



ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ
„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“

РЕКА РАСИНА

ЗАШТИТА КРУШЕВЦА ОД ВЕЛИКИХ ВОДА РЕКЕ РАСИНЕ И ПРИТОКА

Уређење корита и обала реке Расине и притока – деоница од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200)

Хидролошка студија



Наручилац:

ЈВП „Србијаводе“ Београд



Београд, 2020. година



ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ
„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“

РЕКА РАСИНА

ЗАШТИТА КРУШЕВЦА ОД ВЕЛИКИХ ВОДА РЕКЕ РАСИНЕ И ПРИТОКА

Уређење корита и обала реке Расине и притока – деоница од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200)

Хидролошка студија

ОДГОВОРНИ ОБРАЂИВАЧ

Владислава Бартош Дивац, дипл. грађ. инж.

ИЗВРШНИ ДИРЕКТОР

Горан Николић, дипл. грађ. инж.

ГЕНЕРАЛНИ ДИРЕКТОР

Проф. др Дејан Дивац, дипл.грађ.инж



Београд, 2020. година



ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ
„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“

На изradi елабората учествовали су:

Одговорни обрађивач: Владислава Бартош Дивац, дипл. грађ. инж.

Сарадници: Лазар Игњатовић, маст. инж. грађ.

Иван Марисављевић, маст. инж. грађ.

Огњен Прохаска, маст. инж. грађ.

Милена Митровић, техничар

САДРЖАЈ :

Пројектни задатак-----	1
1 Уводне напомене-----	1
2 Карактеристике подручја -----	2
3 Хидролошка анализа -----	4
3.1 Разматрано подручје -----	4
3.2 Приказ расположивих хидролошких података-----	4
3.3 Испитивање хомогености низова средњих годишњих и максималних годишњих протока -----	5
3.4 Резултати претходних истраживања -----	7
3.4.1 Средње воде	7
3.4.2 Велике воде	7
3.5 Средње воде -----	9
3.5.1 Расина на профилу ХС Бивоље	9
3.5.2 Гагловска и Кобиљска река	10
3.6 Велике воде -----	12
3.6.1 Река Расина.....	12
3.6.2 Гагловска и Кобиљска река	16
3.6.3 Поређење рачунских вредности отицаја великих вода са резултатима из документације [6]	22
ЛИТЕРАТУРА -----	25

СПИСАК СЛИКА:

Слика 1. Положеј разматране деонице Расине, Гагловске и Кобиљске реке (подлога Google Earth 28.02.2020).....	1
Слика 2. Насута брана (средина) и евакуациони прелив (десно) акумулације Ћелије.....	3
Слика 3. Прегледна карта посматраног подручја са сливним подручјем реке Расине до Крушевца, Кобиљске и Гагловске реке (подлога Google Earth 28.02.2020).....	4
Слика 4. Просечни годишњи протоци Расине на ХС Бивоље	5
Слика 5. Максимални годишњи протоци Расине на ХС Бивоље	5
Слика 6. Рачунски протоци великих вода Расине на профилу ХС Бивоље, документација [6]	8
Слика 7. Рачунски протоци великих вода Расине на профилу ХС Бивоље, документација [10].....	9
Слика 8. Рачунске вредности максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље, за период 1948-1978. година	14
Слика 9. Рачунске вредности максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље, за период 1979-2018. година	14
Слика 10. Рачунске вредности великих вода Расине без утицаја акумулације Ћелије за усвојену теоријску расподелу	16
Слика 11. Редукционе криве за ГМС Крушевац.....	18
Слика 12. Теоријске и емпиријска расподела максималних годишњих дневних сума падавина.....	19
Слика 13. Зависност коефицијента к од површине слива	20
Слика 14. Специфични отицај великих вода.....	24

СПИСАК ТАБЕЛА:

Табела 1. Тестирање хомогености низа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Нормализованог Z-теста	6
Табела 2. Тестирање хомогености низа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Студентовог теста	6
Табела 3. Тестирање хомогености низа максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Нормализованог Z-теста	6
Табела 4. Тестирање хомогености низа максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Студентовог теста	6
Табела 5. Рачунске вредности средњих годишњих протока из документације [6]	7
Табела 6. Елементи хидрограма великих вода на профилу бране „Ђелије“, документација [9]	7
Табела 7. Рачунски протоци великих вода реке Расине на профилу ХС Бивоље	8
Табела 8. Основне статистике серије средњих годишњих протока	9
Табела 9. Рачунске вредности средњих вода Расине на профилу ХС Бивоље за изабране вероватноће појаве	10
Табела 10. Резултати тестова сагласности емпиријске и теоријских расподела вероватноћа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље	10
Табела 11. Тарирање параметра θ на профилу ХС Бивоље на Расини	11
Табела 12. Основне статистике серија максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље	12
Табела 13. Рачунске вредности великих вода Расине на профилу ХС Бивоље за изабране повратне периоде	13
Табела 14. Резултати тестова сагласности емпиријске и теоријских расподела вероватноћа	15
Табела 15. Рачунских вредности великих вода Расине на ХС Бивоље	15
Табела 16. Препоручене меродавне вредности протока великих вода	16
Табела 17. Редукциона крива јаких киша трајања краћег од 1 дана за кишу вероватноће појаве 1%	18
Табела 18. Основне статистике серија максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље	18
Табела 19. Начин коришћења земљишта и типови земљишта на разматраном сливном подручју	21
Табела 20. Топографско-морфолошке карактеристике слива	22
Табела 21. Рачунске вредности максималних дневних падавина (mm)	22
Табела 22. Елементи јединичног хидрограма великих вода за различите вероватноће појаве	22
Табела 23. Максимални проток, отицај и запремина таласа великих вода за карактеристичне вероватноће појаве	22

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

Конкурсна документација за јавну набавку услуга — ЈН 178/2019

III ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА И ПЛАНОВИ

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК Јавна набавка бр. Оу.5/178-2019

за израду

ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА

СА ХИДРОЛОШКОМ СТУДИЈОМ И ГЕОДЕТСКИМ ЕЛАБОРАТОМ

(ИДР, ХС и ГЕ):

Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока:
уређење корита и обала реке Расине и притока - деоница од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200) (7.130 m)

1. УВОД

Расина је десна притока Западне Мораве. Дугачка је 92 km са површином слива од 981 km². Извире на падинама Гоча и Жељина, под Црним Врхом на надморској висини од 1340 m од изворишних кракова Велике и Бурманске реке. У Западној Мораву улива се 5 km низводно од Крушевца, на 134 m надморске висине.

Расина има бујични карактер јер су јој амплитуде протицаја врло изражене. Највећи забележени проток регистрован је новембра 1979. године и износио је 291 m³/s. Да би се ублажили велики протоци и зауставио нанос који река транспортује, у Златарској клисури је 1979. подигнута брана и формирана акумулација „Ђелије“. Акумулација између осталог има и функцију водоснабдевања.

На профилу моста у Бивољу на путу Крушевац – Каоник налази се хидролошка станица „Бивоље“.

Према актуелном Оперативном плану за одбрану од поплава на Расини постоје следећи објекти:

- Деоница М.12.1.2. Леви насип уз Расину од ушћа у Западној Мораву до железничког моста дужине 3,3 km
- Деоница М.12.1.3 Леви насип уз Расину узводно од моста Крушевац - Каоник дужине 1,7 km
- Деоница М.12.2.1 Брана са акумулацијом „Ђелије“.

Гагловска река је десна притока Расине. Регулисана је улив у Расину, заједно са уливом Кобиљске реке у Гагловску.

Браљински јаз има функцију канала за наводњавање пољопривредног земљишта у десном приобаљу Расине у зони насеља Велике Головоде. Канал није одржаван и тренутно је ван функције.

У плану је изградња Источне обилазнице – Државног пута IIб реда бр.38 дуж десног приобаља Расине, на потезу од моста на путу Крушевац – Каоник до моста на путу Крушевац – Јастребац.

На сектору Расине кроз Крушевац, могу се издвојити 5 деоница, које се разликују по проблематици заштите од поплава, степену уређености корита и непосредног приобаља, садржаја у приобаљу, планираних садржаја у кориту (Слика 1.1).

Стручне службе Града Крушевца дефинисале су стање наведених деоница.

На основу развојних планова Града Крушевца, одређени су и приоритети који су утицали на избор фаза израде техничке документације. Фазност и приоритети су усвојени од стране стручних служби Града Крушевца на основу проблематике и степена спремности планске документације, и дати су у табели бр.1.

Опис стања корита и проблематике по деоницама, даје се у наставку:

На деоници 0 (0 -1): 235 m (5+525 : 5+760) (од железничког моста до моста на путу за Појате)

Расина је делимично регулисана. На једном делу деонице постоји деснообални насип од железничке

пруге до моста који спаја десну обалу од бензинске станице до привредних објеката на левој обали. На левој обали присутна је ерозија.

На деоници 1 (1-2): 1.370 m (5+760 : 7+130) (од моста на путу за Појате до моста на путу за Каоник) Ресава није регулисана. Корито је обрасло растињем. Дуж десне обале, паралелно са Расном, пружа се Источна обилазница. Пут обилазнице је у насипу висине око 2 m. Између обилазнице и корита реке, на појединим локацијама, вршено је насипање терена. Лево приобаље се налази на високом терену и нема ризика од плавења, док десно приобаље није у потпуности заштићено од великих вода Расине.

На деоници 2 (2-3): 870 m (7+130: 8+000) (од моста на путу за Каоник до профила планираног моста у правцу улице Кнеза Милоша) Ресава је регулисана двогубим коритом ширине у дну 20 m нагиба косина 1:1,5— 1:2. Косине су обложене каменом у цементном малтеру, док су форланди затрављени.

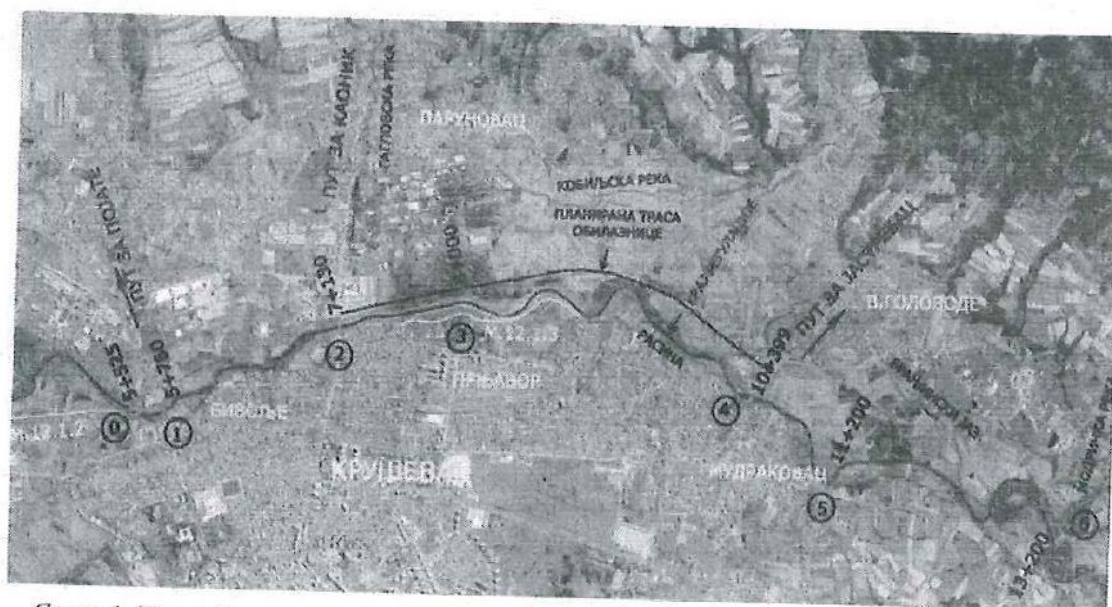
На деоници 3(3-4): 2.399 m (8+000: 10+399) (од профила планираног моста у правцу улице Кнеза Милоша до моста у Мудраковцу на путу за Јастребац) Ресава је већим делом регулисана. Тип примењене регулације одговара низводној деоници. На овој деоници водотока дуж леве обале Расине налази се насип М.12.1.3 који штити приобаље од великих вода Расине. На потезу дужине око 150 m низводно од Мудраковачког моста Расина није регулисана.

На деоници 4 (4-6): 800 m (10+399: 11+200) (узводно од моста у Мудраковцу на путу за Јастребац до гробља у Мудраковцу) Расина није регулисана.

На деоници 5 (5-6): 1724 m (11+200;12+924) (од профила реке Расине код гробља у Мудраковцу до ушће Модричке Реке). Расина није регулисана.

Може се закључити да постојећи систем заштите није заокружен јер не постоји континуална линија одбране. Поједине деонице су нерегулисана и изливање у приобаље је могуће. Потребно је утврдити постојећи степен заштите који пружају заштитни објекти и утврдити концепцију интегралне заштите на разматраном сектору Расине.

У приложеној табели бр. 1. дати су подаци о свакој деоници, статусу угрожености приобаља, планираним радовима којима се постиже заштита приобаља, статус планске документације, као и приоритети које је одредила стручна служба Града Крушевца.



Слика 1. Прегледна ситуација реке Расине кроз Крушевац са приказом карактеристичних деоница

Табела бр.1: Детаљан преглед деоница и приказ приоритета

РЕД БР	РЕКА РАСИНА И ПРИТОКЕ	ДЕОНИЦА 0 0-1	ДЕОНИЦА 1 1-2	ДЕОНИЦА 2 2-3	ДЕОНИЦА 3 3-4	ДЕОНИЦА 4 4-5	ДЕОНИЦА 5 5-6
1	Омас деонице	0-мост на путу Сталаћ-Прелина 1-мост на путу Крушевац-Појате	1-мост на путу Крушевац-Појате 2-мост на путу Крушевац-Каоник	2-мост на путу Крушевац-Каоник 3-профил Расине будући мост уз Кнеза Милоша	3-профил Расине 8+000 4-мост на путу Крушевац-Јастребац	4-мост на путу Крушевац-Јастребац 5-профил Расине код гробља у Мудраковцу	5-профил реке Расине код гробља у Мудраковцу 6-ушће Молричке Реке
2	Дужина теча (стационална)	235 m (5+525 : 5+760)	1.370 m (5+760 : 7+130)	870 m (7+130: 8+000)	2.399 m (8+000; 10+399)	800 m (10+399; 11+200)	1724 m (11+200;12+924)
3	Лево приобаље	МЗ Бивоље - Крушевац	МЗ Бивоље - Индулација	СРЦ Расина фаза I	СРЦ Расина фаза 2	МЗ Мудраковец,индулација	МЗ Мудраковец
4	Десно приобаље	МЗ Дедина - ХИ Жупа	Индустријска зона Исток	МЗ Паруновац „Трајал“	Пољопривредно зем.	МЗ Велико Головоде	МЗ Молрица
5	Притоке	-	Потох Бушрац д=3,5км бетон корито, регулисан кроз инд.арг	Гагловска Река д=6,1км има притоку Кобињску Реку д=6,6км	Десна обала Брањински јаз – планирана реконструкција	-	Десна притока Молричка Река на 12+924 km+ m
6	Стање уређености корита	Уређен профил испод моста и деснообални насип	Уређен десно-обални насип, лева обала неуређена	Уређено регулисано корито на целој деоници	Уређено регулисано корито до	Стабилне обале до На осталој дужини ерозија лево обале	Неуређена обала, река је меандрирала ван корита
7	УТРОЖЕНОСТ Лево приобаље	Танквана бенз станице у обалоутврди	Обала стабилна, обрасла високим растињем	Планирани СРЦ Расина, фаза 1	Планирани СРЦ Расина, фаза 2	сеоско гробље Мудраковец	Прелаз регион. Водовода преко Расине
8	УТРОЖЕНОСТ десно приобаље	-	-	Прелаз гасовода	-	-	Меандрирање ван корита – ерозија обала
9	Проблематика	Ерозија,оборено дрвеће,излива танкване	Изливање реке и мешање отпадне воде	Изливање реке и мешање отпадне воде	Плављење и речни нанос	Екскумација гробних места поред реке	Депоније отпада, нелегални радови у водотоку
10	Површине плављење 2014.	Лево 0,6 ha Десно 0,5 ha	Лево 2,0 ha Десно 4,6 ha	Лево 3,3 ha Десно 2,5 ha	Лево 16,7 ha Десно 17,6 ha	Лево 3,8 ha Десно 1,2 ha	Лево 19 ha Десно 16 ha
11	Планирано уређење корита	Регулација речног корита са обалоутврдом	Регулација речног корита са обалоутврдом	Регулисано корито, планирана микроакмулација – рекр. намене	Делимично регулисано, планирана микроакмулација – рекр. намене	Регулација речног корита са обалоутврдом	Није обрађено планским актом
12	Статус у ПГР-у	Лева обала - заштитно зеленило, десна обала – заштитно зеленило	Лева обала - зелене површине, терцијарне саобраћајнице, спорт и рекреација,	Лева обала – комерцијалне делатности, градски парк, микроакмулација, заштитно зеленило	Лева обала – комерцијалне делатности према микроакмулацији, градски парк Десна обала –	Лева обала – парк, саобраћајнице, пољопривредне површине, комуналне дел (гробље) Десна обала – парк, пољопр. површине,	-

			десна обала – заштитно зеленило, терцијалне саобраћајнице	Десна обала – заштитно зелени- ло, градски парк, држ. пут 2 б реда бр 38	држ. пут 2 б реда бр 38 градски парк, заштитно зел терц. саобраћ.	саобраћајнице	
13	Техн. док. за деоничку	-	-	-	-	Гл. пројекат Браљинског јаза, 2014 год. Шумадијапројект Параћин	-
14	Техничка доку- ментација за инфраструктуру	-	-	-	-	-	-
15	Расположиве град. подлоге	-	-	-	-	-	-
16	Главна документација	ПГР „Исток I 2018. година	ПГР „Исток I 2018. година	ПГР „Исток I“ 2018 година ПДР „Источна областница“ 2017 г	ПГР „Исток I ПДР „Источ-на област 2017 година	ПГР „Југ“ 2018 година	Просторни план Града Крушевца Сл. лист бр/2011 стр. 468-500
17	ЗАХТЕВ Града Крушевца – океанско урб. уређење обала (стаза, расвета и остало)	Заштитно зе- ленило, областурда обложена каменом	Областурда обложена ка- меном, пе- шачке стазе, расвета	Покретне прегра- де, микроакму- лације, пешачке стазе, расвета, трим-стазе	Зелене површине, пешачке стазе, расвета, трим- стазе	Парковско зеленило, пољопривредне повр- шине, саобраћајнице (колски саобраћај)	Одбрамбени насип
ПРИОРИТЕТ		1	1	1	2	3	4

2. РАСПОЛОЖИВА ТЕХНИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

Приликом израде Идејног решења Инвеститор ће Пројектанту на располагање ставити између осталог и следећу документацију:

- Главни пројекат регулације реке Расине на потезу од км 6+367 до км 8+847, ВО „Чачак“ Чачак, 1979. година
- Главни пројекат регулације Расине од км 0+000 до км 3+564,8, Завод за урбанизам, Крушевац, 1984. година
- Главни пројекат микроакмулације (језера) и бране са хидрауличким уставима на реци Расини у Крушевцу, Дирекција за урбанизам и изградњу Крушевца, Крушевац, 2002. година
- Главни пројекат регулације реке Расине од моста до гробља у Мудраковцу, „Шумадијапројект“, Параћин, 2011. година
- Главни пројекат регулације Браљинског јаза на десној обали реке Расине у зони насеља Велико Головоде у Крушевцу, „Шумадијапројект“, Параћин, 2013. година
- Хидролошко-хидрауличка студија великих вода реке Расине у Крушевцу, Институт за водопривреду “Јарослав Черни”, Београд, 2017. година.

У оквиру Плана детаљне регулације „Спортско рекреативни центар Расина“ у зони насеља „Пријавор 2“ планирана је изградња две микроакмулације на Расини за рекреативне сврхе. Локације микроакмулација се налазе на регулисаном потезу Расине између моста за Каоник и моста за Јастребац (деонице III и IV).

- Локација прве микроакмулације са преградом планирана је непосредно узводно од Гагловске реке све до планираног вијадукта у наставку улице Кнеза Милоша.
- Локација друге микроакмулације са преградом планирана је узводно од краја левообалног насипа М.12.1.3

Бране и микроакмулације би се извеле на основу Главног пројекта микроакмулације (језера) и бране са хидрауличким уставима на реци Расини у Крушевцу.

У оквиру Главног пројекта регулације Расине узводно од моста за Јастребац до гробља у Мудраковцу дат је предлог за регулацију корита у дужини од око 1300 m са заштитом оштре конкавне кривине у зони гробља. Због кратког обухвата пројекта, техничким решењем са заштитним деснообалним насипом није спречено изливање Расине у десно приобаље, јер насип није укореењен у висок терен. Из тог разлога потребна је новелација те документације са продужењем линије заштите узводно, све до високог терена. Процењено је да је потребно продужити разматрану деоницу за 1,5 km узводно, све до ушћа Модричке реке.

У Институту за водопривреду "Јарослав Черни" 2017. године урађена је Хидролошко-хидрауличка студија великих вода реке Расине у Крушевцу. Неопходна је њена новелација.

3. ЦИЉ И ПРЕДМЕТ ПРОЈЕКТА

Циљ пројекта је заштита приобаља Расинена потезу од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево до ушћа Модричке реке, у дужини од око 7 km.

Регулација реке Расине на овом потезу треба да има равномерни степен заштите који је усклађен са значајем штићених вредности и одредбама Стратегије управљања водама. Повратни периоди на које се пројектују заштитни систем морају да одговарају вредности подручја које се штити (Град Крушевац).

Пројектна решења је потребно ускладити са важећом планском документацијом Града Крушевца и захтевом да се регулисано корито користи као простор за рекреативне сврхе, који не сме угрозити степен заштите од поплава.

У том смислу, посебан циљ пројекта су хидрауличке анализе за усвајање режима рада микроаккумуляција – техничка решења попречних преграда са уставама за контролисано подизање нивоа при мањим дотоцима, морају обезбедити потребне услове за евакуацију великих вода Расине. При томе је неопходно размотрити и утицаја на пронос и задржавање наноса у профилима преградних места.

Предмет Пројектног задатка је фазна израда техничке документације, а предвиђена је и израда Идејног решења, у циљу прибављања локацијских услова, а затим и пројеката за грађевинску дозволу (по деоницама, зависно од статуса планског акта), и коначно и пројеката за извођење (по деоницама такође, у циљу припреме за почетак радова у 2020. години:

Прва фаза:

Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока:

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ СА ХИДРОЛОШКОМ СТУДИЈОМ И ГЕОДЕТСКИМ ЕЛАБОРАТОМ(ИДР, ХС и ГЕ)

деоница од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200) -уређење корита и обала реке Расине (7.130 m) и притока (Гагловска река: 1.000 m; Кобиљска река: 2.300 m; Брањински јаз: 3.100 m; Модричка река: 700 m)

Друга фаза:

Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока:

ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ (ПГД)

(ПГД 0) Деоница 0: 235 m (5+525 : 5+760); (ПГД 1) Деоница 1: 1.370 m (5+760 : 7+130);

(ПГД 2) Деоница 2: 870 m (7+130: 8+000);

Трећа фаза:

Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока:

ПРОЈЕКТА ЗА ИЗВОЂЕЊЕ (ПЗИ)

(ПЗИ 0) Деоница 0: 235 m (5+525 : 5+760); (ПЗИ 1) Деоница 1: 1.370 m (5+760 : 7+130);

Предмет набавке у 2019. години је Прва фаза - ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ СА ХИДРОЛОШКОМ СТУДИЈОМ И ГЕОДЕТСКИМ ЕЛАБОРАТОМ(ИДР, ХС и ГЕ)

Ова техничка документација ће обухватити комплетну деоницу реке Ресаве од од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200), (7.130 m) са притокама (Гагловска река: 1.000 m; Кобиљска река: 2.300 m; Брањински јаз: 3.100 m; Модричка река: 700 m).

У Првој фази техничке документације:

- извршиће се детаљно геодетско снимање корита и обала,
- извршиће се анализа проблематике везана за инфраструктуру (постојећу и планирану), спровести хидролошко
- извршиће се хидрауличке анализе,
- дефинисати концепција хидротехничких радова, заштитне целине, степен заштите од поплава, техничка решења заштитних објеката,
- извршиће се усаглашавање са актуелном техничком документацијом уређења корота, рекреативних објеката и партерног уређења. Очекивани резултат прве фазе техничке документације су етапе реализације.

Детаљан програм дат је у наставку:

4. ПРВА ФАЗА: ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ СА ХИДРОЛОШКОМ СТУДИЈОМ И ГЕОДЕТСКИМ ЕЛАБОРАТОМ (ИДР, ХС И ГЕ)

4.1. ПРОГРАМ РАДОВА – ОБУХВАТ ТЕХНИЧКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ

Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока: деоница од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200) -уређење корита и обала реке Расине (7.130 m) и притока (Гагловска река: 1.000 m; Кобиљска река: 2.300 m; Брањински јаз: 3.100 m; Модричка река: 700 m)

Неопходан ниво техничке документације којим ће се остварити задати циљ је Идејно решење, са хидролошком студијом и геодетским елаборатом, на основу којег ће се прибавити локацијски услови. Након добијања Локацијских услова, извршене евентуалне експропријације, на основу важећег Закона о планирању и изградњи, у наредним фазама које нису предмет ове набавке приступа се изради Пројекта за грађевинску дозволу и Пројекту за извођење.

Предмет и обим потребних подлога за израду Идејног решења дефинисан је у наставку.

4.2. ПРИПРЕМА ТЕХНИЧКЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ

Пројектант и Инвеститор ће обићи терен и са надлежним службама Града Крушевца идентификовати постојеће и потенцијалне проблеме у вези заштите од штетног дејства вода и идеје за уређење речног корита.

4.2.1. Прикупљање, систематизација и анализа релевантне техничке документације и других података

При изради техничке документације Инвеститор ће Пројектанту ставити на располагање пројектну документацију, као и следећу планску документацију:

- Генерални урбанистички план Крушевац 2025 („Сл. лист града Крушевца“ 3/15)
- План детаљне регулације „Спортско рекреативни центар Расина“ у Крушевцу, Јавно предузеће за урбанизам и пројектовање Крушевац, Одлука бр.350-2382/2013 од 29.11.2013.г. („Службени лист града Крушевца“, бр. 10/13), 2018. година
- Урбанистички пројекат за изградњу купалишта на реци Расини у Крушевцу, („Сл. лист општине Крушевац“, бр. 6/02)
- План детаљне регулације „Источна обилазница и наставак улице Кнеза Милоша“
- Другу планску документацију.

4.3. ГЕОДЕТСКИ РАДОВИ

За потребе пројектовања потребно је обезбедити адекватне геодетске подлоге на нивоу потребном за израду Пројекта за грађевинску дозволу.

Сви геодетски радови се морају изводити у складу са Законом о државном премеру и катастру („Службени гласник РС“, бр. 72 од 3. септембра 2009., 18 од 26. марта 2010., 65 од 25. јула 2013., 15 од 6. фебруара 2015. - УС, 96 од 26. новембра 2015., 47 од 15. маја 2017. - Аутентично тумачење, 113 од 17. децембра 2017. - др. закон, 27 од 6. априла 2018. - др. закон, 41 од 31. маја 2018. - др. закон) и Правилником о топографском премеру и катастру непокретности („Службени гласник РС“, број 7/16, 88/16 и 7/19- др. правилник).

Програмом геодетских радова предвиђено је детаљно ласерско скенирање терена шире зоне Lidar технологијом из ваздуха и терестичко снимање у зони корита водотока, објеката у кориту и приобаљу, неприступачних делова терена за потребе израде топографско катастарског плана размере 1 : 1000.

Захтевана просторна тачност тачака детаља добијена Lidar технологијом је граничне вредности до 10 cm, док је за терестичка снимања захтевана тачност у одређивању просторних података до 5 cm.

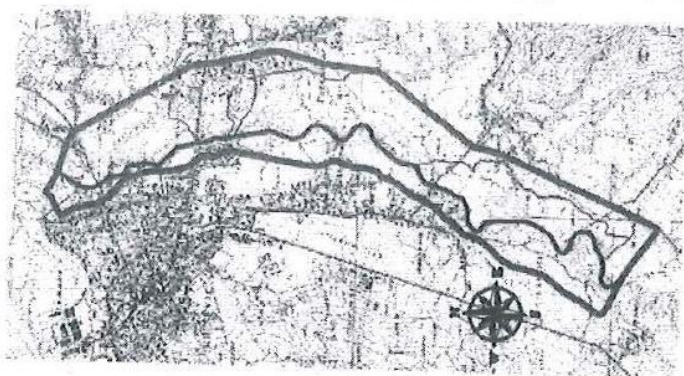
4.3.1. Скенирање из ваздуха Lidar технологијом

Површину терена шире зоне посматране деонице реке Расине потребно је снимити вишепулсним ласерским скенером из ваздуха. Због честог присуства вегетације на терену (висока трава, дрвеће...), фотограметријска метода није погодна. Процена је да је око 50% површине покривено густом травом (20 - 50 cm).

Просторни подаци прикупљени Lidar технологијом треба да обезбеде адекватну подлогу за потребе хидролошко - хидрауличке анализе и да повећају ниво детаљности подлогама формираних на основу терестичког снимања.

Површина коју је потребно обухватити снимањем из ваздуха износи око 744 хектара. Снимање почиње од низводног краја предметне деонице (~300 m низводно од железничког моста) на северу. Снимањем треба обухватити високи левообални терен на западној страни, инфраструктурне објекте (путна и железничка мрежа, индустријска зона) на десној обали – источна страна, до узводног краја код ушћа Модричке реке у Расину на југу (слика 4.1).

Пројектант има право промене границе снимања пре почетка дефинисања плана лета.



Слика.2. Планирана површина снимања Lidar технологијом

Пре почетка радова Извођач геодетских радова је дужан да достави Наручиоцу све потребне дозволе за извођење снимања из ваздуха.

На основу прикупљених података скенирањем из ваздуха потребно је припремити базу података детаљних тачка у ASCII и GeoTIFF формату, а која ће бити интегрисана са подацима који се прикупе терестичким снимањем.

Терестичка мерења

За потребе израде топографске подлоге нивоа детаљности који је дефинисан правилником за размеру 1 : 1000, потребно је извршити геодетска снимања у појасу од око 100 m лево и десно од осе водотока Расине, односно до брањене ножице постојећег насипа (појас може бити мањи или већи у зависности од постојећег насипа, изведену деоницу источне обилазнице посматрати као насип). У оквиру дефинисаног појаса потребно је снимити све постојеће објекте.

Укупна дужина предметне деонице реке Расине износи 8,5 km. Минор корито водотока је потребно снимити попречним профилима на међусобном растојању од 50 m, а на позицијама оштрих кривина и рушевних обала на међусобном растојању од 25 m (7 локалитета у дужини од 200 m). Просечна дужина профила са обалним појасем износи 40 – 50 m. Дуж посматране деонице реке Расине постоји 5 мостовских прелаза. У зони мостова је потребно снимити корито водотока са мостовском конструкцијом (горња и доња ивица конструкције, опорци, стубови и сл.).

Поред корита реке Расине потребно је снимити и деснообалне притоке:

- Модричку реку, у дужини од 700 m;
- Браљински јаз, у дужини од 3100m;
- Кобиљску реку, у дужини од 2300 m;
- Гагловску реку, у дужини од 1000 m.

Попречне профиле корита на притокама је потребно снимити на међусобном растојању од 100 m. Обални појас притока снимати у ширини од око 10 m.

Ради боље прегледности у табели 2 приказан је укупан број попречних профила по водотоцима.

Табела 2. Број попречних профила по водотоцима

Река	Дужина деонице (m)	Међусобни размак (m)	Дужина (m)	Број профила
Расина	7100	50	50	142
Расина	1400	25	50	56
Модричка	700	100	20	7
Браљински јаз	3100	100	15	31
Кобиљска	2300	100	15	23
Гагловска	1000	100	15	10

Израда геодетског елабората

За потребе пројектовања потребно је формирати ситуациони план са дигиталним моделом терена у софтверској апликацији „ACad CIVIL 3D“. На ситуационом плану морају бити означени сви објекти и структурне линије према важећем дигиталном топографском кључу. Све објекте је потребно разврстати по посебним слојевима. Садржај података у фајлу мора бити оптималан за даља пројектовања у оквиру „ACad-a“.

Извршити интеграцију званичног дигиталног катастарског плана и копије плана подземних вода издате од надлежне службе катастра непокретности. Прибављање потребне документације је обавеза Наручиоца.

Садржај геодетског елабората:

- Општа документација;
- Технички извештај;
- Графички прилози: Катастарско топографски план оверене од стране одговорног обрађивача геодетских радова и лиценциране геодетске организације.

Наручиоцу доставити у дигиталном облику:

- Дигитални катастарско топографски план (dwg);
- ДТМ у растерском облику формиран из података ласерског скенирања (GeoTIFF);
- Попречни профили корита (dwg).

Геодетски елаборат доставити Наручиоцу у два примерка и три ЦД-а.

4.4. ГЕОТЕХНИЧКЕ ПОДЛОГЕ

За потребе израде Идејног решења Пројектант ће дефинисати геолошке услове на потезу регулације и трасе заштитних насипа, на основу расположивих геолошких подлога и проспекције терена.

4.5. ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ СА ХИДРОЛОШКОМ СТУДИЈОМ И ГЕОДЕТСКИМ ЕЛАБОРАТОМ

Добијање локацијских услова захтева израду Идејног решења, које ће Пројектант урадити према важећем Закону о планирању и изградњи и Правилнику о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објекта.

Идејно решење садржи следеће делове:

- Свеска 0 – Главна свеска
- Свеска 1 – Пројекат инжењерског објекта
- Хидролошка студија - Хидролошки елаборат
- Геодетски елаборат

Главна свеска садржи податке о пројекту и учесницима у изградњи, као и друге податке и документе који су битни за издавање локацијских услова (податке о називу објекта са локацијом и бројем катастарске парцеле и катастарском општином; називу, односно имену инвеститора; врсти техничке документације; називу и ознаци дела пројекта; називу правног лица које је израдило предметни део пројекта; имену, презимену и броју лиценце одговорног пројектанта; идентификационој ознаци дела пројекта из евиденције лица које је израдило предметни део пројекта; месту и датуму израде дела пројекта).

У оквиру Идејног решења Пројектант ће приказати концепцију заштите подручја формирањем система заштитних објеката, са навођењем свих података неопходних за утврђивање локацијских услова. Идејно решење треба да садржи:

- Приказ постојећег стања водотокова на предметној деоници;
- Приказ геодетских подлога;
- Приказ хидролошких услова и подлога;
- Приказ геолошких услова на предметној деоници;
- Хидрауличке анализе течења у кориту Расине на предметној деоници у постојећем стању. Хидрауличке анализе течења у постојећем стању Гагловске и Кобињске реке.
- Приказ техничког решења заштите од великих вода Расинена предметној деоници заједно са хидрауличком анализом у пројектованим условима.

Ова документација, осим текстуалног дела треба да садржи и одговарајућу графичку документацију. Потребно је дати оријентациони Предмер и прерачун радова. Потребно је предвидети могућност фазне изградње.

Идејно решење Пројектант ће урадити у форми електронског документа, према *Правилнику о поступку спровођења обједињене процедуре електронским путем ("Службени гласник РС", бр. 113/2015 и 96/2016).*

4.5.1. Хидролошка студија

Уз Идејно решење Пројектант ће припремити и приложити Хидролошку студију са приказом примењених методологија за дефинисање средњих и великих вода и параметара средњих и великих вода.

Као резултат анализе потребно је дефинисати рачунске вредности великих вода Расине за карактеристичне вероватноће појаве $Q_{1\%}$, $Q_{2\%}$ и $Q_{5\%}$.

Поред тога, методом прорачуна за неизучене сливове потребно је одредити рачунске вредности протока великих вода Гагловски и Кобињске реке на профилима њихових ушћа у реципијенте.

На основу Хидролошке студије Инвеститор ће прибавити мишљење Републичког хидрометеоролошког завода Србије и дефинисати меродавне хидролошке параметре за димензионисање насипа Расине и регулационих радова на предметном подручју.

4.6. ОСТАЛО

Пројектант ће техничку документацију предати у електронском облику на 2 (два) CD-а, као и у 3 (три) примерка у штампаној форми. У дигиталној форми се текст доставља у PDF и Word формату, табеларни подаци у Excel формату, цртежи у DWG формату, а просторни подаци у као share формату. Наручилац ће обезбедити предају припремљених електронских докумената и комуникацију са надлежним државним и општинским органима.

Место и датум

Београд, 25.11.2019.



Понуђач

Дејан Дивац
Проф. др Дејан Дивац, дип.инж.грађ.

1 УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

Овај хидролошко-хидраулички елаборат је израђен за потребе сагледавања режима средњих и великих вода реке Расине на деоници од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200) и за дефинисање средњих и великих вода Гагловске и Кобиљске реке (Слика 1).



Слика 1. Положеј разматране деонице Расине, Гагловске и Кобиљске реке (подлога Google Earth 28.02.2020)

У оквиру анализе средњих вода дати су просечни вишегодишњи протоци Расине, Кобиљске реке и Гагловске реке, као и рачунски протоци средњих вода Расине на разматраном потезу.

У оквиру анализе великих вода дефинисане су рачунске велике воде Расине на посматраној деоници, као и Гагловске реке и Кобиљске реке, за вероватноће појаве 1%; 2% и 5%, односно за повратне периоде од 100, 50 и 20 година.

На реци Расини Републички хидрометеоролошки завод Србије (РХМЗ) врши систематска осматрања водостаја и одређивања протока на хидролошким станицама Брус, Равни и Бивоље. Најближа од наведених станица је ХС Бивоље која се налази непосредно низводно од посматране деонице.

На Гагловком потоку и Кобиљској реци не врше се осматрања водостаја.

2 КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОДРУЧЈА

Крушевачки крај заузима централни положај Балканског полуострва. Његово непосредно окружење чине планински масиви Копаоника, Гоча и Жељина са запада, Великог и Малог Јастрепца са југа. Северним делом доминирају Гледићке планине и Јухор, источно и североисточно налазе се Мојсињске планине. Западна и Јужна Морава са Расином чине највеће водене токове овог подручја.

Град и општина Крушевац, која захвата површину од 854 km² налазе се у крушевачкој котлини која се простира између: Левча и Темнића на северу, Жупе, Копаоника и Јастрепца на југу и Краљевачке котлине и Ибарске долине на западу.

Подручје града Крушевца смештено је у терцијалном басену који је остатак залива Панонског мора. Овај део у појединим фазама функционисао је као језеро, а у појединим као залив. Отицањем мора и залива, пре око 600.000 година, реке су усекле своје долине, старе и нове.

Кроз Крушевац протиче река Расина, десна притока Западне Мораве. Дужина водотока је 92 km, а површина слива 981 km². Изворе на падинама Гоча и Жељина, под Црним Врхом на надморској висини од 1340 m од изворишних кракова Велике и Бурманске реке, а утиче у Западну Мораву 5 km низводно од Крушевца, на надморској висини 134 m. Просечан пад корита је 12 ‰. Тече дубоком долином која се ка доњем току постепено проширује достижући и до 3 km ширине. До села Разбојне тече клисурастом долином са малим ерозионим проширењима, какво је код Бруса. Између Разбојне и Златара протиче плитким и широким коритом кроз Доброљубачку котлину, да би потом ушла у Златарску клисуру у којој гради неколико укљештених меандара. Низводно од Мајдева, Расина улази у Крушевачку котлину, долина јој је широка и извијугана и у близини ушћа река је широка 35 m до 40 m и дубока 0,5 m до 1 m.

Слив Расине има изразито асиметричан облик. Осим речице Загрже, која Расини притиче са планине Гоч с леве стране у изворишном делу, све остале притоке дотичу са десне стране. Највећа међу њима је Грашевачка река. Блаташница се пробија кроз Јанкову клисуру и улива се у Расину код Разбојне.

Расина даје Западној Морави просечно 7,8 m³ воде у секунди. Она има карактер праве бујице јер су јој амплитуде протока врло изразите. У марту и априлу располаже готово 5 пута већом количином воде него у августу и септембру. Највећи проток забележен је новембра 1979. године и износио је 291 m³/s. Да би се ублажиле овако велике разлике протока и зауставио нанос који река транспортује, на граници Златарске клисуре и Расинске котлине на реци Расини подигнута је брана и формирано језеро Ћелије.

Акумулација Ћелије добила је назив по истоименом селу које лежи на обали данашње акумулације. Акумулација је вишенаменска, са основном наменом заштите акумулације Ђердап од засипања наноса ерозионог порекла. Брана је грађена у периоду 1971-1979. год. Пуњење акумулације је започело 1979, а окончано 1980 године. Брана има висину 51,5 m и дужину у круни 220 m. Преградна конструкција је од каменог набачаја, са централним глиеним језгром и прелазним филтерским слојевима. Кота нормалног успора (КНУ) је 277 m, док је кота круне прелива (ККП) 282 m. Највећа ширина акумулације износи око 800 m на ККП. Укупна запремина акумулације износи 64x10⁶ m³, од којих је, према документацији [9] укупна запремина за пријем поплавних таласа 27,4x10⁶ m³.

Површина слива Расине узводно од акумулације износи 598 km², а површина саме акумулације 3,5 km² - 5 km², зависно од нивоа воде. Средњи годишњи проток Расине, на месту бране је 5,84 m³/s, према документацији [9] Просечна дубина је око 12 m, док је максимална дубина језера 45 m. Провидност за време лета износи до 4 m.

Амплитуде водостаја језера зависе од количине падавина и количине воде која се користи. Највиши водостаји су крајем пролећа, а најнижи крајем лета и почетком јесени. Током летњих дана температура површинског слоја воде износи 25 °C до 27 °C, те је она погодна за купање и спортове на води. Зими се успоставља индиректна термичка стратификација воде, али је лед изузетна појава само за време хладнијих зима. Језеро Ћелије посећују спортски риболовци, а повремено се на њему организују различите манифестације.

Акумулацијом газдује ЈКП „Крушевачки водовод“. Пројектовани радни век акумулације Ћелије (<http://www.vodovodks.co.rs/o-nama/2016-12-16-08-35-24>, 28.02.2020), је до 2030. године. Међутим, век акумулације биће знатно дужи зато што је планирана продукција наноса која је приликом пројектовања 1965. године износила 400.000 m³/годишње, смањена на 162.165 m³/годишње, захваљујући обимним акцијама пошумљавања у сливу, почев од 1945. до краја седамдесетих година прошлог века. ЈКП „Крушевачки водовод“ својом активношћу покушаће да продужи век акумулације до 2050. године.



Слика 2. Насута брана (средина) и евакуациони прелив (десно) акумулације Ћелије

3 ХИДРОЛОШКА АНАЛИЗА

3.1 Разматрано подручје

У оквиру хидролошке анализе деонице Расине (Слика 3) од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200) разматрано је сливно подручје Расине узводно од Крушевца, односно узводно од ХС Бивоље.

Такође су разматрана и сливна подручја притока Расине: Кобиљске и Гагловске реке.

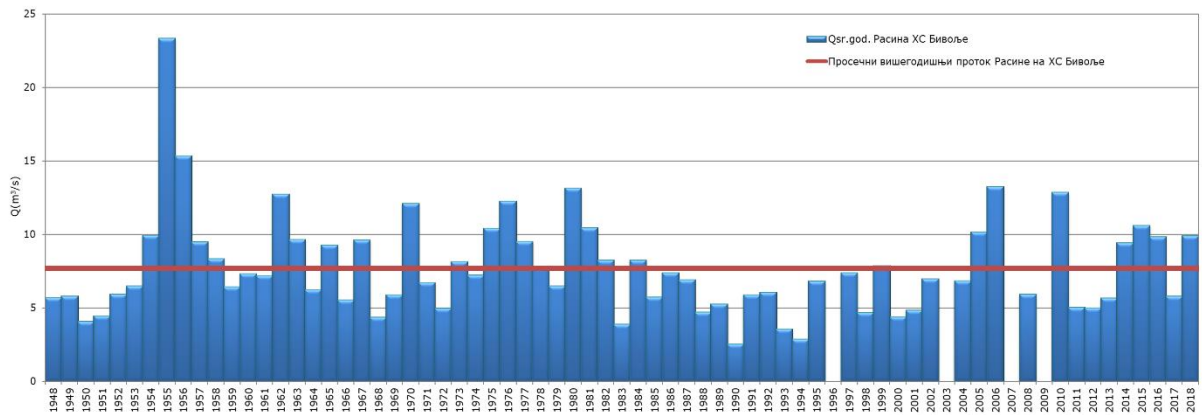


Слика 3. Прегледна карта посматраног подручја са сливним подручјем реке Расине до Крушевца, Кобиљске и Гагловске реке (подлога Google Earth 28.02.2020)

3.2 Приказ расположивих хидролошких података

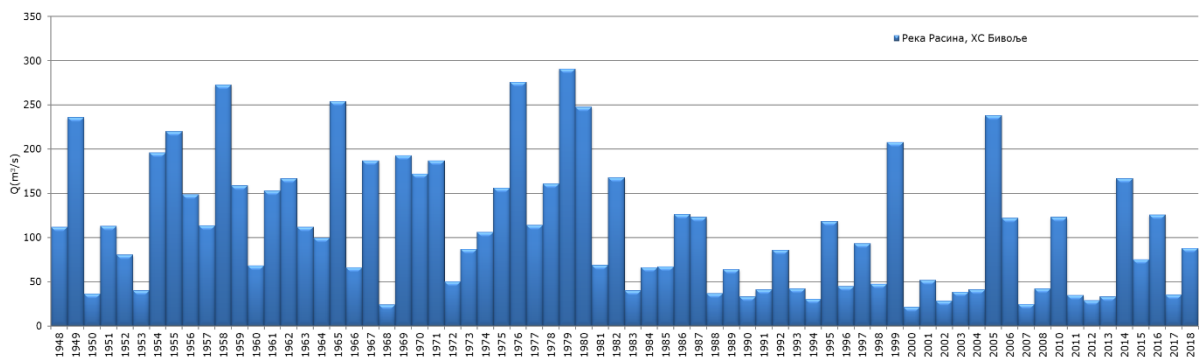
На реци Расини хидролошки подаци се региструју на укупно 3 хидролошке станице дуж главног тока реке Расине: Брус, Равни и Бивоље. За разматрано подручје од значаја је само најнизводнија - ХС Бивоље.

Очитавање нивоа воде на разматраној станици врши се лимниграфом. Подаци о средњим годишњим и максималним годишњим протицима преузети су из документације [6][5] за период 1949-2006. године, а за период 2007-2018. година из документације [1]. Графички је приказан расположиви низ средњих годишњих протока Расине на профилу ХС Бивоље (Слика 4).



Слика 4. Просечни годишњи протоци Расине на ХС Бивоље

Подаци о максималним годишњим протоцима допуњени су подацима за 2003. и 2007. годину на основу податка из документације [1]. Наиме, у документацији [1] нису објављени подаци о максималним годишњим протоцима за 2003. и 2007. годину, али је поређењем средњих дневних вредности протока на профилу ХС Бивоље са кореспондентним вредностима на осталим хидролошким станицама на Расини и другим станицама у ширем сливу констатовано да се годишњи максимум није јавио у периоду где недостају подаци, те је максимална вредност средњег дневног протока усвојена као максимална годишња за ту годину. Податак о максималном годишњем протоку за 1948. годину преузет је из документације [10]. Графички је (Слика 5) приказан низ максималних годишњих протока за период 1948-2018.



Слика 5. Максимални годишњи протоци Расине на ХС Бивоље

На Гагловској и Кобиљској реци РХМЗ Србије не врши осматрање водостаја, па се по хидролошкој изучености ови водотоци убрајају у неизучене водотоке, за које се рачунске воде морају одредити методама за неизучене сливове.

3.3 Испитивање хомогености низова средњих годишњих и максималних годишњих протока

Како је изграђом бране и акумулације Ћелије на реци Расини режим протока измењен, извршена је провера хомогености низова средњих годишњих и максималних годишњих протока.

Тестирање хомогености серија извршено је применом Нормализованог Z-теста и Студентовог теста, документација [5].

За тестирање хомогености низ је подељен на два дела. Први део је од почетка осматрања до почетка пуњења акумулације Ђелије – 1978. године, а други низ од почетне године пуњења акумулације (1979) до 2018. године.

Код Нормализованог Z-теста тестирање је извршено за праг значајности $\alpha=0,05$, за нулту хипотезу H_0 да су средње вредности низова $Y=\ln(X)$ исте. Хипотеза се прихвата

уколико је $z_{\alpha/2} < z < z_{1-\alpha/2}$, где је $z = \frac{Y_{1, sr.} - Y_{2, sr.}}{\sigma_{Y_{1, sr.} - Y_{2, sr.}}}$, а $\sigma_{Y_{1, sr.} - Y_{2, sr.}} = \sqrt{\frac{\sigma_{Y_1}^2}{n_1} + \frac{\sigma_{Y_2}^2}{n_2}}$.

Код Студентовог теста тестирање је извршено за праг значајности $\alpha=0,05$, за нулту хипотезу H_0 да су варијансе низова $Y=\ln(X)$ исте. Хипотеза се прихвата уколико је $t_{\alpha/2} < t < t_{1-\alpha/2}$, где t има Студентову расподелу са n_1+n_2-2 степени слободe, при чему је

$$t = \frac{\sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \cdot \frac{Y_{1, sr.} - Y_{2, sr.}}{\sqrt{n_1 \cdot \sigma_{Y_1}^2 + n_2 \cdot \sigma_{Y_2}^2}}$$

Табела 1. Тестирање хомогености низа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Нормализованог Z-теста

период	Низ 1			период	Низ 2			Укупне статистике	
	n_1	$Y_{1, sr.}$	σ_1		n_2	$Y_{2, sr.}$	σ_2	$\sigma_{X_{1, sr.} - X_{2, sr.}}$	Z
1948-1978	31	2,05	0,389	1979-2018	35	1,87	0,405	0,098	1,93

Табела 2. Тестирање хомогености низа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Студентовог теста

период	Низ 1			период	Низ 2			Укупне статистике		
	n_1	$X_{1, sr.}$	σ_1		n_2	$X_{2, sr.}$	σ_2	$s_{X_{1, sr.} - X_{2, sr.}}$	t	t_0
1948-1978	31	2,05	0,389	1979-2018	35	1,87	0,405	0,098	1,90	2,04

На основу резултата оба теста прихваћена је нулта хипотеза, па се може закључити да је низ средњих годишњих вредности протока Расине на ХС Бивоље хомоген.

Табела 3. Тестирање хомогености низа максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Нормализованог Z-теста

период	Низ 1			период	Низ 2			Укупне статистике	
	n_1	$Y_{1, sr.}$	σ_1		n_2	$Y_{2, sr.}$	σ_2	$\sigma_{X_{1, sr.} - X_{2, sr.}}$	Z
1948-1978	31	4,80	0,609	1979-2018	39	4,20	0,712	0,158	3,79

Табела 4. Тестирање хомогености низа максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље применом Студентовог теста

период	Низ 1			период	Низ 2			Укупне статистике		
	n_1	$X_{1, sr.}$	σ_1		n_2	$X_{2, sr.}$	σ_2	$s_{X_{1, sr.} - X_{2, sr.}}$	t	t_0
1948-1978	31	4,80	0,609	1979-2018	39	4,20	0,712	0,158	3,67	2,04

На основу резултата оба теста одбачене су нулте хипотезе, тако да се закључује да је низ нехомоген. Стога је прорачун великих вода Расине на ХС Бивоље извршен за два периода, пре и после увођења у функцију бране у акумулације „Ђелије“.

3.4 Резултати претходних истраживања

3.4.1 Средње воде

Средњи годишњи протоци анализирани су у документацији [6][5] на основу низа средњих годишњих протока из периода 1948-2006. година. Добијене рачунске вредности приказане су нумерички (Табела 5).

Табела 5. Рачунске вредности средњих годишњих протока из документације [6]

Рачунски проток великих вода Q (m ³ /s) Расине на профилу ХС Бивоље, према различитим документацијама	
p(%)	Документација [6]
1	19,2
2	16,9
5	14,0
10	11,9
20	9,84
50	6,92
80	4,95
90	4,18
95	3,65
98	3,15
99	2,86

За израду документације [7] РХМЗ је издао Мишљење број 92-I-1-171/2011 од 25. фебруара 2011. године у коме је дао вредност просечног вишегодишњег протока $\bar{Q}=7,62 \text{ m}^3/\text{s}$

3.4.2 Велике воде

Према Оперативном плану за одбрану од поплава за 2020. годину „неприкосновени простор за пријем поплавног таласа је 19.400.000 m³, а укупни простор за пријем поплавног таласа је 27.400.000m³ (Q0.01%)“. Међутим, на основу документације [9] запремина поплавног таласа повратног периода 10.000 година износи 63,41x10⁶ m³ (Табела 6), што је скоро цела запремина акумулације „Ђелије“. Према подацима из документације [9] простор за пријем поплавног таласа довољан је да у целости прихвати поплавни талас повратног периода 10 година.

Табела 6. Елементи хидрограма великих вода на профилу бране „Ђелије“, документација [9]

Параметри хидрограма великих вода Расине на профилу бране Ђелије		
p(%)	Максимални проток Q (m ³ /s)	Запремина таласа W (10 ⁶ m ³)
0,01	889	63,42
0,1	609	51,66
1	410	38,75
2	364	35,49
2	288	29,85
10	238	26,04

Велике воде реке Расине на ХС Бивоље одређене су у документацији [6] и у документацији [10]. Приликом прорачуна великих вода ни у једној документацији није респектовано постојање акумулације која прима поплавни талас запремине 27,4x10⁶ m³. За прорачун су коришћени нехомогенизовани низови максималних годишњих протока Расине на профилу ХС Бивоље.

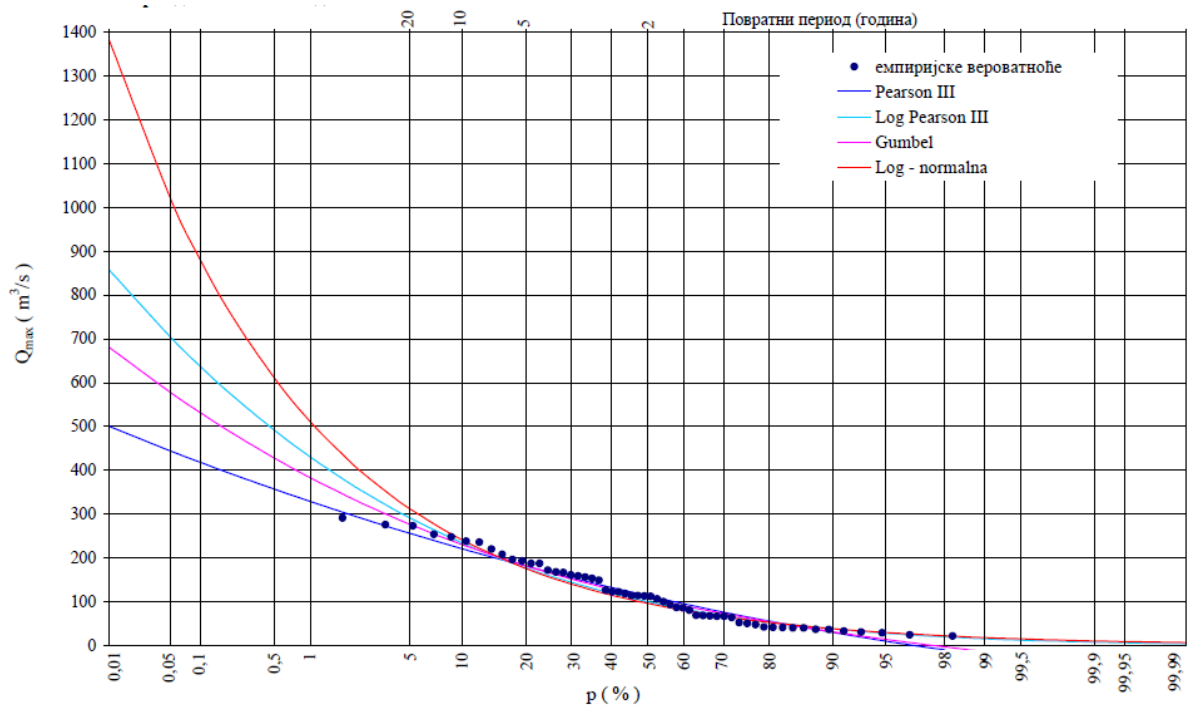
У оквиру документације [6] обрађени су подаци из периода осматрања закључно са 2006. годином. Усвојени су рачунски протоци Расине на ХС Бивоље приказани нумерички (Табела 7) и графички (Слика 6). У документацији [10] анализе су извршене на основу податка из периода 1948-2016. година. Усвојене су рачунске вредности приказане нумерички (Табела 7) и графички (Слика 7).

За израду документације [7] РХМЗ је издао Мишљење број 92-I-1-171/2011 од 25. фебруара 2011. године у коме је дао карактеристичне рачунске вредности протока великих вода Расине на ХС Бивоље исте као у документацији [5].

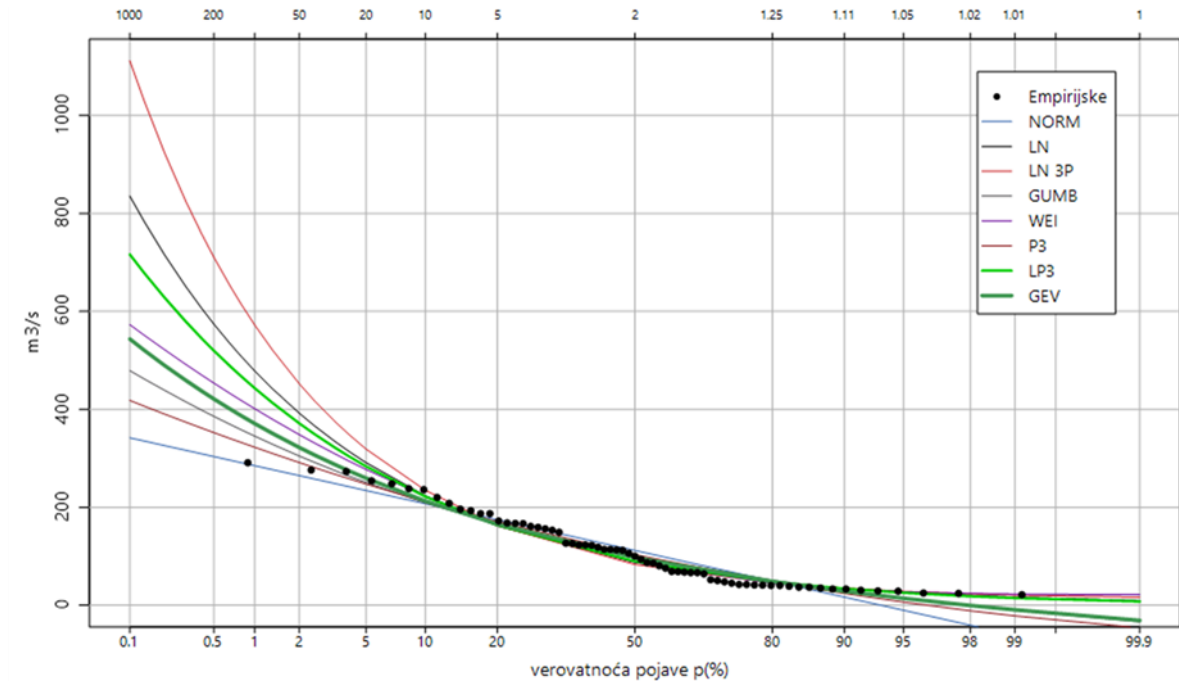
У наставку су приказане рачунске вредности великих вода из претходних документација.

Табела 7. Рачунски протоци великих вода реке Расине на профилу ХС Бивоље

Рачунски проток великих вода Q (m^3/s) Расине на профилу ХС Бивоље, према различитим документацијама			
p (%)	Документација [6]	Документација [7]	Документација [10]
0,1	638	-	536,1
1	430	430	367,7
2	370	370	319,8
5	292	292	258,0
10	234	234	211,9



Слика 6. Рачунски протоци великих вода Расине на профилу ХС Бивоље, документација [6]



Слика 7. Рачунски протоци великих вода Расине на профилу ХС Бивоље, документација [10]

3.5 Средње воде

3.5.1 Расина на профилу ХС Бивоље

Режим средњих вода Расине на профилу ХС Бивоље приказан је у виду просечног вишегодишњег протока, статистика низа средњих годишњих протока и рачунских вредности средњих годишњих протока.

За потребе дефинисања рачунских средњих вода на предметној деоници реке Расине примењене су статистичке методе прорачуна користећи серију средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље. Разматране су теоријске функције расподеле: Пирсон 3, Лог-Пирсон 3, Гумбелова, логнормална двопараметарска, логнормална тропараметарска и општа расподела екстремних вредности (GEV). Квалитет прилагођавања одређен је применом тестова χ^2 , Колмогоров-Смирнов и $n\omega^2$.

У наставку су приказане срачунате основне статистике осмотреног низа средњих годишњих протока: број чланова низа, средња вредност, стандардна девијација и коефицијенти варијације и асиметрије за основни и логаритмовани низ. За основни низ дате су и екстремне вредности средњих годишњих протока.

Табела 8. Основне статистике серије средњих годишњих протока

Статистички показатељ	ознака	вредност
број узорака	n	67
максимална вредност	Q_{\max}	23,32
средња вредност	Q_{sr}	7,70
минимална вредност	Q_{\min}	2,53
стандардна девијација	σ	3,38
коефицијент варијације	C_v	0,438
коефицијент асиметрије	C_s	1,779

Статистички показатељ	ознака	вредност
средња вредност ($\log Q$)	$(\log Q)_{sr}$	0,851
коефицијент варијације ($\log Q$)	$C_v(\log Q)$	0,206
коефицијент асиметрије ($\log Q$)	$C_s(\log Q)$	0,105

Рачунске вредности средњих годишњих протока добијене на основу низа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље из периода 1948-2018. година приказане су у наставку.

Табела 9. Рачунске вредности средњих вода Расине на профилу ХС Бивоље за изабране вероватноће појаве

p(%)	T(год)	Pirson 3	LogPirson3	GUMBEL	LN3	LN2	GEV
1	100,0	19,48	18,76	19,26	18,64	18,19	19,22
2	50,0	17,3	16,66	17,26	16,6	16,29	16,9
5	20,0	14,39	13,97	14,6	13,97	13,81	14,0
10	10,0	12,16	11,97	12,55	11,99	11,92	11,91
20	5,0	9,89	9,95	10,41	9,97	9,98	9,87
50	2,0	6,76	7,05	7,17	7,05	7,10	7,02
80	1,25	5,00	5,04	4,76	5,03	5,05	5,07
90	1,11	4,5	4,25	3,74	4,24	4,23	4,28
95	1,05	4,24	3,69	2,99	3,68	3,65	3,72
98	1,02	4,06	3,16	2,23	3,16	3,09	3,16
99	1,01	4,00	2,86	1,76	2,86	2,77	2,83

У наставку су приказани резултати тестирања прилагођавањем теоријских расподела емпиријским.

Табела 10. Резултати тестова сагласности емпиријске и теоријских расподела вероватноћа средњих годишњих протока Расине на ХС Бивоље

	Тестови					
	Pearson 3	Log Pearson 3	Gumbel	Ln Norm, 3	Ln Norm, 2	GEV
	χ^2 тест					
критеријум	7,779	7,779	9,236	9,236	7,779	7,779
резултат	5,455	45,446	5,983	6,747	5,734	5,840
прилагођавање	ДА	НЕ	ДА	ДА	ДА	ДА
	Колмогоров-Смирнов					
критеријум	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149	0,149
резултат	0,056	0,137	0,030	0,093	0,045	0,054
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
	$n\omega^2$					
критеријум	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347
резултат	0,062	0,034	0,097	0,033	0,036	0,031
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА

На основу резултата тестова сагласности усвојена је расподела GEV.

3.5.2 Гагловска и Кобиљска река

За потребе пројекта потребно је дефинисати просечни вишегодишњи проток Гагловске и Кобиљске реке.

Како се на наведеним водотоцима не врше систематска мерења водостаја, просечни вишегодишњи протоци одређени су методом за неизучене сливове.

При дефинисању средњих годишњих протока на неизученим сливовима полази се од једначине биланса годишњег хидролошког циклуса на сливу, према којој је:

$$h_{av} = P - ET_0$$

h_{av} - просечни отицај на сливу

P - све врсте падавина

ET_0 - укупна евапотранспирација на сливу

Код неизучених сливова, у једначини су познате само падавине. Евапотранспирација се у пракси често одређује помоћу емпиријских зависности. Најчешће се користи зависност евапотранспирације од температуре ваздуха и падавина.

Једна од познатих зависности, коју препоручује WMO (1970. године) је модификована метода Лангбајна (документација [5]), која за одређивање евапотранспирације користи просечне вишегодишње падавине у сливу P_{av} и температурни фактор E , претпостављајући да је:

$$\frac{h_{av}}{E} = f\left(\frac{P_{av}}{E}\right)$$

Температурни фактор E одређује се на следећи начин:

$$E = 10^{0,027 \cdot T_{av} + \theta}$$

Дијаграм зависности $\frac{h_{av}}{E} = f\left(\frac{P_{av}}{E}\right)$ Лангбајна конструиран је за $\theta = 0,886$ и приказан у наставку.

На основу вредности $\frac{h_{av}}{E}$, која се одређује са дијаграма, рачуна се просечни слој отицаја h_{av} , модул отицаја $q = 0,3171 \cdot h_{av}$ (l/s/km²) и просечни вишегодишњи проток $Q_{av} = \frac{q \cdot F}{1000}$ (m³/s).

Уколико на ширем подаручју слива постоји изучени профил на коме су познате вредности P_{av} , h_{av} и T_{av} , параметар θ се калибрише, а ако не постоје, онда се користи оригинална Лангбајнова зависност за $\theta = 0,886$.

За разматране сливове извшена је калибрација параметра θ на основу података о протоцима на хидролошкој станици Бивоље на Расини.

За познате вредности T_{av} и P_{av} на сливу, одређена је вредност E , односно $\frac{P_{av}}{E}$ и одговарајућа вредност са дијаграма $\frac{h_{av}}{E}$. На основу познатих протока, одређује се просечни отицај на сливу h_{av} , на основу кога се рачуна $\frac{h_{av}}{E}$. Врши се корекција параметра θ тако да се постигне минимално одступање $\frac{h_{av}}{E} - \frac{h_{av}}{E} \rightarrow 0$.

Табела 11. Тарирање параметра θ на профилу ХС Бивоље на Расини

Профил	F	P_{av}	T_{av}	E	$\frac{P_{av}}{E}$	$\frac{h_{av}}{E}$	h_{av}	q	Q_{av}	θ
	km ²	cm	°C	cm			cm	l/s/km ²	m ³ /s	
Бивоље	958	64,77	11,25	8,22	7,88	3,11	25,35	8,04	7,7	0,611

Усвојена је просечна вредност параметра $\theta = 0,611$.

За усвојену вредност $\theta=0,611$ одређени су просечни вишегодишњи протоци разматраних водотока, који износе:

$$Q_{sr. Kobiljska}=0,369 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_{sr. Gaglovska}=0,309 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3.6 Велике воде

3.6.1 Река Расина

3.6.1.1 Методологија прорачуна

За потребе дефинисања рачунских великих вода на предметној деоници реке Расине примењене су статистичке методе прорачуна. Коришћена је серија максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље. Урађени су прорачуни за два периода, један пре увођења у функцију акумулације Ћелије и други након увођења у функцију акумулације Ћелије.

Разматране су следеће теоријске функције расподеле: Пирсон 3, Лог-Пирсон 3, Гумбелова, логнормална двопараметарска, логнормална тропараметарска и општа расподела екстремних вредности (GEV). Квалитет прилагођавања одређен је применом тестова χ^2 , Колмогоров-Смирнов и $n\omega^2$.

3.6.1.2 Прорачун великих вода реке Расине

У наставку су приказане срачунате основне статистике осмотреног низа максималних годишњих протока: број чланова низа, средња вредност, стандардна девијација и коефицијенти варијације и асиметрије за основни и логаритмовани низ. За основне низове дате су и екстремне вредности максималних годишњих протока.

Табела 12. Основне статистике серија максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље

Статистички показатељ	ознака	вредност
Период 1948-1978.		
број узорака	n	31
максимална вредност	Q_{max}	276
средња вредност	Q_{sr}	140,75
минимална вредност	Q_{min}	14,1
стандардна девијација	σ	69,2
коефицијент варијације	C_v	0,492
коефицијент асиметрије	C_s	0,251
средња вредност ($\log Q$)	$(\log Q)_{sr}$	2,08
коефицијент варијације ($\log Q$)	$C_v(\log Q)$	0,127
коефицијент асиметрије ($\log Q$)	$C_s(\log Q)$	-0,934
Период 1979-12018.		
број узорака	n	39
максимална вредност	Q_{max}	291
средња вредност	Q_{sr}	86,33
минимална вредност	Q_{min}	21,4
стандардна девијација	σ	68,20
коефицијент варијације	C_v	0,790
коефицијент асиметрије	C_s	1,482
средња вредност ($\log Q$)	$(\log Q)_{sr}$	1,82
коефицијент варијације ($\log Q$)	$C_v(\log Q)$	0,169

Статистички показатељ	ознака	вредност
коефицијент асиметрије ($\log Q$)	$C_s(\log Q)$	0,444

Уочава се да низ из периода након увођења у функцију акумулације Ђелије (1979-2018) има значајно мању средњу вредност у односу на низ из периода 1948-1979. година, али већи коефицијент варијације и коефицијент асиметрије. Смањење просечног максималног годишњег протока је последица утицаја акумулације на смањење пика поплавног таласа због акумулисања воде до запремине $27,4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

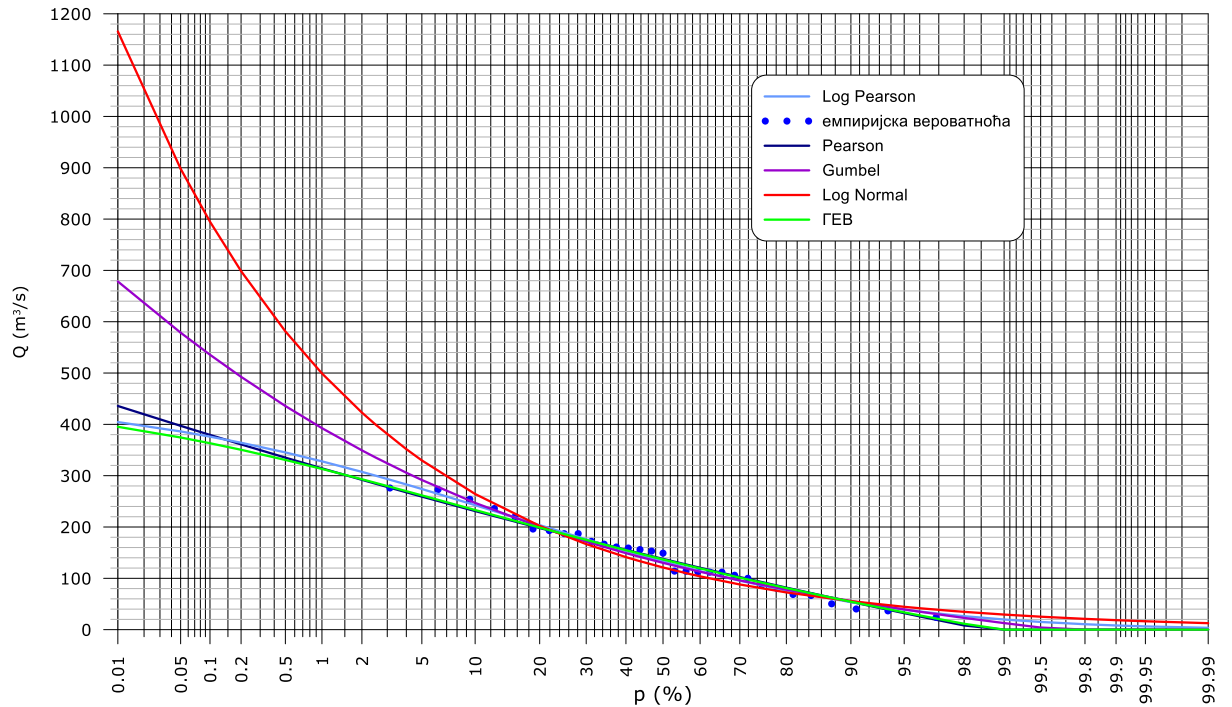
Већи коефицијент варијације и коефицијент асиметрије су последица појаве највећег икада забележеног поплавног таласа 1979. године, као и три велика поплавна таласа из 1980, 1999. и 2005. године, који би били и већи да није било акумулације са једне стране и са друге стране великог броја година са малим протоцима који су последица задржавања већег дела запремине поплавног таласа у акумулацији.

3.6.1.3 Резултати прорачуна великих вода реке Расине

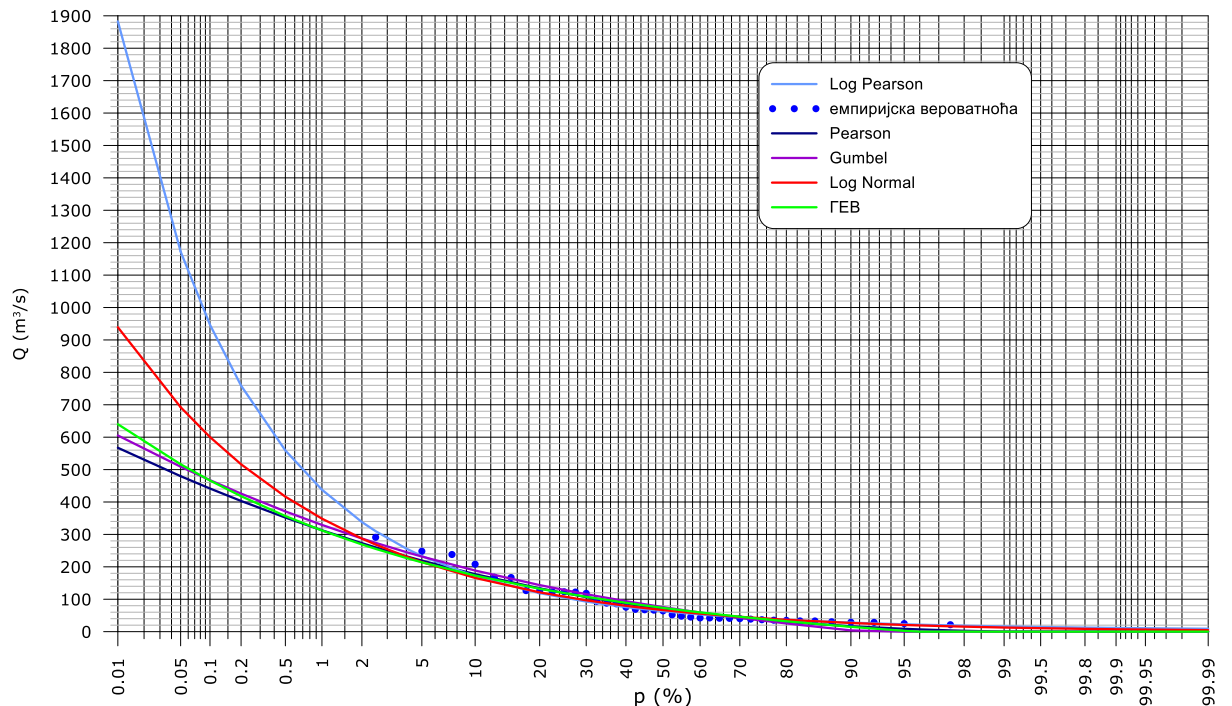
На основу формираних низова максималних годишњих протока за период 1948-1979. и 1979-2018. година, одређене су рачунске вредности прилагођавањем теоријских функција расподеле емпиријским. Добијене рачунске вредности за повратне периоде приказане су нумерички (Табела 13) и графички (Слика 8 и Слика 9).

Табела 13. Рачунске вредности великих вода Расине на профилу ХС Бивоље за изабране повратне периоде

p(%)	T(год)	Pirson 3	LogPirson3	GUMBEL	LN3	LN2	GEV
1948-1979. година							
0,1	1000	379,4	376,1	535,7	662,9	794,9	363,3
1	200	314,3	328,0	392,6	443,8	499,3	313,2
2	50	291,9	307,4	349,3	384,1	422,9	293,0
5	20	259,2	274,0	291,6	308,7	329,7	261,6
10	10	231,0	242,6	247,0	253,8	264,3	233,1
1979-2018. година							
0,1	1000	441,6	946,8	467,4	497,4	600,4	466,3
1	200	312,7	437,9	329,3	314,0	348,6	312,1
2	50	273,0	338,1	287,5	265,9	287,2	269,0
5	20	219,2	233,2	231,7	206,5	214,7	213,9
10	10	177,3	170,3	188,6	164,3	165,8	173,1



Слика 8. Рачунске вредности максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље, за период 1948-1978. година



Слика 9. Рачунске вредности максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље, за период 1979-2018. година

Тестови сагласности упоређују срачунату статистику за сваку функцију расподеле са критичном вредношћу за задати праг значајности α . Уколико је за одређену функцију расподеле срачуната статистика мања од критичне вредности, она се може прихватити односно сматра се да је теоријска функција расподеле сагласна са емпиријском. Резултати тестова приказани су у наставку (Табела 14).

Табела 14. Резултати тестова сагласности емпиријске и теоријских расподела вероватноћа

	Тестови					
	Pearson 3	Log Pearson 3	Gumbel	Ln Norm, 3	Ln Norm, 2	GEV
Период 1948-1978						
χ^2 тест						
критеријум	7,779	7,779	9,236	9,236	7,779	7,779
резултат	5,455	45,446	5,983	6,747	5,734	5,84
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Колмогоров - Смирнов						
критеријум	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
резултат	0,054	0,044	0,088	0,181	0,118	0,058
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
$n\omega^2$						
критеријум	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347
резултат	0,062	0,034	0,097	0,033	0,036	0,031
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА
Период 1979-2018						
χ^2 тест						
критеријум	7,779	7,779	9,236	9,236	7,779	7,779
резултат	13,321	14,161	20,104	20,34	8,969	16,158
прилагођавање	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
Колмогоров-Смирнов						
критеријум	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191
резултат	0,136	0,116	0,182	0,212	0,067	0,138
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	НЕ	ДА	ДА
$n\omega^2$						
критеријум	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347
резултат	0,170	0,102	0,272	0,175	0,137	0,213
прилагођавање	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА

На основу тестова сагласности између емпиријске и теоријске расподеле вероватноћа и на основу визуелне провере (Слика 8 и Слика 9), за период 1948-1978. година усвојена је Гумбелова расподела, а за период 1979-2018. година Логнормална двопараметарска.

Резултати статистичког прорачуна великих вода Расине на ХС Бивоље за усвојене повратне периоде, приказани су у наставку (Табела 15).

Табела 15. Рачунских вредности великих вода Расине на ХС Бивоље

p (%)	T (год)	Период 1948-1978		Период 1979-2018	
		$Q_{\max,p}$ (m ³ /s)		$Q_{\max,p}$ (m ³ /s)	
1	100	392,6		348,6	
2	50	349,3		287,2	
5	20	291,6		214,7	
10	10	247,0		165,8	

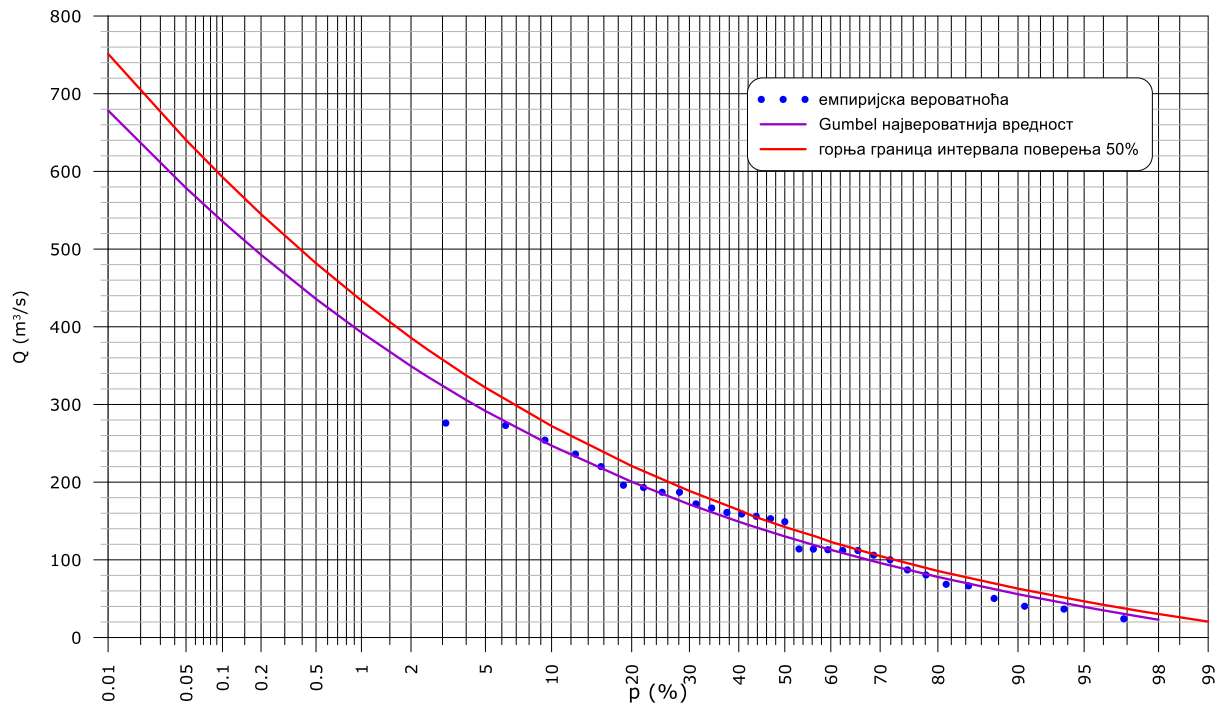
3.6.1.4 Предлог меродавних протока за димензионисање објеката за одбрану од великих вода реке Расине на деоници од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200)

Респектујући чињеницу да је акумулација Ђелије грађена са основном наменом заштите акумулације Ђердап од засипања, прелаже се да се као меродавне усвоје рачунске велике воде одређене за период пре изградње акумулације, односно

рачунсте без утицаја акумулације на смањење пика поплавног таласа. С обзиром на чињеницу да анализирани период не обухвата два највећа поплавна таласа који су се догодила у периоду након увођења у функцију акумулације Ђелије, предлаже се да се као меродавне усвоје рачунске вредности са горње границе 50% интервала поверења (Слика 10), нумерички дате у наставку (Табела 16).

Табела 16. Препоручене меродавне вредности протока великих вода

p (%)	T (год)	$Q_{\max, p, IP = 50\%}$ (m^3/s)
1	100	435
2	50	390
5	20	325
10	10	285



Слика 10. Рачунске вредности великих вода Расине без утицаја акумулације Ђелије за усвојену теоријску расподелу

Напомиње се да коначне меродавне вредности великих вода за димензионисање објеката за заштиту од великих вода Расине на деоници од железничког моста на прузи Сталаћ – Краљево (km 5+525) до ушћа Модричке реке (km 13+200) даје РХМЗ Србије у оквиру обједињене процедуре.

3.6.2 Гагловска и Кобиљска река

Рачунске вредности великих вода на разматраним профилима одређене су применом методе која се заснива на комбинацији синтетичког јединичног хидрограма за детерминисање вршне ординате јединичног отицаја, као и на SCS методи за раздвајање ефективних падавина (директни отицај P_{ef}), од укупних (брutto падавине P_{br}).

3.6.2.1 Приказ методе синтетичког јединичног хидрограма

Максимална ордината синтетичког јединичног хидрограма одређује се према релацији:

$$q_{\max} = \frac{0,56 \cdot F}{(1+k) \cdot (t_p + 0,5 t_k)} \quad (\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{mm})$$

где су:

F - површина слива (km^2)

k - однос времена опадања и времена подизања хидрограма

t_p - „време закашњења“ слива (час)

Време кашњења слива t_p , одређује се из регионалне зависности:

$$t_p = a \cdot t_k + t_0 \quad (\text{час})$$

где су сва времена изражена у часовима. Сматра се да параметар a зависи од површине слива, а параметар t_0 од физичких карактеристика слива, као нпр. у следећој емпиријској зависности:

$$t_0 = 1,06 \cdot \left(\frac{L}{I_{ur}}\right)^{0,47} \quad (\text{час})$$

где је L највећа дужина тока (у km) а I_{ur} уравни пад тока (у процентима).

Максимална ордината хидрограма великих вода вероватноће појаве p (%) одређује се према релацији:

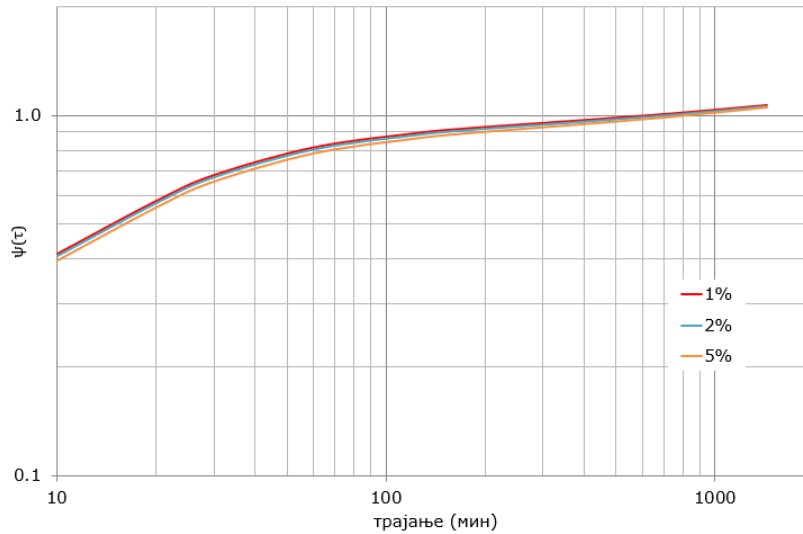
$$Q_{\max, p(\%)} = P_{ef, p(\%)} \cdot q_{\max} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

где су:

P_{ef} - ефективне падавине меродавног трајања кише t_k (mm)

Основне топографско-морфолошке карактеристике слива до профила прелаза гасовода одређене су са топографских карата размере 1:25000.

Како се ради о малим сливовима, меродавне су бруто кише краћег трајања од једног дана. Ове кише су одређене коришћењем редукционих кривих киша јаког интензитета са главне метеоролошке станице Крушевац ($\varphi=43,57^\circ$; $\lambda=21,35^\circ$; $h=166$ mnm) преузете из документације [8]. Редукционе криве јаких киша формиране су према зависности $\Psi_p^{(\tau)} = \frac{P_{\max, p(\tau)}}{P_{\max, dn, p}}$, уз напомену да је формирање редукционих кривих извршено на основу података из периода 1949-2008. година и за ординате краткотрајних падавина и за максималне дневне падавине, и приказане графички за вероватноће појаве 1%, 2% и 5% у наставку (Слика 11).



Слика 11. Редукционе криве за ГМС Крушевац

Како је разлика између редукционих кривих за различите вероватноће појаве незнатна, прорачун теоријских вредности великих вода за све вероватноће појаве извршен је на основу редукционе криве за 100-годишњи повратни период.

Табела 17. Редукциона крива јаких киша трајања краћег од 1 дана за кишу вероватноће појаве 1%

τ (мин)	10	20	30	60	120	180	360	720	1440
Ψ (τ)	0,414	0,609	0,716	0,788	0,814	0,821	0,888	0,925	1,079

Максимална висина кише кратког трајања одређена је за сваки интервал времена τ и вероватноћу појаве p према изразу:

$$P_{t,p} = P_{\max, dn, p} \cdot \Psi(t)$$

где $P_{\max, dn, p}$ представља максималну дневну кишу вероватноће појаве p на посматраном сливном подручју за укупан период обраде, док је $\Psi(t)$ ордината редукционе криве јаких киша.

Рачунске вредности максималних дневних висина падавина $P_{\max, dn, p}$ одређене су прилагођавањем теоријских функција расподеле: Пирсон 3, Лог-Пирсон 3, Гумбелова, логнормална двопараметарска, логнормална тропараметарска и општа расподела екстремних вредности (GEV). Квалитет прилагођавања проверен је применом тестова χ^2 , Колмогоров-Сморнов и $n\omega^2$.

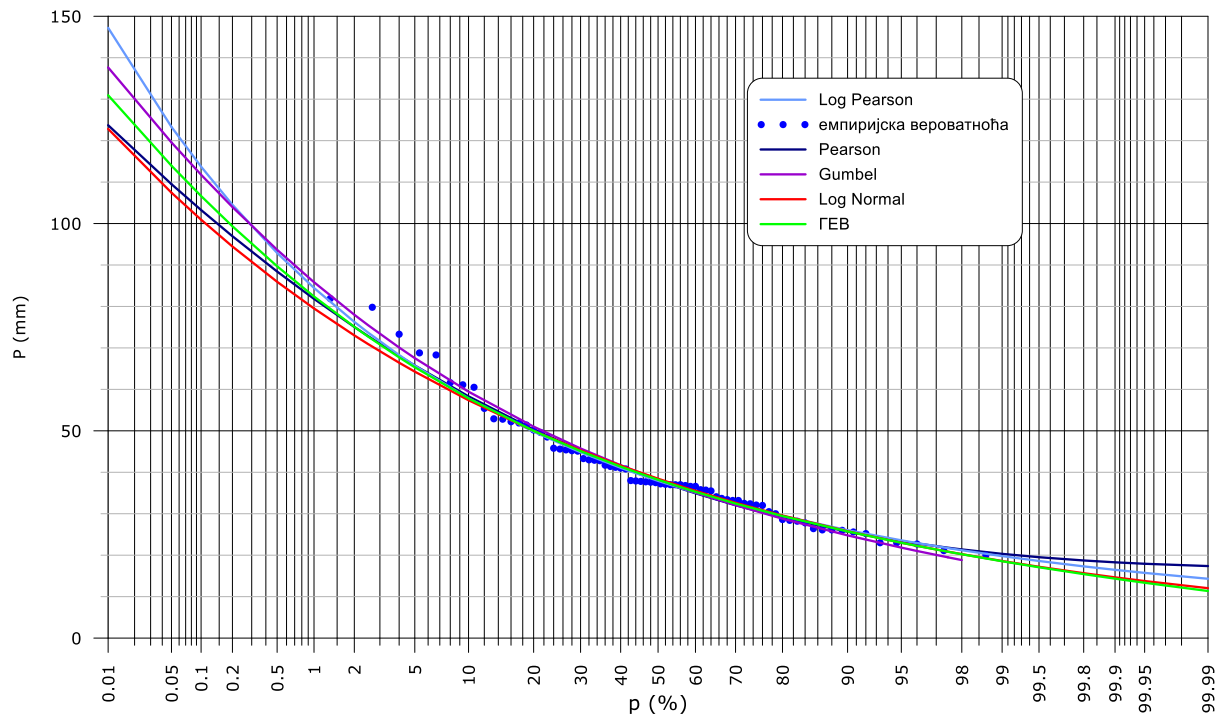
У наставку су (Табела 18) приказане срачунате основне статистике осмотреног низа максималних годишњих дневних сума падавина: број чланова низа, средња вредност, стандардна девијација и коефицијенти варијације и асиметрије за основни и логаритмовани низ. За основне низове дате су и екстремне вредности максималних годишњих дневних сума падавина.

Табела 18. Основне статистике серија максималних годишњих протока Расине на ХС Бивоље

Статистички показатељ	ознака	вредност
број узорака	n	74
максимална вредност	P_{\max}	81,9
средња вредност	P_{sr}	40,4
минимална вредност	P_{\min}	20,0

Статистички показатељ	ознака	вредност
стандардна девијација	σ	13,36
коэффициент варијације	C_v	0,492
коэффициент асиметрије	C_s	0,251
средња вредност ($\log Q$)	$(\log P)_{sr}$	2,08
коэффициент варијације ($\log Q$)	$C_v(\log P)$	0,127
коэффициент асиметрије ($\log Q$)	$C_s(\log P)$	-0,934

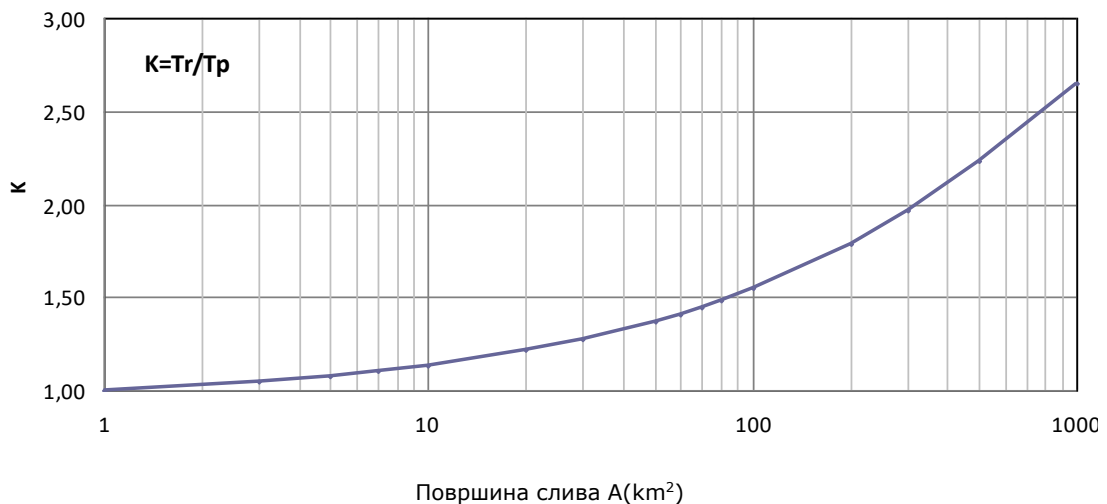
Рачунске вредности максималних годишњих дневних сума падавина добијене на основу низа максималних годишњих дневних сума падавина на ГМС Крушевац из периода 1945-2018. година приказане су у наставку (Слика 12).



Слика 12. Теоријске и емпиријска расподела максималних годишњих дневних сума падавина

На основу резултата тестирања прилагођавањем теоријских расподела емпиријској и визуелне оцене, усвојена је Гумбелова расподела.

На основу површине слива до разматраног профила срачунато је t_p - „време закашњења“ слива. Коэффициент k је одређен коришћењем регионалне зависности $k=f(A)$, успостављене на основу регистрованих хидрограма у сливу Велике Мораве.



Слика 13. Зависност коефицијента k од површине слива

Меродавно трајање кише за које се добија максимална ордината јединичног хидрограма, односно максимални проток велике воде одређеног повратног периода, одређено је оптимизацијом.

3.6.2.2 Приказ SCS поступка за раздвајање ефективних падавина од укупних падавина

Ефективне падавине (P_e) на сливовима водотока до профила прелаза гасовода одређене су коришћењем формула SCS методе. Америчка агенција за заштиту земљишта (Soil Conservation Service - SCS, данас National Resource Conservation Service - NRCS) развила је метод за прорачун функције губитака кише. Основна поставка SCS методе за губитке кише је да је висина ефективне кише P_e увек мања или једнака укупној висини кише P , а да је вода упијена у земљиште након почетка отицаја I_a увек мања или једнака максималном капацитету тла S . Количина воде коју земља упије пре него што почне отицај назива се почетним губитком I_a , тако да је максимална „потенцијална“ ефективна киша $P - I_a$. Претпоставка SCS методе је да је однос стварне и потенцијалне ефективне кише и стварних и потенцијалних губитака $\frac{P_e}{P - I_a} = \frac{I}{S}$, при чему је $P = P_e + I_a + I$, односно $P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$. Проучавањем великог броја експерименталних сливова, у SCS су дошли до везе између почетног и максималног капацитета земљишта $I_a = 0,2 \cdot S$, па ефективне падавине износе:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)}$$

Уместо капацитета земљишта S , уводи се тзв. број криве отицаја CN као параметар у горњој једначини. Број CN је без димензије и вредности му се крећу између 1 и 100, а његова веза са S (mm) је дата изразом:

$$S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

где се S добија у милиметрима.

Одређивање хијетограма ефективне кише овде се обавља посредно, преко сумарне линије кише. За сваки временски интервал, ордината сумарне линије ефективне кише $P_e(t)$ добија се према датој једначини на основу ординате сумарне линије пале кише $P(t)$ за задат CN. При томе треба водити рачуна да укупна висина кише мора бити већа од почетних губитака, јер се не може изгубити више кише него што је пало. Дакле:

$$P_e = \begin{cases} \frac{(P(t)-0,2 \cdot S)^2}{(P(t)+0,8 \cdot S)}, & P > 0,2 \cdot S \\ 0, & P \leq 0,2 \cdot S \end{cases}$$

Вредност криве отицаја CN заснива се на хидролошкој класи земљишта, начину коришћења земљишта, начину обраде и претходним условима отицања.

Према SCS, земљишта су подељена у четири хидролошке класе у зависности од потенцијалних услова отицања. Четири хидролошке класе земљишта су означене као А, Б, Ц и Д, где класа А има најмањи потенцијал отицања, а класа Д највећи. Критеријуми за класификацију земљишта у хидролошке класе укључују минимални износ инфилтрације, дубину до водонепропусног слоја, нивоа подземних вода итд. У пракси се најчешће одређује на основу педолошког састава земљишта. На разматраним подручјима присутно је само земљиште хидролошке класе Б.

Број криве отицаја CN се одређује прво дефинисањем свих комбинација хидролошке класе земљишта и начина коришћења у целом сливном подручју, а потом се пондерисањем добија средња вредност за слив. Вредности броја CN за различите услове се могу наћи у литератури [12].

Табела 19. Начин коришћења земљишта и типови земљишта на разматраном сливном подручју

Начин коришћења земљишта	Учешће за различите типове земљишта (%)			
	Гагловска река		Кобиљска река	
	F (km)	CN _{II}	F (km)	CN _{II}
Нецеловита урбана подручја	0,97	1,99	1,01	1,74
Индустријске или комерцијалне јединице	0,08	0,18	0,31	0,56
Ненаводњавано обрадиво земљиште	2,51	4,9	5,21	8,5
Пашњаци	0,04	0,08	0,00	0,00
Комплекс култивисаних парцела	8,92	16,95	10,64	16,91
Претежно пољ. земљ. са већим подручјима прир. вегетац.	9,70	18,94	18,18	29,69
Широколисне шуме	15,97	26,2	10,36	14,21
Природни травнати предели	0,02	0,04	0,00	0,00
Прелазно подручје шуме, жбуње и макија	0,19	0,3	0,22	0,29
Укупно:	38,40	70	45,93	72
Надпросечни услови претходне влажности терена CN _{III}	84		85	

Да би се обухватили неповољнији услови који најчешће владају при екстремним појавама великих вода (када се инфилтрационо-ретенциони капацитет слива сведе на минимум услед нпр. сатурације земљишта водом), у пракси се рачуна број CN за тзв. надпросечне услове отицаја (CN_{III}).

Земљишта која су заступљена на сливним подручјима су класификована у хидролошке групе према педолошким карактеристикама. Фактори који одређују хидролошки земљишно-биљни комплекс на изучаваном сливу су коришћење и начин обраде земљишта, или биљни покривач документација [13] и тип земљишта, документација [3].

3.6.2.3 Прорачун великих вода за Гагловску и Кобиљску реку

За карактеристике слива приказане у наставку (Табела 20) и рачунске падавине (Табела 21) и усвојене вредности броја криве отицаја CN (за натпросечне услове

отицања у сливовима Гагловске и Кобиљске реке) $CN_{III\text{ Gaglovska}}=84$ и $CN_{III\text{ Kobiljska}}=85$, добијени су елементи синтетичког јединичног хидрограма (Табела 22) и елементи рачунског хидрограма великих вода (Табела 23).

Табела 20. Топографско-морфолошке карактеристике слива

Слив	Површина слива (km ²)	Дужина тока (km)	Уравнати пад тока (%)
Гагловска река	38,398	11,291	0,7235
Кобиљска река	45,929	13,857	0,8702

Табела 21. Рачунске вредности максималних дневних падавина (mm)

p(%)	T(год)	Pirson 3	LogPirson3	GUMBEL	LN3	LN2	GEV
1	100	81,8	84,5	85,8	76,2	79,5	82,4
2	50	75,1	76,3	78	70,8	73	75,1
5	20	65,8	65,7	67,5	63,3	64,3	65,3

Табела 22. Елементи јединичног хидрограма великих вода за различите вероватноће појаве

Параметри јединичних хидрограма	Вероватноћа појаве (%)			
	1	2	5	10
Кобиљска река				
t_k - трајање кише (h)	0,833	0,833	0,667	0,833
t_p - време закашњења слива (h)	4,194	4,194	4,359	4,194
T_p - време подизања хидрограма (h)	4,611	4,611	4,693	4,611
k - однос времена опадања и подизања хидрограма	1,351	1,351	1,351	1,351
T_6 - временска база хидрограма (h)	10,842	10,842	11,035	10,842
CN	85			
Гагловска река				
t_k - трајање кише (h)	0,833	0,833	0,667	0,833
t_p - време закашњења слива (h)	4,145	4,145	4,323	4,145
T_p - време подизања хидрограма (h)	4,562	4,562	4,656	4,562
k - однос времена опадања и подизања хидрограма	1,315	1,315	1,315	1,315
T_6 - временска база хидрограма (h)	10,561	10,561	10,78	10,561
CN	84			

Табела 23. Максимални проток, отицај и запремина таласа великих вода за карактеристичне вероватноће појаве

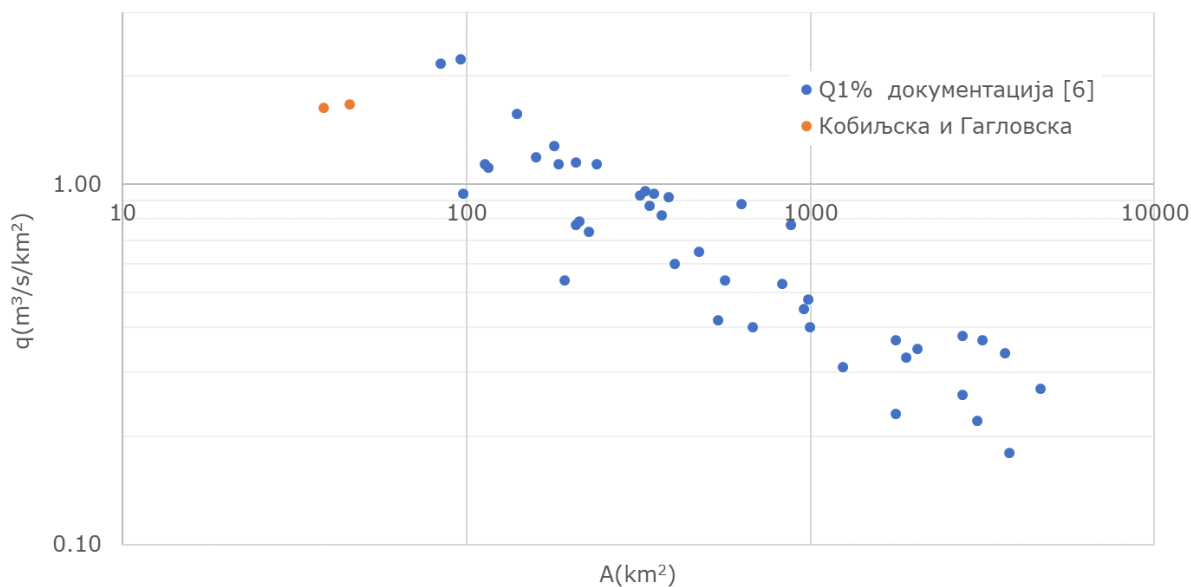
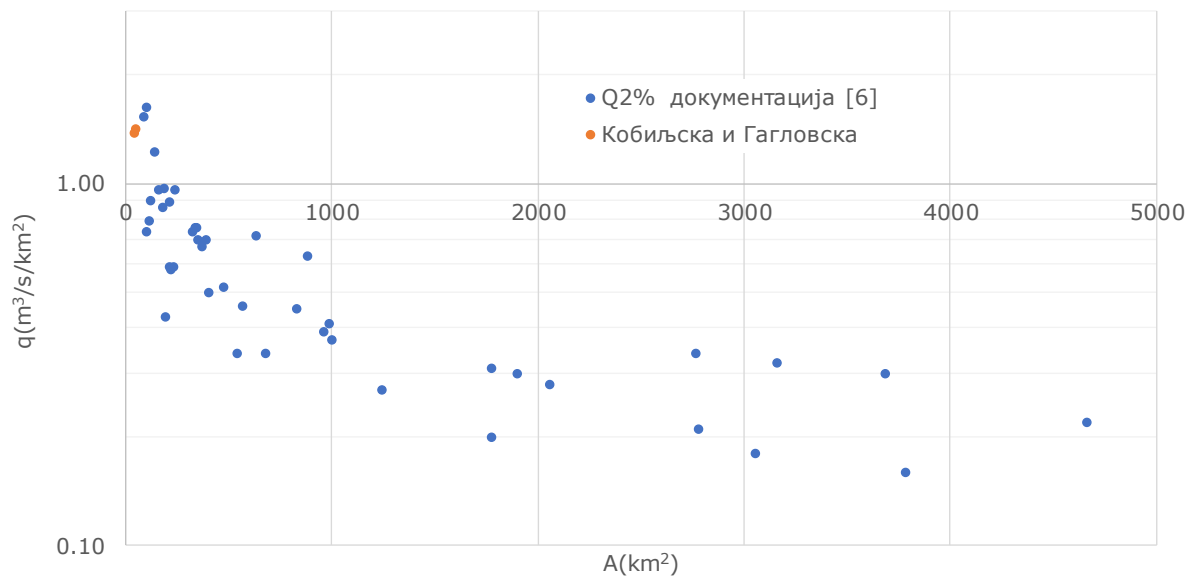
Елементи хидрограма великих вода	Вероватноће појаве p (%)			
	1	2	5	10
Кобиљска река				
Q (m ³ /s)	76,8	65,33	47,8	39,93
q (m ³ /s/km ²)	1,67	1,42	1,04	0,87
V (10 ⁶ m ³)	1,5	1,28	0,95	0,78
Гагловска река				
Q (m ³ /s)	62,57	52,98	38,3	31,87
q (m ³ /s/km ²)	1,63	1,38	1	0,83
V (10 ⁶ m ³)	1,19	1,01	0,74	0,61

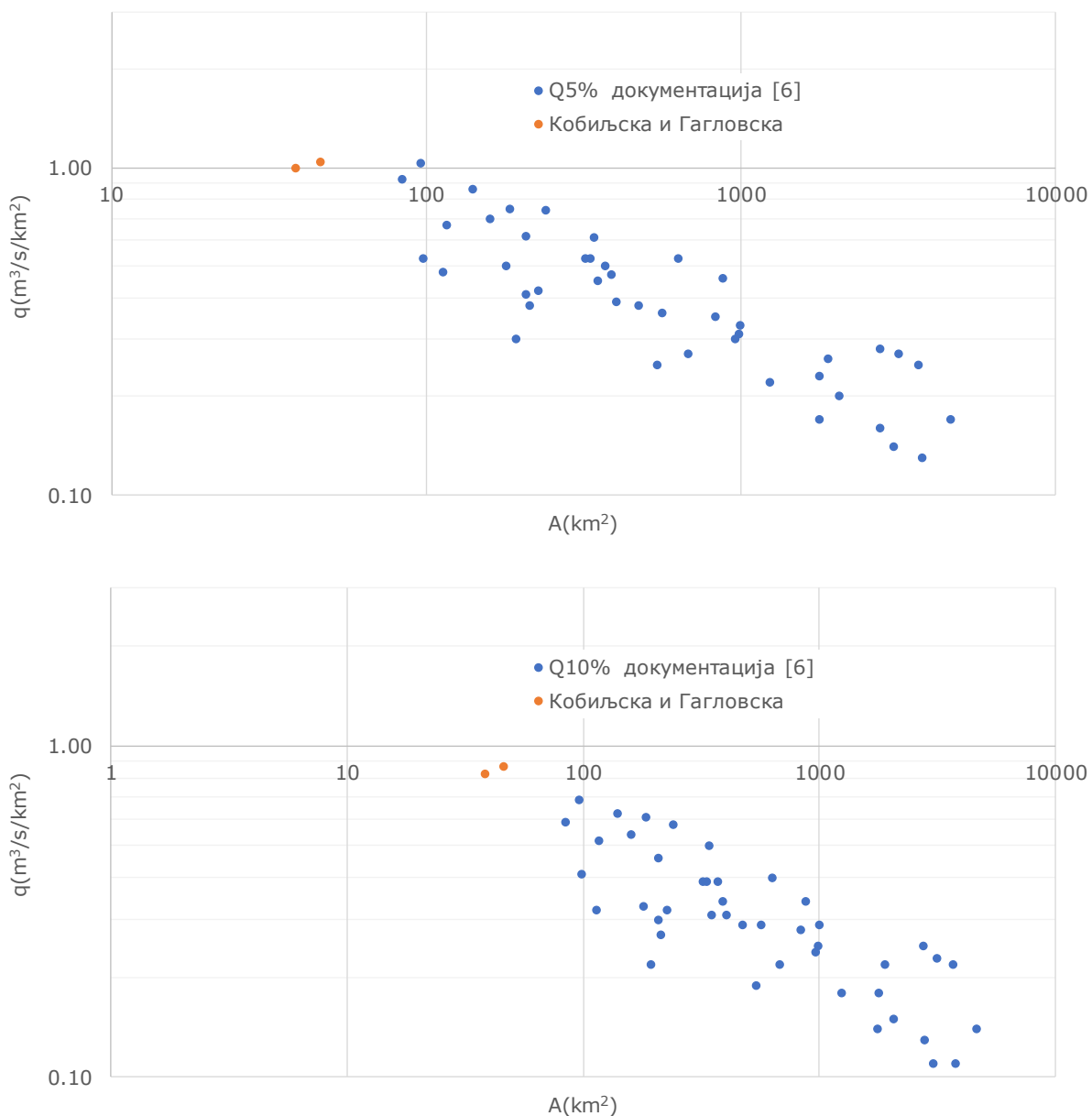
3.6.3 Поређење рачунских вредности отицаја великих вода са резултатима из документације [6]

Поређење вредности специфичних отицаја великих вода у функцији површине слива за различите повратне периоде са кореспондентним вредностима на хидролошким станицама на територији републике Србије из документације је извршено је графички

(Слика 14). Напомиње се да је у оквиру документације [6] најмања површина слива хидролошке станице била око 85 km^2 .

Види се да су добијене рачунске вредности специфичног отицаја великих вода у нивоу водотока у Србији.





Слика 14. Специфични отицај великих вода

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хидролошки годишњаци, РХМЗ
- [2] Метеоролошки годишњаци, РХМЗ
- [3] Педолошка карта Републике Србије размере 1:50.000, Институт за педологију и агрохемију Београд-Топчидер, 1963.
- [4] Прохаска С. Хидрологија I, 2001.
- [5] Прохаска С. Хидрологија II, 2006.
- [6] Водопривредна основа Републике Србије, Хидрометеоролошке подлоге, Институт за водопривреду Јарослав Черни и Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2009.
- [7] Главни пројекат регулације реке Расине од моста до гробља у Мудраковцу, Шумадијапројект - Предузеће за грађевинатство, трговину и услуге Д.О.О. Параћин, 2011.
- [8] Интензитети јаких киша у Србији, Прохаска С., Бартош Дивац В., Институт за водопривреду Јарослав Черни, 2014.
- [9] МХЕ „Ђелије“, Идејни пројекат, Хидролошка студија, Институт за водопривреду Јарослав Черни, 2017.
- [10] Хидролошко-хидрауличка студија великих вода реке Расине у Крушевцу, Институт за водопривреду Јарослав Черни, 2017.
- [11] Оперативни план за одбрану од поплава од спољних и унутрашњих вода и леда, 2020.
- [12] National Resource Conservation Service, National Engineering Handbook (2009), Part 630 Hydrology. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- [13] Bossard M. et al, 2018: CORINE Land Cover Technical Guide - Addendum 2000. European Environment Agency, Copenhagen