке у планирању размештаја пољопривредних култура.

Из прегледа геолошког и педолошког састава и рељефа слива Моравице, види се да постоје повољни услови за ерозију тла. Земљиште је знатно дисецирано, са врло стрмим нагибима топографске површине и у великом делу слива састављено је од шкриљаца и скелетног земљишта. Насупрот томе делује биљни покривач, који је, како је поменуто, у знатној мери очуван. До данас нема појаве ерозије већих размера, али на стрмим површинама које се обрађују настаје процес ерозије тла и оголићавање стеновите подлоге.

Према карти ерозионих подручја слива Мораве 1: 500 000 у сливу Моравице око 35 % заузимају површине са врло слабом ерозијом (годишња количина наноса до  $400 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ), 45% са слабом ерозијом ( $400\text{--}800 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ), 20% са средњом ерозијом ( $800\text{--}1\ 500 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ) и површине са јаком и ексцесивном ерозијом, које заузимају мање од 1 % (више од  $1\ 500 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ) (Група аутора, 1971).

У делу слива узводно од Ариља постоји само неколико изразитијих бујица. Дужина њихових токова креће се 1–5 km. Пад корита бујица износи  $20\text{--}50^\circ$ . Сливови су им образовани у планинском и брдском земљишту са стрмим падинама  $30\text{--}50^\circ$ , прилично обешумљени и састоје се од скелетног тла. Развијени су претежно на кристаластим шкриљцима, који се брзо разоравају. Разорени материјал при мало јачим и дужим кишама односи се

у знатним количинама. Челенке бујица често су лепезасто развијене. Корито је обично дубоко усечено и од половине тока узводно добија облик велике јаруге. Плавине су у мањој мери развијене због великог пада корита, те се материјал углавном директно сноси у Моравицу. Челенке и развођа сливова бујица претежно су под њивама или пашњацима, а једним делом и под шумом, која се најчешће крчи за исхрану стоке преко зиме и добијања нових обрадивих површина (Сретеновић, 1955).

Услед зачетка ерозије, поједине реке у сливу почињу добијати бујичарски карактер, као што је то случај са Будожелском реком, која се улива у Моравицу узводно од Лучке реке.

Заштита земљишта од водне ерозије могућа је при систематској примени комплекса противерозионих радова. Најважније мере заштите земљишта од водне ерозије су:

- противерозиона организација,
- агротехнички противерозиони радови,
- шумско-мелиорационе мере и
- противерозиони хидротехнички објекти.

### ЗАГАЂЕЊЕ ВОДОТОКА

Повећано коришћење вода изазива стални пораст количина отпадних вода, које посебно угрожавају расположиве водне ресурсе квалитетних вода. Највећи загађивачи вода у сливу су градови Ивањица и Ариље са својом индустријом.

У Ивањици, највећем насељу у сливу Моравице, примарна мрежа градске канализације (која у великом делу датира још из Другог светског рата) дотрајала је, углавном са малим промером цеви и лоше изведеним спојевима, због чега се често запушава. Постројење за пречишћавање отпадних вода не постоји као и уређаји за пречишћавање отпадних индустријских вода (дрвна, текстилна, металска), тако да се градска канализација и индустријске отпадне воде града без претходног пречишћавања са великим бројем излива испуштају директно у водоток реке Моравице. У појединим деловима града канализациони систем није ни изграђен, те се отпадне воде испуштају у нехигијенске септичке јаме и понируће бунаре и директно у ток Моравице. Због тога, Моравица, која својим током кроз Ивањицу треба да припада класи II квалитета вода, како



показују микробиолошке анализе, врло често иступа из оквира прописане класе (Група аутора, 2005).

У Ариљу, другом по величини и значају насељу у сливу Моравице, фабрика за пречишћавање комуналних и индустријских отпадних вода такође не постоји, те се кишне воде и канализација испуштају директно у Велики Рзав и Моравицу. Осим комуналног загађења, на квалитет вода утиче и „пољопривредно“ загађење (гајење малина), текстилне и металске индустрије.

По Водопривредној основи Републике Србије из 1995. г. и Ивањица и Ариље би требало да изграде постројења за пречишћавање отпадних вода, па би се вода испуштала у Моравицу тек после механичког и биолошког третмана.

Квалитет воде река се осматра само на станици Градина на Моравици од 1994. г. и на извориштима првог ранга: Ариље – Моравица, Бедина варош – Лучка река, Бедина варош – Моравица, Церова – Грабовица од 1985. г. На Моравици се квалитет воде осматрао код Вирова, низводно од Ариља, у периоду 1986–1993. г.

Квалитет воде на станици Градина се осматра једном месечно, док се квалитет воде изворишта осматра једном годишње. Осматрају се физичко-хемијски, бактериолошки и сапробиолошки параметри.

**Табела 31. Квалитет воде реке Моравице код Градине за 1994–2004. г.\***

Година	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Стварна класа	Захтевана класа
1994	I	I	I	I	I	II	III	I	III	I	VK	II	III/IV	II а
1995	I	I	I	I	I	II	III	I	VK	I	III	II	III	II а
1996	I	I	I	I	I	III	III	I	II	I	III	III	III	II а
1997	I	I	I	I	I	III	II	I	VK	I	II	II	II/III	II а
2001	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	IV	II	II/III	II а
2003	I	I	I	I	I	III	II	I	II	I	II	II	II/III	II а
2004	I	I	I	III	I	II	-	I	III	I	-	II	-	II а

\* Подаци су узети из Хидролошких годишњака РХМЗ-а Србије

Класе бонитета вода одређују се помоћу 12 параметара, а то су: видљиве отпадне материје (у колони 1 у табели 31), мирис (2), боја (3), рН (4), растворени кисеоник (5), проценат zasiћености кисеоником (6), БПК<sub>5</sub> (петодневна биохемијска потрошња кисеоника) (7), ХПК (хемијска потрошња кисеоника) (8), суспендоване материје (9), растворене материје (10), највероватнији број колиформних клица у 1 l воде (11) и степен сапробности (12).

У табели 31 приказане су класе бонитета свих 12 параметара за реку Моравицу код Градине за период 1994–2004. г. Бројеви колона у табели 31 одговарају одређеним параметрима, који су наведени горе.

Из табеле 31 може се закључити да квалитет воде Моравице на станици Градина, која се налази низводно од Ивањице а узводно од Ариља, не одговара прописаној (захтеваној) класи II а. У наведеном периоду Моравица је често била у класи III квалитета вода. Ако се узму у обзир и резултати испитивања квалитета воде код Вирова (табела 32), које се налази низводно од Ариља, за период 1987–1993 г, види се да се квалитет воде Моравице временом доста мењао. Од 1987. до 1991. г. она је била у класи II, од 1992. до 1996. у III класи, а од 1997. до данас воде Моравице припадају класи квалитета II/III.

**Табела 32. Класе квалитета воде Моравице код Вирова и изворишта првог ранга**

Станица	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Захтевана класа
Вирово – Моравица	II	II	II	II	I/II	III	III	-	-	II а
Ариље – Велики Рзав	II	II	II	II/III	I/II	II/III	II	I	II/III	I
Бедина Варош – Моравица	II	I/II	I/II	I/II	I	I/II	I	I	II	I
Бедина Варош – Лучка река	I	I	I/II	II	II	I/II	I	I	II/III	-
Церова – Грабовица	I	I	II	II	I/II	I/II	I	I/II	II/III	II

Ако се посматра квалитет вода по појединим параметрима, може се закључити да су сапробиолошки и физичко-хемијски параметри углавном задовољавајућег квалитета – класа I, евентуално II (изузетци су БПК<sub>5</sub> и суспендоване материје), док су бактериолошки параметри ван прописаних класа. Високе вредности БПК<sub>5</sub> и највероватнијег броја коли-клица показују загађеност отпадним водама насеља, која се налазе узводно, пре свега Ивањице, а суспендоване материје степен ерозије у горњем и средњем делу

слива. Зато је, као што је наведено, потребна изградња постројења за пречишћавање отпадних вода и предузимање мера против ерозије. Тиме би се побољшао квалитет воде Моравице и она вратила у захтевану класу.

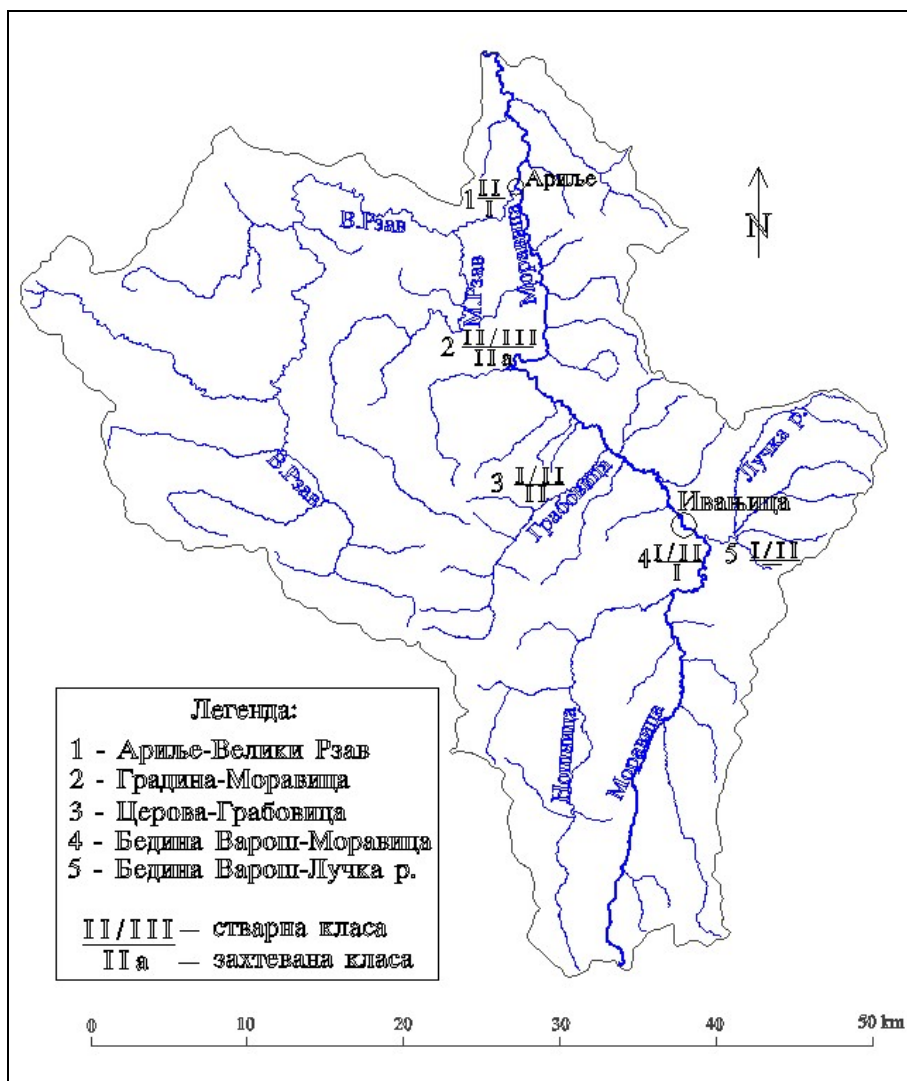
Из табеле 32 се види да изворишта првог ранга Ариље – Велики Рзав и Бедина варош – Моравица не одговарају захтеваним класама бонитета: Ариље – Велики Рзав је само 1994. г. био у захтеваној класи I, Бедина варош – Моравица је на прелазу из класе I у класу II (I/II). Друга два изворишта: Бедина Варош – Лучка река и Церова – Грабовица одговарају захтеваним класама и припадају класи I/II.

Узимајући у обзир резултате испитивања квалитета воде на станици Градина и изворишта првог ранга, могуће је представити промене квалитета воде дуж тока Моравице. До Ивањице Моравица припада класи I квалитета водотока, од Ивањице преко Градине и све до ушћа, она припада класи II/III (II b), тј. квалитет воде је на прелазу из класе II у класу III. Велики Рзав је скоро на целој дужини тока у класи I, једино после ушћа Малог Рзава, на улазу у Ариље и кроз њега Велики Рзав припада класи II. Притоке Моравице, Лучка река и Грабовица, припадају класи I водотока или су на прелазу из класе I у класу II (скица 21).

У сливу Моравице, као и у целој Србији, стање у погледу заштите вода је у веома лошем стању. Недостају постројења за пречишћавање отпадних вода како индустрије тако и насеља. Постројење за пречишћавање отпадних вода садржи доста објеката и технолошких процеса, и захтева значајна материјална улагања како за изградњу тако и за одржавање постројења. Међутим, гледано у дугорочном плану, та инвестиција ће се веома брзо исплатити, имајући на уму и еколошку страну проблема, тј. очување водних објеката у што бољем стању. Такође, од великог значаја било би рационално коришћење вода, које би допринело смањењу потрошње воде а самим тим и смањивању количина отпадних вода.

Исто тако, велики значај у заштити вода требало би да имају закони. Међутим, они се код нас ретко поштују, а казне су изостављене или су премале. Закон о водама из 1975. г. обавезао је све кориснике у нашој земљи да поставе уређаје за пречишћавање отпадних вода до краја 1978. г. (Гавриловић, 1988). Али, све до данас, у пракси је урађено веома мало. Ни Закон о водама, из 1991. г. није допринео побољшању стања водних ресурса наше земље. Многи закони, уредбе и правилници су донети још седамдесетих и осамдесетих година прошлог века (на пример Уредба о

класификацији и категоризацији вода, из 1968), те су мало застарели, јер се од тада стање квалитета вода наше земље знатно променило. Положај вода код нас још увек није у потпуности одређен на релацији водопривреда – заштита животне средине, за разлику од Европске уније, где се проблематика вода јасно сврстава у домен бриге о животној средини.



Скица 21. Стање квалитета вода водотока у сливу Голијске Моравице

Крајем прошле године усвојен је нови закон о заштити животне средине, што значи да треба донети и одређени број секторских закона, између осталог, и нови закон о водама, чија је израда у току, а у коме ће бити детаљно разрађене основне одредбе садржане у основном закону. Нови закон о водама би требало да буде усклађен са Оквирном директивом о водама (Directive 2000/60/EC), која представља основу интегралне политике управљања водама у Европској унији (Урошев, 2004).

## ЗАКЉУЧАК

У овом раду представљене су хидролошке особине слива Голијске Моравице детаљном хидролошком анализом, која се заснива на прорачунима хидролошких карактеристика помоћу крива учесталости, које су добијене применом статистичких метода. Добијени резултати служе за презентовање садашњег стања и планирања будућих водопривредних активности како у сливу тако и ван њега.

Размотрићемо укратко најважније резултате ове студије.

1) У програму *Microstation* урађена је подлога, која је омогућила:

- брже и прецизније одређивање морфометријских карактеристика слива и река (површине слива и подсливова, ширина и дужина слива, површине између изохијета и изохипси, дужине водотока и сл.) у односу на уобичајену процедуру добијања ових карактеристика;
- израду скица и различитих тематских карата проучаване територије;
- припрему подлоге за Географски информациони систем слива (геометријски део ГИС-а);
- добијање 3D модела.

2) Анализа средњих месечних и годишњих водостаја река у сливу показала је:

- да су колебања водостаја на свим станицама приближно међусобно уједначена;
- да је континуалност кретања водостаја током године (графички представљена једноставном кривуљом) условљена заједничким дејством плувијалног и нивалног чиниоца;
- да Моравица и Велики Рзав припадају плувио-нивалном режиму умерено-континенталне варијанте.

3) Просечни вишегодишњи протицај ( $Q_0$ ) Моравице и Великог Рзава износи:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_0 = 6,94 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_0 = 10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 5,92 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_0 = 7,86 \text{ m}^3/\text{s}$ .

4) За све четири станице израчунат је годишњи отицај учесталости  $P = 75, 90$  и  $99,9\%$  преко параметара криве учесталости методом момената:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{75\%} = 5,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 4,56 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{75\%} = 8,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 7,18 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 3,43 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{75\%} = 4,84 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 4,00 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 1,72 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{75\%} = 6,52 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{90\%} = 5,38 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{99,9\%} = 2,18 \text{ m}^3/\text{s}$ .

На основу овог прорачуна, добили смо критеријуме за одређивање карактеристике водности године (табела 9).

5) Рашчлањавањем хидрограма утврђен је однос између површинског и подземног отицаја. Највећи удео површинског отицаја је на станици Роге на Великом Рзаву, а најмањи код Ариља на Моравици. Ово је последица тога што је мање површина под шумама код слива Великог Рзава него у сливу саме Моравице (табела 13).

6) 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 (л.п.), лимитирајућа сезона (л.с.), а из њих су добијене и вредности за нелимитирајући период (г.-л.п.) и нелимитирајућу сезону (л.п.-л.с.):

- $\sum Q_{\text{мес. г. } 97\%} = K_{\text{г. } 97\%} \cdot \sum Q_{\text{мес. ср. г.}} = 0,55 \cdot 93,9 = 51,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $\sum Q_{\text{мес. л. п. } 97\%} = K_{\text{л. п. } 97\%} \cdot \sum Q_{\text{мес. ср. л. п.}} = 0,47 \cdot 56,4 = 26,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $\sum Q_{\text{мес. л. с. } 97\%} = K_{\text{л. с. } 97\%} \cdot \sum Q_{\text{мес. ср. л. с.}} = 0,27 \cdot 15,7 = 4,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- $\sum Q_{\text{мес. } 97\%(\text{Г.-л.п.})} = 51,6 - 26,5 = 25,1 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- $\sum Q_{\text{мес. } 97\%(\text{л.п.-л.с.})} = 26,5 - 4,25 = 22,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

7) Такође, методом „компоновке“ израчуната је унутарсезонска расподела отицаја маловодне групе водности за реку Велики Рзав код Ариља и средње по водности групе за реку Моравицу код Ариља (табела 18 и 19). Овај прорачун показује колики је месечни отицај у односу на сезонски за две групе година различитих по водности.

8) Унутаргодишња расподела отицаја реке Моравице код Ариља установљена је још једном методом – методом избора рачунске године (табеле 21, 22 и 23). Према резултатима овог прорачуна, удео пролећног отицања смањује се са повећањем водности године. Тако, он износи 63,1 % у маловодној години, у средњемаловодној 56,6 % и 31,7 % у многоводној години. У многоводној години долази до повећања удела летње-јесењег отицаја због појаве поводња у овом делу године изазваних већим падавинама. Зимски отицај је најстабилнији у свим годинама.

9) За потребе водоснабдевања одређени су минимални протицаји воде рачунске обезбеђености  $P = 97\%$  по кривама учесталости, чији су параметри израчунати методом серија (момената).

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{97\%} = 0,210 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 0,44 \text{ l/s/km}^2$ ;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{97\%} = 0,750 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 0,90 \text{ l/s/km}^2$ ;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{97\%} = 0,360 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 0,83 \text{ l/s/km}^2$ ;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{97\%} = 0,650 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $q_{97\%} = 1,15 \text{ l/s/km}^2$ .

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  $650 \text{ l/s}$  за потребе привременог водозавхвата водоводног система „Рзав“. За повећање водозавхвата неопходна је изградња акумулације „Ариље“, како је и предвиђено пројектним планом регионалног водоводног система „Рзав“.

10) Максимални протицаји Моравице и Великог Рзава учесталости  $P = 0,01; 0,1; 1\%$  износе:

ст. Ивањица – р. Моравица:  $Q_{0,01\%} = 937 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%} = 577 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $Q_{1\%} = 321 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

ст. Ариље – р. Моравица:  $Q_{0,01\%} = 1250 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%} = 796 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $Q_{1\%} = 465 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

ст. Роге – р. Велики Рзав:  $Q_{0,01\%} = 713 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%} = 481 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $Q_{1\%} = 303 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $Q_{0,01\%} = 590 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{0,1\%} = 412 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $Q_{1\%} = 270 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Такође, израчунат је максимални протицај реке Велики Рзав код Рога за услове пројектовања хидротехничког објекта класе I. Зна се да на том профилу треба да буде направљена брана будуће велике вишенаменске акумулације. Максимални протицај воде при пројектовању хидротехничког објекта класе I на Великом Рзаву код Рога је  $Q'_{0,01\%} = 810 \text{ m}^3/\text{s}$ .



11) Познавање максималних водостаја различите обезбеђености веома је важно при планирању висине насипа за одбрану од поплава. Они нам показују до које ће надморске висине подручје бити плављено при великим водама различите обезбеђености. Максимални водостаји обезбеђености  $P = 0,1\%$  износе:

- ст. Ивањица – р. Моравица:  $H_{0,1\%} = 451,42$  m надморске висине;
- ст. Ариље – р. Моравица:  $H_{0,1\%} = 330,87$  m надморске висине;
- ст. Роге – р. Велики Рзав:  $H_{0,1\%} = 393,63$  m надморске висине;
- ст. Ариље – р. Велики Рзав:  $H_{0,1\%} = 331,25$  m надморске висине.

12) Укупна водна снага Моравице износи 191,4 MW, специфична снага Моравице је 2,2 MW/km, док је однос снаге реке и површине слива 0,126 MW/km<sup>2</sup>. Једина хидроелектрана у сливу Моравице налази се у Ивањици и има инсталисану снагу 0,15 MW, што значи да се за производњу електричне енергије користи само 0,1 % водних снага слива.

По Водопривредној основи Републике Србије из 1995. г. планира се изградња четири већих хидроелектрана укупне снаге 44,8 MW. То би представљало 23 % хидроенергетског потенцијала слива Моравице.

13) Узимајући у обзир резултате испитивања квалитета воде на станици Градина и изворишта првог ранга, могуће је представити промене квалитета воде дуж тока Моравице. До Ивањице Моравица припада класи I квалитета водотока, од Ивањице преко Градине све до ушћа – класи II/III (II б), тј. квалитет воде је на прелазу из класе II у класу III. Велики Рзав је скоро на целој дужини тока у класи I, једино после ушћа Малог Рзава, на улазу у Ариље и кроз њега, Велики Рзав припада класи II. Притоке Моравице, Лучка река и Грабовица, припадају класи I водотока или су на прелазу из класе I у класу II.

Прорачуни, представљени у овом раду, указују непосредно на велике могућности коришћења вода слива Моравице, а њихова примена има велики практични значај. То се пре свега односи на водоснабдевање насеља, а затим на хидроенергију и рекреацију. Слив Моравице је, као што смо навели, веома издашан, а квалитет воде веома добар. Зато су неки делови његовог слива проглашени за резерват површинских вода за потребе водоснабдевања насеља у будућности. Већ сада функционише регионални водоводни систем „Рзав“, који снабдева пет градова: Ариље, Пожегу, Лучане, Чачак и Горњи Милановац.

За остваривање планова коришћења и заштите вода у сливу, неопходна је изградња акумулација. У сливу Моравице, по Водопривредној основи Републике Србије из 1995. г. и Просторном плану Србије из 1996. г, планирано је да се до 2021. г. изграде четири велике водне акумулације. То су: три акумулације на Великом Рзаву („Роге“, „Ариље“ и „Орловача“) и једна на Ношници код Међуречја („Рокци“). 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 Голијске Моравице, 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.

Обезбеђивање довољне количине воде у будућности и обезбеђење квалитетне воде за пиће заштитом водних ресурса треба да буде решено у најкраћем року јер се већ сада види да ће вода постати најважнији стратешки природни ресурс.

Задовољење потреба за водом може се остварити само смишљеним и далекосежним радовима на уређењу и заштити водних ресурса. Да би се ово остварило, потребно је омогућити рационално коришћење расположивих водних ресурса уз изградњу одређеног броја акумулација које су добро проверене, изградити постројења за пречишћавање отпадних вода ради заштите расположивих вода као и њихово поновно коришћење те успоставити интегрално управљање водним ресурсима на већим сливовима, помоћу којег се једино може остварити рационално уређење, заштита и коришћење водних ресурса.

Србија, која је тренутно у фази транзиције и која је имала у последње време доста проблема са водом, требала би да пође путем интегралног управљања водама, који подразумева међусобну зависност коришћења вода, заштите вода и заштите од вода јер би тиме не само постигла успех у водопривреди већ би и допринела целокупном развоју и приближавању Европској унији.

По Оквирној директиви о водама Европске уније 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. Овај рад би требало да представља баш такву једну анализу, која би помогла при састављању плана управљања водама у сливу Голијске Моравице.

## ЛИТЕРАТУРА

- Вучетић М, Рославцев С, Бечејац Л. (2001): Лепотица на Моравици. Поводом 90 година ХЕ “Ивањица”. Библиотека Документи. Едиција „Старе хидроелектране“. Ј.П.Електропривреда Србије, Београд.
- Гавриловић Љ. (1988): Хидрологија у просторном планирању. Београд.
- Гавриловић Љ, Дукић Д. (2002): Реке Србије. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Група аутора (1951): Педолошка карта НР Србије 1:600 000. Хидротехничке мелиорације у НР Србији. Институт за водопривреду НР Србије, Београд.
- Група аутора (1971): Водопривредна основа водног подручја слива Мораве. Карте водног подручја. Здружено водопривредно предузеће “Морава”, Београд.
- Група аутора (1972): Указания по определению расчетных гидрологических характеристик, СН 435-72, Гидрометеиздат, Ленинград.
- Група аутора (1976): Прилог изучавању водопривреде СФР Југославије. Албум карата. Институт за водопривреду “Јарослав Черни”, Београд.
- Група аутора (1984): Хидролошке анализе Великог Рзава у профилу Мочиоци (елаборат). Републички хидрометеоролошки завод Србије, Београд.
- Група аутора (1984-1987): Топографске карте 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000. Војногеографски институт, Београд.
- Група аутора (1996): Просторни план Републике Србије. Службени гласник, Београд.
- Група аутора (1998): Хидролошка анализа реке Моравице и њених притока на подручју општине Ивањица. В.П. СРБИЈАВОДЕ, Београд.
- Група аутора (2004): Просторни план подручја посебне намене парка природе Голија. Стратегија заштите и развоја. Центар за планирање урбаног развоја, Београд.
- Група аутора (2005): Презентација општине Ивањица, С.О. Ивањица
- Дукић Д, Гавриловић Љ. (2006): Хидрологија. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Дуцић В, Радовановић М. (2005): Клима Србије. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Јовичић М, Богдановић Б, Церовина Љ. (1994): Снабдевање водом становништва Србије. Зборник радова са међународне конференције „Квалитет вода“, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, Чачак, 293 - 307

- Лучшева А.(1976): Практическая гидрология. Гидрометеиздат, Ленинград
- Марковић Ђ. (1984): Снабдевање водом у ванредним приликама у Војводини. *Водoprивреда*, бр. 90, Београд, 287 – 289.
- Менковић Љ. (2003): Геоморфолошка карта Србије 1: 500 000. Геозавод-Гемини, Београд.
- Оцокољић М. (1971): О односу између површинског и подземног отицаја у сливу Западне Мораве. Магистарски рад, манускрипт, Београд.
- Оцокољић М. (1987): Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите. Посебна издања СГД књ. 64, Београд.
- Оцокољић М. (1991): Варијације протицаја на рекама у Југославији. *Гласник СГД*, бр.1., Београд, 39 – 48.
- Основна геолошка карта СФРЈ 1:100 000. (листови Чачак, Ивањица, Сјеница, Ужице).
- Ршумовић Р. (1960): Рељеф слива Голијске Моравице. Посебна издања Географског института, књ.16, Београд.
- Сретеновић Љ. (1955): Режим Моравице и могућности коришћења њених вода. *Зборник радова ПМФ*, св. II, Београд, 6 – 27.
- Урошев М. (2004): Европско и наше водно законодавство. Зборник радова са 33. конференције Југословенског друштва за заштиту вода “Вода 2004”, 8. – 11. јун 2004, Борско језеро, 9 – 12.
- Урошев М. (2006): Квалитет вода у сливу Голијске Моравице. *Гласник СГД*, бр.1., Београд, 55 – 60.
- Хидролошки годишњаци за период од 1961 до 2004. г. Републички хидрометеоролошки завод Србије, Београд.
- ЕС (2000): Water Framework Directive. Official Journal of the European Communities.

Интернет странице:

[www.rzav.co.yu](http://www.rzav.co.yu)

[www.jcerni.co.yu](http://www.jcerni.co.yu)

[www.hidmet.sr.gov.yu](http://www.hidmet.sr.gov.yu)

[www.ivanjica.co.yu](http://www.ivanjica.co.yu)

[www.arilje.co.yu](http://www.arilje.co.yu)

## SUMMARY

This study deals with hydrological features of Golijska Moravica river basin which are presented by detailed hydrological analysis. These analysis are based on calculations of hydrological characteristics by frequency curves, which are created using statistical methods. The results of these calculations can be used to determine current status and to plan upcoming water management activities in the basin.

We are going to briefly go through the most important results of this study.

1) Use of software *Microstation* made possible:

- faster and more accurate determination of morfometric characteristics of basins and rivers (surface area of basin and subbasins, width and length of basin, length of rivers) than in conventional way,
- creating various thematic maps of river basin,
- preparations for Geographic information system of river basin (geometric part of GIS),
- gaining 3D models.

2) Analysis of mean monthly and annual water levels of rivers within basin shows:

- that variations of water level on all four hydrological stations are nearly equal,
- that continuity of water level through year is in shape of simple curve, under common influence of pluvial and nival factors,
- that Moravica and Veliki Rzav, largest rivers in basin, have pluvio-nival regime of moderate continental variation.

3) Average annual water discharge ( $Q_0$ ) of Moravica and Veliki Rzav is:

- st. Ivanjica – r. Moravica  $Q_0 = 6.94 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Arilje – r. Moravica  $Q_0 = 10.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Roge – r. Veliki Rzav  $Q_0 = 5.92 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Arilje – r. Veliki Rzav  $Q_0 = 7.86 \text{ m}^3/\text{s}$ .

4) Calculation of annual flow frequency  $P = 75, 90$  and  $99.9\%$  by method of moments (method of series) have been made for all four stations:

- st. Ivanjica – r. Moravica  $Q_{75\%} = 5.67 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{90\%} = 4.56 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{99.9\%} = 1.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Arilje – r. Moravica  $Q_{75\%} = 8.67 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{90\%} = 7.18 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{99.9\%} = 3.43 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Roge – r. Veliki Rzav  $Q_{75\%} = 4.84 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{90\%} = 4.00 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{99.9\%} = 1.72 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Arilje – r. Veliki Rzav  $Q_{75\%} = 6.52 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{90\%} = 5.38 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{99.9\%} = 2.18 \text{ m}^3/\text{s}$ .

As the result of this calculation we got criteria for determination of water abundance of particular year (table 9).

5) Using method Ljvovic (1974) we find out that surface and groundwater flow are approximately equal. Maximum ratio of surface runoff is at station Roge on Veliki Rzav river, and minimum is at Arilje on Moravica river. This results from much less wooded area of Veliki Rzav basin, than in particular basin of Moravica river (table 13).

6) Seasonal flow calculation of Veliki Rzav at Arilje, using “composing method”, has been conducted for the purposes of regional water supply system “Rzav”. Calculation frequency for public water supply is  $97\%$ . In this method, we divided year in to limiting period (l.p.), limiting season (l.s.), and through them we got values for unlimiting period (a.-l.p.) and unlimiting season (l.p.–l.s.):

- $\sum Q_{\text{mon.a.}97\%} = K_{a97\%} \cdot \sum Q_{\text{mon.av.a.}} = 0.55 \cdot 93.9 = 51.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- $\sum Q_{\text{mon.l.p.}97\%} = K_{\text{l.p.}97\%} \cdot \sum Q_{\text{mon.av.l.p.}} = 0.47 \cdot 56.4 = 26.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- $\sum Q_{\text{mon.l.s.}97\%} = K_{\text{l.s.}97\%} \cdot \sum Q_{\text{mon.av.l.s.}} = 0.27 \cdot 15.7 = 4.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- $\sum Q_{\text{mon.}97\%(\text{a.-l.p.})} = 51.6 - 26.5 = 25.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- $\sum Q_{\text{mon.}97\%(\text{l.p.-l.s.})} = 26.5 - 4.25 = 22.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

7) Also, inner seasonal disposition of flow has been calculated by “composing method” for low water group of years for Veliki Rzav at Arilje and average water group for Moravica at Arilje (tables 18 and 19). This calculation shows what’s the ratio of monthly flow in seasonal for two group of years with different water amount.

8) Inner annual disposition of Moravica flow at Arilje has been determined by one more method – method of choosing actual year (tables 21, 22 and 23). According to the results of this analysis ratio of spring flow is decreasing with increase of water amount for year. This ratio is 63.1 % in low water year, 56.6 % in average low water and 31.7 % in high water year. In high water year summer-autumn flow increases because of the floods, which occurs in this time of year, caused by storm rainfalls. Winter flow is the most constant in all years.

9) Minimum water discharges of frequency  $P = 97\%$  have been calculated by frequency curves, parameters of which have been determined by method of series (moments):

- st. Ivanjica – r. Moravica  $Q_{97\%} = 0.210 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $q_{97\%} = 0.44 \text{ l/s/km}^2$ ,
- st. Arilje – r. Moravica  $Q_{97\%} = 0.750 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $q_{97\%} = 0.90 \text{ l/s/km}^2$ ,
- st. Roge – r. Veliki Rzav  $Q_{97\%} = 0.360 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $q_{97\%} = 0.83 \text{ l/s/km}^2$ ,
- st. Arilje – r. Veliki Rzav  $Q_{97\%} = 0.650 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $q_{97\%} = 1.15 \text{ l/s/km}^2$ .

Minimum average daily discharge of Veliki Rzav at Arilje of frequency 97 % is  $0.650 \text{ m}^3/\text{s}$ , therefore it means that required amount of 650 l/s for needs of temporarily water intake of water supply system “Rzav” is barely guaranteed. To increase water withdrawal it is necessary to build reservoir “Arilje”, as it’s foreseen by project plan of regional waterworks system “Rzav”.

10) Maximum discharges of Moravica and Veliki Rzav of frequency  $P = 0.01, 0.1, 1\%$  are:

- st. Ivanjica – r. Moravica  $Q_{0,01\%} = 937 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{0,1\%} = 577 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{1\%} = 321 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Arilje – r. Moravica  $Q_{0,01\%} = 1250 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{0,1\%} = 796 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{1\%} = 465 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Roge – r. Veliki Rzav  $Q_{0,01\%} = 713 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{0,1\%} = 481 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{1\%} = 303 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- st. Arilje – r. Veliki Rzav  $Q_{0,01\%} = 590 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{0,1\%} = 412 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
 $Q_{1\%} = 270 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Beside that, maximum discharge of Veliki Rzav at Roge has been calculated for conditions of projecting hydrotechnical object of first class. It’s well known that in future at this site dam should be constructed for the big multipurpose reservoir. Maximum water discharge for hydrotechnical object of first class on Veliki Rzav river at Roge is  $Q'_{0,01\%} = 810 \text{ m}^3/\text{s}$ .



11) Estimations of maximum water levels of different frequencies is very important for planning the height of embankments for flood defense. They show us the height above sea level under which the terrain will be flooded. Maximum water levels of frequency  $P = 0.1\%$  are:

- st. Ivanjica – r. Moravica  $H_{0,1\%} = 451.42$  m above sea level,
- st. Arilje – r. Moravica  $H_{0,1\%} = 330.87$  m above sea level,
- st. Roge – r. Veliki Rzav  $H_{0,1\%} = 393.63$  m above sea level,
- st. Arilje – r. Veliki Rzav  $H_{0,1\%} = 331.25$  m above sea level.

12) At the Moravica river mouth total water power is 191.4 MW, specific power of Moravica is 2.2 MW/km, while the ratio between river power and basin area is 0.126 MW/km<sup>2</sup>. In Moravica basin there is only one hydroelectrical plant, situated in Ivanjica, with installed power of 0.15 MW. This means that only 0.1 % of basins water power is used for producing electrical energy.

Construction of four hidroelectrical plants of total power 44.8 MW is planned, according to Spatial plan of Serbia from 1996. It's 23 % of hydroenergetical potential of Moravica river basin.

13) Taking in account the results of water quality on hydrostation Gradina and sources of first category, it's possible to present variations of water quality all the way through Moravica river. Upward from Ivanjica, the largest town in basin, Moravica belongs to the I class water quality, from Ivanjica to Gradina and all the way to it's mouth Moravica is in II/III (IIb) class. Throughout almost the entire length of its course, the Veliki Rzav river belongs to class I, and only after receiving tributary Mali Rzav, and through the town of Arilje, Veliki Rzav belongs to the II class. Tributaries of Moravica, Lucka river and Grabovica, belong to the I or I/II (Ib) class.

Analysis presented in this study directly point at big possibilities of water usage in Moravica basin. The Moravica river basin is characterized by a very generous flow, and quality of the water is very good. For this reason, the greater part of the Moravica river basin was proclaimed a surface-water reserve for the water supply of settlements in the future. Already functional is the regional water supply system "Rzav", which supplies the five towns of Arilje, Pozega, Lucane, Cacak, and Gornji Milanovac. In addition to this, waters of the Moravica river basin can also be used for other purposes, such as generation of hydroelectric power, recreation, and irrigation.

For realization of plans of water use and protection the construction of reservoirs is necessary. Construction of four large reservoirs in Moravica basin until 2021. is planned, according to Spatial plan of Serbia from 1996. They are three reservoirs on the Veliki Rzav river: “Roge”, “Arilje” and “Orlovaca” and one on Nosnica river at Medjurecje (“Rokci”). These reservoirs are foreseen for multipurpose exploitation. There’s water will be used for water supply, flood protection, generation of electrical energy, water quality protection, irrigation, fishery and recreation.

Meanwhile, we can see that for last ten years nothing was built, neither construction began of any new reservoirs in the entire Serbia. That’s why solutions from Water Management Section of Spatial plan of Serbia from 1996 are impossible to apply, not only because insufficient financial funds, but also because of unreasonably big water consumption, which was projected at that time.

Regional water supply system “Rzav” supplies five towns with total of 122 000 residents. Projected capacity of system “Rzav” 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 Golijska Moravica 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 “Rzav”, 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.

Ensuring enough quantity of water in future and securing quality water for drinking by water resource protection needs to be solved in nearest future, because we can already see that water will be the most important strategic natural resource.

To satisfy needs for water we must work on regulation and protection of water resources. To achieve this it's necessary to enable rational use of available water resources combined with construction of some reservoirs, which are well checked; then to build waste water treatment plants for protection of available water, as well as their reuse; to establish integrated water management on larger river basins, which can achieve rational regulation, protection and use of water resources.

Serbia, which is now in transition and which had some problems with water lately, should implement integrated water management, which assumes interdependencies of water use, water protection and protection from water, because it will enable success not only in water economy, but also will contribute to overall development and bringing Serbia closer to European Union.

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. This study presents one of this analysis, which would contribute to creation of water management plan in Golijaska Moravica basin.

CIP – Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

556.5 (497.11)

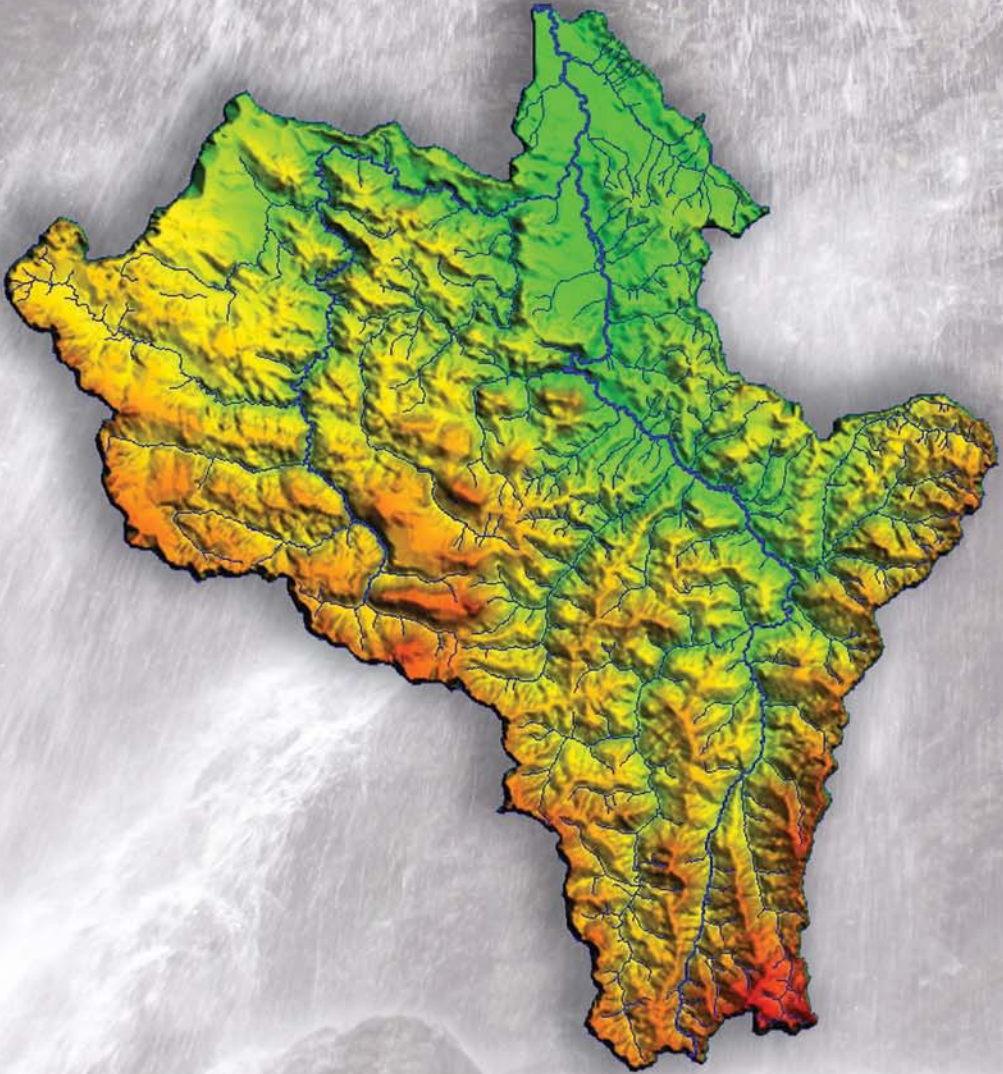
**Урошев, Марко**

Слив Голијске Моравице: хидролошка  
анализа / Марко Урошев. – Београд :  
Географски институт “Јован Цвијић” САНУ,  
2007 (Београд : Форма Б). – 123 стр. :  
илустр. ; 25 cm. (Посебна издања /  
Српска академија наука и уметности,  
Географски институт “Јован Цвијић” ; књ. 69)

На спор. насл. стр. : Golijska Moravica  
Basin. – Тираж 300. – Библиографија : стр.  
116-117. – Summary.

ISBN 978-86-80029-39-9

а) Слив Голијска Моравице – Хидролошка  
истраживања  
COBBISS.SR-ID 141950476



ISBN 86-80029-39-4



9 788680 029399