



ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ



РЕКОНСТРУКЦИЈА И ДОГРАДЊА БРАНЕ РАДОИЊА У ЦИЉУ  
ЗАШТИТЕ ОД ЕФЕКТА УСПОРА У АКУМУЛАЦИЈИ КЛАК У  
ФУНКЦИЈИ СИСТЕМА РХЕ БИСТРИЦА

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ

ИДР – ПД -1 – ХИДРОЛОШКАА СТУДИЈА

Београд, април 2026.

24024\_14-ИДР-ПД-1



---

## ОПШТА ДОКУМЕНТАЦИЈА

---

**ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ И ДОГРАДЊЕ БРАНЕ РАДОИЊА У  
ЦИЉУ ЗАШТИТЕ ОД ЕФЕКТА УСПОРА У АКУМУЛАЦИЈИ КЛАК У  
ФУНКЦИЈИ СИСТЕМА РХЕ БИСТРИЦА**

**1.1. НАСЛОВНА СТРАНА**

**ИДП-ПД-1 – Хидролошка студија**

Инвеститор: Електропривреда Србије АД, Балканска 13, Београд

Објекат: Реконструкција и доградња бране Радоиња у циљу заштите од ефекта успора у акумулацији Клак у функцији система РХЕ Бистрица  
**Општина Нова Варош - Катастарска општина**

Врста радова: Нова градња

Израђивач: Енергопројект – Хидроинжењеринг а.д., Булевар Михајла Пупина 12, Београд, Велика лиценца број: 003661517 2025 14810 005 000 000 001, до 16.9.2027.

Одговорно лице израђивача: Жарко Мркић, дипл.инж.грађ.  
Директор

Потпис: \_\_\_\_\_

Овлашћено лице: Иван Радишић, маст.инж.грађ.

Број лиценце:

Потпис: \_\_\_\_\_

Број елабората: 22006\_14-ИДР-ПД-1

Место и датум: Београд, април 2026.

**1.2. САДРЖАЈ**

1.1.	Насловна страна
1.2.	Садржај
1.3.	Решење о именовању овлашћеног лица
1.4.	Изјава овлашћеног лица
1.4.а	Легенда пројекта
1.4.б	Сагласност стручног савета
1.5.	Текстуална документација
1.6.	Нумеричка документација
1.7.	Графичка документација

### 1.3. РЕШЕЊЕ О ИМЕНОВАЊУ ОВЛАШЋЕНОГ ЛИЦА

На основу члана 32. Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката, као:

#### О В Л А Ш Ћ Е Н О   Л И Ц Е

за израду ИДР-ПД-1 – Хидролошке студије за реконструкцију и доградњу бране Радоиња у циљу заштите од ефекта успора у акумулацији Клак у функцији система РХЕ Бистрица,

**Општина Нова Варош - Катастарска општина**

одређује се:

Иван Радишић, маст.инж.грађ.

Лиценца бр. **A10 И 0012920**

Израђивач: Енергопројект – Хидроинжењеринг а.д., Булевар Михајла Пупина 12, Београд, Велика лиценца број: 003661517 2025 14810 005 000 000 001, до 16.9.2027.

Одговорно лице: Жарко Мркић, дипл. инж. грађ.  
Директор

Потпис:

---

Број елабората/студије: 22006\_14-ИДП-ПД-1

Место и датум: Београд, април 2026.

#### 1.4. ИЗЈАВА ОВЛАШЋЕНОГ ЛИЦА

Као овлашћено лице које је израдило ИДП-ПД-1 – Хидролошку студију, за реконструкцију и доградњу бране Радоиња у циљу заштите од ефекта успора у акумулацији Клак у функцији система РХЕ Бистрица,

Општина Нова Варош - Катастарска општина

Иван Радишић, маст.инж.геол., број лиценце A10 И 0012920

#### ИЗЈАВЉУЈЕМ

1. да је елаборат израђен у свему у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима и правилима струке.
2. да су при изради елабората поштоване све прописане и утврђене мере и препоруке за испуњење основних захтева за објекте и да је извештај израђен у складу са мерама и препорукама којима се доказује испуњеност основних захтева.

Овлашћена лица: Иван Радишић, маст.инж.грађ.

Број лиценце:

Потпис:

Број елабората: 22006\_14-ИДП-ПД-1

Место и датум: Београд, април 2026.

**1.4.a. Легенда пројекта**

Пројектна документација:

**Идејно решење реконструкције и доградње бране Радоиња у циљу заштите од ефекта успора у акумулацији Клак у функцији система РХЕ Бистрица**

**ИДП-ПД-1 – Хидролошка студија**

израђена је у ЕНЕРГОПРОЈЕКТ-ХИДРОИНЖЕЊЕРИНГ-у, акционарском друштву за пројектовање, консалтинг и инжењеринг хидроенергетских, водопривредних и инфраструктурних објеката и система, у складу Уговором бр 22006-201 закљученом између Наручиоца а.д. Електропривреда Србије, Балканска 13, Београд и Пружаоца услуга Енергопројект-Хидроинжењеринг а.д., Београд, Булевар Михајла Пупина 12, 11070 Нови Београд.

Главни пројектант:

Одговорни пројектанти:

Иван Радишић, маст.инж.грађ.

Пројектанти сарадници:

Вршиоци унутрашње контроле:

**1.4.6. Сагласност стручног савета**

На својој **71. седници** одржаној дана **19.11.2025. године**. Стручни савет Енергопројект-Хидроинжењеринг а.д. разматрао је и усвојио пројектну документацију:

**Идејно решење реконструкције и доградње бране Радоиња у циљу заштите од ефекта успора у акумулацији Клак у функцији система РХЕ Бистрица**

**ИДР-ПД-1 – Хидролошка студија**

На основу ове сагласности, предметна пројектна документација се може испоручити Наручиоцу.

**ПРЕДСЕДАВАЈУЋИ  
СТРУЧНОГ САВЕТА**

---

Др Владимир Беличевић,  
дипл.инж.геол.





---

## ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

---

**САДРЖАЈ**

<b>1</b>	<b>УВОД.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ОСНОВНЕ КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ .....</b>	<b>6</b>
2.1	Максималне падавине трајања 24h .....	6
<b>3</b>	<b>ХЕ УВАЦ, ХЕ КОКИН БРОД, ХЕ БИСТРИЦА .....</b>	<b>8</b>
3.1	Основне физичко-географске карактеристике анализираног слива реке Увац.....	8
3.2	Изученост слива, расположива документација и општи подаци о бранама, акумулацијама и хидроелектранама.....	11
3.3	Анализа средњих вода .....	12
3.3.1	Методологија прорачуна природних протицаја .....	13
3.3.2	Резултати прорачуна и њихова анализа .....	15
3.4	Велике воде .....	30
3.4.1	Природан режим вода .....	30
3.4.2	Постојећи, актуелан режим вода.....	39
3.5	Мале воде.....	40
3.5.1	Природан режим вода .....	40
<b>4</b>	<b>МПФ НА ПРОФИЛУ БРАНЕ РАДОИЊА НА РЕЦИ УВАЦ .....</b>	<b>42</b>
4.1	Анализа вероватно максималних падавина-ВМП (ВМВВ).....	42
4.2	Вероватно максималне велике воде-ВМВВ (МПФ).....	44
<b>5</b>	<b>ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>46</b>

## СПИСАК СЛИКА

Слика 1.1: Шематска карта предвиђеног водопривредног система Лимских хидроелектрана .....	5
Слика 3.1: Слив реке Увац са локацијама брана, кишомernih и водомерних станица .....	10
Слика 3.2: Модулна крива одступања средњих годишњих природних протицаја, профил Радоиња у периоду 1946-2025. год. ....	27
Слика 3.3: Крива трајања природних дневних протицаја у профилу бране Радоиња, период 1946-2025. год. природно стање .....	28
Слика 3.4: Дијаграм вероватноће појаве природних средњих годишњих протицаја, профил бране Радоиња, период 1946-2025. год. ....	29
Слика 3.5: Крива трајања средњих дневних регулисаних протицаја кроз турбине у ХЕ Бистрица, период 1967-2025. год. ....	30
Слика 3.6: Корелација максималних годишњих апсолутних дневних и средњих дневних протицаја, профил Увац .....	33
Слика 3.7: Вероватноћа појаве апсолутних (тренутних) максималних протицаја, профил брана Увац, природно стање, период 1967-2025. год. ....	33
Слика 3.8: Хидрограми великих вода – брана Увац .....	36
Слика 3.9: Хидрограми великих вода – брана Кокин Брод .....	37
Слика 3.10: Хидрограми великих вода – брана Радоиња .....	38
Слика 3.11: Вероватноћа појаве минималних средњих месечних протицаја, профил Радоиња, природно стање, период 1946-2025. год. ....	41
Слика 4.1: Ктах као функција трајања кише и средње вредности серије максималних падавина (VMO, 2009.) .....	43
Слика 4.2: Хидрограм ВМВВ .....	44

**СПИСАК ТАБЕЛА**

Табела 2.1:	Вероватноћа појаве максималних дневних падавина .....	6
Табела 2.2:	Максималне падавине кратких трајања .....	6
Табела 3.1:	Основни подаци о постројењима из система Увачких хидроелектрана .....	11
Табела 3.2:	Средњи месечни и годишњи природни протицаји на профилу бране Увац за период 1946-2025. год. ....	15
Табела 3.3:	Средњи месечни и годишњи регулисани протицаји на профилу бране Увац за период 1979-2025. год. ....	17
Табела 3.4:	Средњи месечни и годишњи природни протицаји на профилу бране Кокин Брод за период 1946-2025. год. ....	19
Табела 3.5:	Средњи месечни и годишњи регулисани протицаји на профилу бране Кокин Брод за период 1967-2025. год. ....	21
Табела 3.6:	Средњи месечни и годишњи природни протицаји на профилу бране Радоиња за период 1946-2025. год. ....	23
Табела 3.7:	Средњи месечни и годишњи регулисани протицаји на профилу бране Радоиња за период 1967-2025. год. ....	25
Табела 3.8:	Табеларна крива трајања природних средњих дневних протицаја у профилу бране Радоиња, период 1946-2025. год. природно стање .....	28
Табела 3.9:	Вероватноћа појаве природних средњих годишњих протицаја на профилу бране Радоиња за период 1946-2025. год. ....	28
Табела 3.10:	Табеларна крива трајања средњих дневних регулисаних протицаја кроз турбине у ХЕ Бистрица, период 1967-2025. год. ....	30
Табела 3.11:	Временске епизоде максималних средњих дневних протицаја у профилима брана Кокин Брод (1967-1978. год.) и Увац (1979-2025. год.) .....	31
Табела 3.12:	Вероватноћа појаве апсолутних максималних годишњих протицаја на профилу бране Увац, природно стање, период 1967-2025. год. ....	34
Табела 3.13:	Вероватноћа појаве апсолутних максималних годишњих протицаја на профилима брана Кокин Брод и Радоиња, природно стање, период 1967-2025. год. ....	34
Табела 3.14:	Велике воде карактеристичних повратних периода – метода сложеног јединичног хидрограма .....	35
Табела 3.15:	Усвојене-меродавне велике воде у профилима брана Увац, Кокин Брод, Радоиња, природан режим .....	35
Табела 3.16:	Систематизовани подаци о испуштеним водама у реку Увац низводно од бране Радоиња у периоду од 1967-2025. год. ....	39
Табела 3.17:	Обезбеђеност минималних средњих месечних протицаја на профилу Радоиња – природно стање, период 1946-2025. год. ....	41
Табела 4.1:	Максималне падавине краћих трајања од 24 сата за ВМП. ....	43

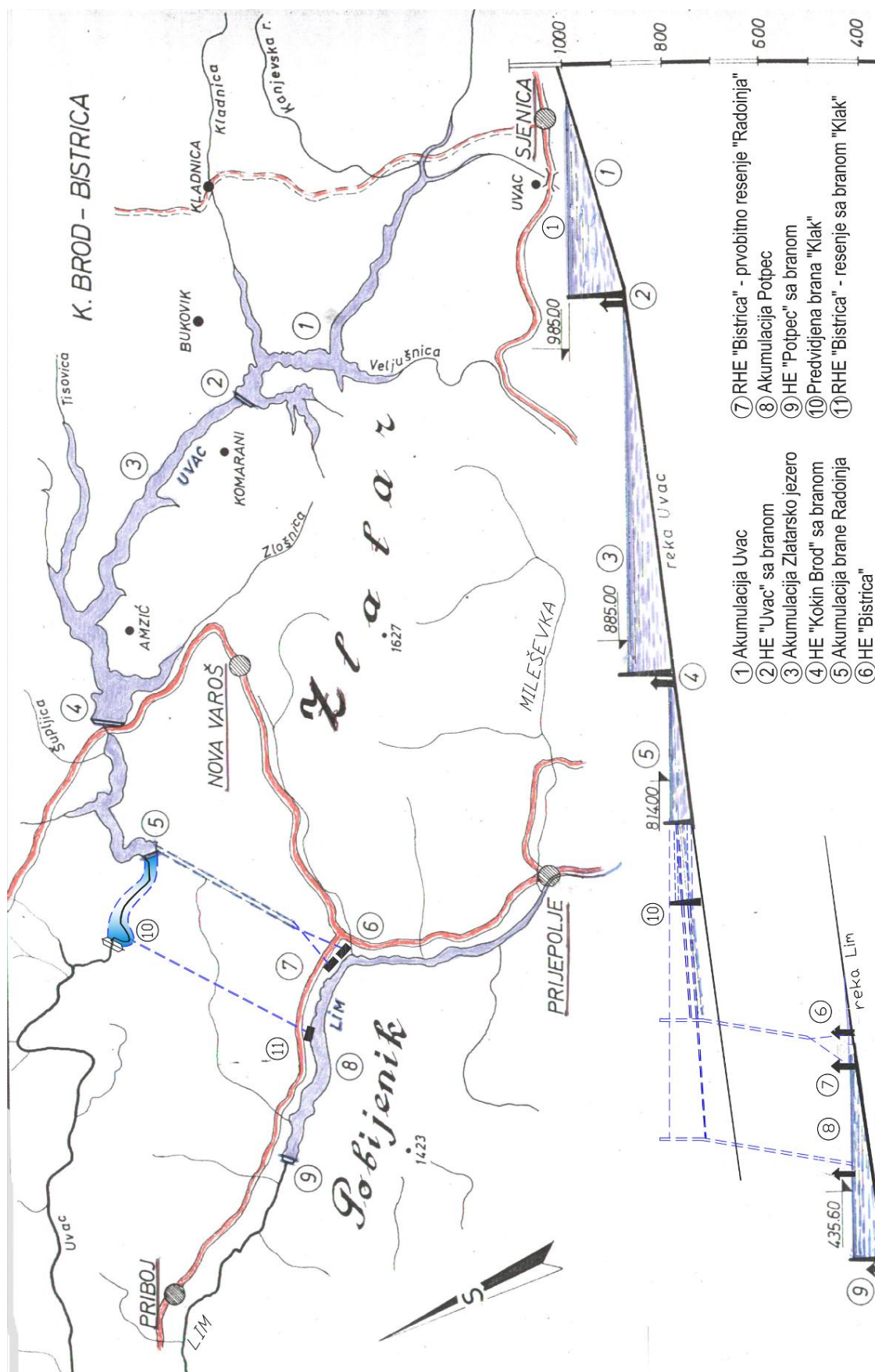
## 1 УВОД

Предметна хидролошка студија представља ажурирање хидролошких подлога за профил бране Радоиња на реци Увац. Ова анализа се директно ослања на претходну Хидролошку студију израђену за потребе Идејног решења РХЕ Бистрица из 2025. године (Лит./1/), чиме се обезбеђује континуитет у планирању и управљању овим сложеним хидротехничким системом.

Основни циљ студије је ажурирање и продужење улазних низова података (протока и падавина). С обзиром на све израженију нестационарност хидролошких процеса и појаву екстремних хидролошких догађаја, продужење низова је неопходно ради прецизнијег дефинисања релевантних величина које директно утичу на безбедност објекта и димензионисање његових кључних структура.

У овој студији је у потпуности задржана методологија примењена у Лит./1/, што омогућава директну упоредивост резултата и потврду стабилности досадашњих пројектних претпоставки. Фокус је стављен на статистичку обраду допуњених података и ревизију меродавних великих вода, чиме се ниво поузданости хидролошких подлога подиже на виши ниво у складу са савременим инжењерским стандардима.

Брана Радоиња посматрана је као интегрални део ширег техничког решења. На слици у наставку (Слика 1.1) дат је шематски приказ целокупног предвиђеног водопривредног система Лимских хидроелектрана, чиме се дефинише положај и улога ове акумулације у оквиру енергетског и водопривредног чвора.



Слика 1.1: Шематска карта предвиђеног водопривредног система Лимских хидроелектрана

## 2 ОСНОВНЕ КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

У оквиру ажурирања хидролошких подлога, климатске карактеристике су посматране кроз параметре који имају доминантан утицај на генерисање великих вода на сливу узводно од бране Радоиња. У том смислу, фокус анализе је стављен на максималне дневне падавине.

### 2.1 Максималне падавине трајања 24h

За потребе одређивања меродавних великих вода на профилу бране Радоиња, анализирани су подаци са пет падавинских станица: Негбина, Доброселица, Пријепоље, Златибор и Сјеница. Ове станице својим просторним распоредом репрезентативно покривају сливно подручје и омогућавају сагледавање варијабилности падавина у зависности од надморске висине и орографије терена.

У Лит./1/ је дато образложење за одабир наведених станица, процена њихове поузданости, као и детаљна анализа њиховог утицаја на слив.

Табела 2.1: Вероватноћа појаве максималних дневних падавина

Кишомерна станица, слив	Максималне дневне падавине [mm] за повратни период [год]					
	10	20	50	100	1000	10000
Негбина	75,2	86,9	102,5	114,5	156,2	200,4
Доброселица	74,8	86,6	103,1	116,5	168,0	233,2
Пријепоље	71,8	84,9	103,6	119,1	181,3	264,8
Златибор	69,3	79,4	93,3	104,4	144,9	192,5
Сјеница	60,3	67,4	76,4	83,0	103,5	122,2
сливови Увца	67,2	77,3	91,0	101,8	140,0	182,7

### Анализа максималних падавина трајања краћих од 24h

Сходно потребама прорачуна великих вода за сливове реке Увац, неопходно је одредити максималне падавине трајања краћих од 24h, односно њихову временску расподелу. Методологија је објашњена у Лит./1/.

Табела 2.2: Максималне падавине кратких трајања

Трајање кише (минута)	Висина кише у функцији трајања и повратног периода [mm]					
	10 год.	20 год.	50 год.	100 год.	1000 год.	10000 год.
30	26,46	30,44	35,83	40,08	55,12	71,94
60	32,08	36,90	43,44	48,59	66,83	87,21
120	38,15	43,88	51,66	57,79	79,47	103,71
180	42,00	48,31	56,88	63,63	87,50	114,19
360	49,27	56,67	66,72	74,64	102,64	133,95
720	57,59	66,25	77,99	87,24	119,98	156,58
1440	67,20	77,30	91,00	101,80	140,00	182,70



Поређењем вредности из Лит./1/ и нових прорачуна, може се закључити да није дошло до значајних промена вредности максималних дневних падавина које би битно утицале на анализу великих вода.





### 3 ХЕ УВАЦ, ХЕ КОКИН БРОД, ХЕ БИСТРИЦА

Река Увац се налази у југозападном делу Србије, улива се у Лим низводно од Прибоја код места Увац, а низводно од Сјенице-Чедова је у регулисаном систему тока са три каскадне бране и акумулације и вишегодишњим прерасподеле вода.

#### 3.1 Основне физичко-географске карактеристике анализираног слива реке Увац

Укупна површина слива реке Увац до профила најнизоводније бране Радоиња износи око 1260 km<sup>2</sup>. Најзначајнија притока реке Увац је Вапа, која и даје главнину вода овом сливу. Извориште реке се налази на планинама Јадовик и Озрен са југозападне стране, а са источне стране извориште реке Вапе је на планини Голија. Ови планински масиви у највећој мери и окружују пространу Сјеничку и Пештерску висораван на надморској висини од 1000-1400 mnm која добрим делом припада и сливу реке Увац. Овај део слива углавном чини и пространа Пештерска висораван, где преовлађују карстификовани кречњаци кроз које део вода понире и подземно делом тече и ка сливовима Ибра и Лима. У тим деловима слива реке Увац, односно њене главне реке Вапе има значајнијих делова под карстом, а првенство у зони Тисовице, Међугорског поља, Сухара, Гутавице и Пештерског поља. Зато овај део слива има релативно мање отицаје у односу на суседне сливове, и врло високе способности ретензије и ублажавања пикова великих вода.

Треба напоменути да је у источном делу Пештерског поља постојала мочвара, обрасла барском и травном вегетацијом. Налазила се источно од Карајукића Бунара и простирала се на дужини од преко 2 km према северу, до места званог „Језера“. Кроз мочвару је протицала Језерчица, отока Језера и мочваре, а уливала се у Бороштицу. Копањем новог корита – канала Бороштице, седамдесетих година XX века, скренут је водоток до јужног дела мочваре, која је са западне стране ограђена насипом. Од северног дела мочваре прокопан је канал који се наставља на тунел који се завршава код села Тузиње, где ова река наставља свој ток под именом Тузињска река, и даље ка реци Вапа.

Средњи део слива Увац простире се од Радоиње до састава Увац и Вапе. Карактерише се клисурастим коритом Увац и његових притока, умереним падом токова и сливова, што даје класичан карактер овом делу слива, сличан осталим деловима централне Србије. Делови слива уз саму речну долину реке Увац су претежно на надморским висинама од 800 – 1000 mnm, а горњи и ободни од 1100 – 1500 mnm. Највиши планински врхови су на северноисточној вододелници слива на обронцима планина Златибор и Муртеница – Бријач-1480 mnm и Бандера-1496 mnm, и Јавор, а са југозападне вододелнице слива на масиву Стари Влах и планини Озрен са врховима реда до 1200 mnm. Слив овог дела реке Увац је брдско-планинског типа, приближно издуженог правоугаоног облика, са пружањем у правцу северозапад – југоисток.

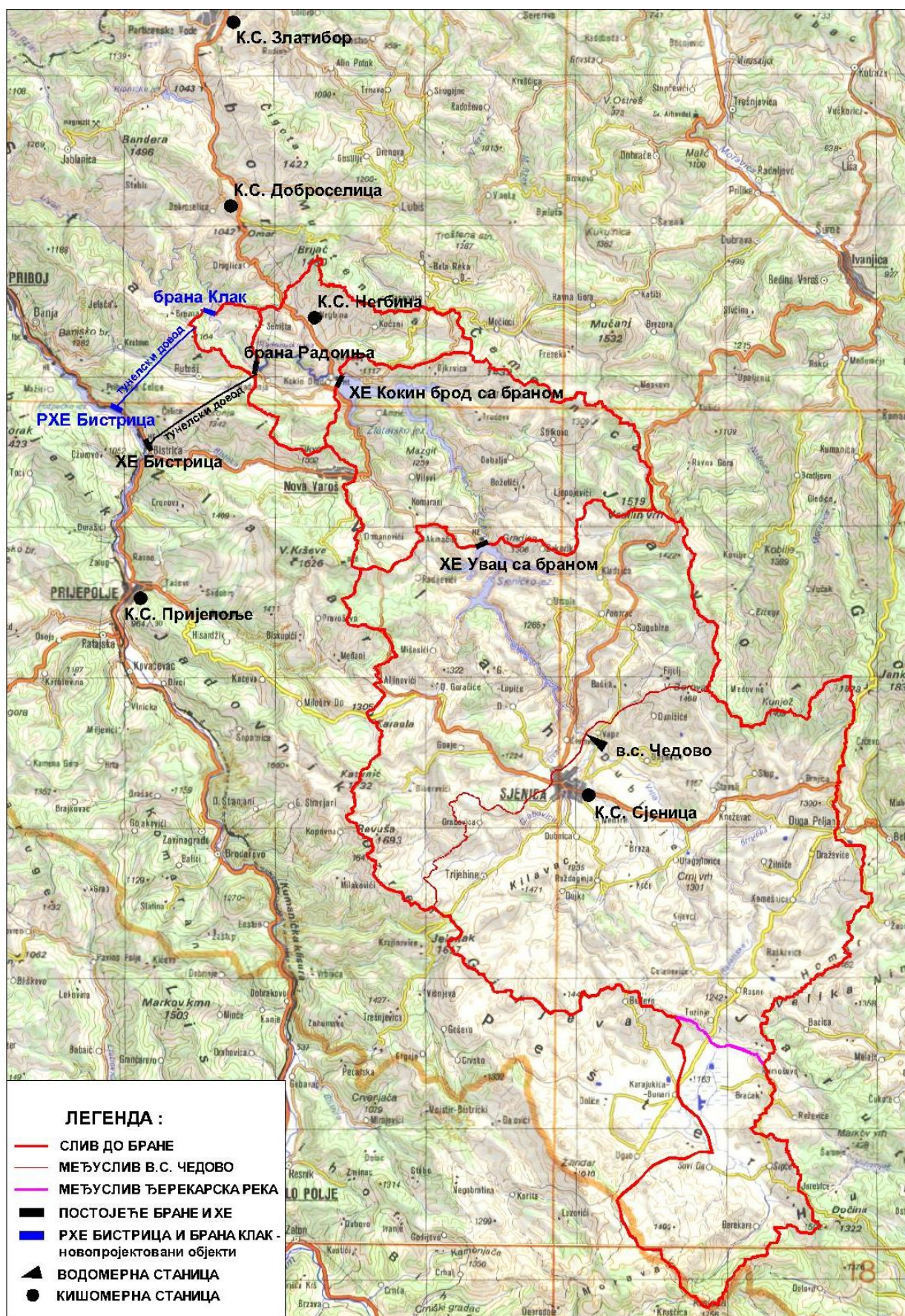
Цео слив је пошумљен око 30%, (знатно више средњи и доњи део слива у односу на горњи), а остали део су углавном ливаде и пашњаци. Речни ток је са мањим протоцима у сушном делу године и великим водама после јаких киша и наглих отапања снегова. Слив реке има солидно развијену хидрографску мрежу, а главни ток реке Увац карактеришу изузетни кањонски меандри. Ток реке Увац у анализираном делу не пресушује, што је допринос многих мањих извора у сливу.

После ушћа реке Вапе у Увац пар километара низводно долази се у зону утицаја успора од велике акумулације ХЕ Увац са прибранском електраном, на коју се низводно надовезује велика акумулација ХЕ Кокин Брод са прибранском електраном и даље низводно мања акумулација, такозвани компезациони басен Радоиња, односно деривациона ХЕ Бистрица. Из акумулације Радоиња се тунелом и цевоводом уз бруто пад од око 376 m, скоро све воде

Увац кроз ХЕ Бистрица пребацују у реку Лим, односно Потпећко језеро код места Бистрица. Из прикупљене обимне документације о раду Увачких електрана и акумулација почев од 1967. године, може се закључити да се у њима врши вишегодишње изравнање вода и да се скоро сва вода енергетски искористи кроз ХЕ Увац, ХЕ Кокин Брод и на крају кроз ХЕ Бистрица. Изузетно су ретки случајеви да се вишак воде у време изузетних поводања испушта преко прелива бране Радоиња. А због постојања више мањих извора од којих је најзначајније Црно врело и евентуално мањих процуривања или провирања воде низводно од бране, у пракси се не дешава испуштање воде кроз темељни испуст у реку Увац у смислу допуне »гарантованог минимума«.

На слици испод (Слика 3.1) приказана је шематска карта шире зоне пројекта са локацијама карактеристичних водомерних и кишомernih станица и профила брана и хидроелектрана које су коришћене у анализи режима вода слива реке Увац.





Слика 3.1: Слив реке Увац са локацијама брана, кишомерних и водомерних станица



### 3.2 Изученост слива, расположива документација и општи подаци о бранама, акумулацијама и хидроелектранама

Воде река Увац и Лим, припадају сливу реке Дрине, а природни услови су омогућили да се воде Уваца преведу у Лим у склопу хидроенергетског система Дрине. Од 1953, па до 1979. године на реци Увац изграђене су три хидроелектране. Са изградњом хидроелектрана Увац, Кокин Брод и Бистрица, хидроенергетски потенцијал овог дела реке Увац који је тада био планиран је углавном искоришћен.

У долини реке Увац изграђене су три бране: Увац, Кокин Брод и Радоиња. На тај начин омогућено је искоришћење хидроенергетског потенцијала у два акумулациона прибранска постројења (ХЕ Увац и ХЕ Кокин Брод) и једном акумулационом деривационом (брана Радоиња са ХЕ Бистрицом) са укупном запремином све три акумулације од око  $500 \times 10^6 \text{ m}^3$  воде. Поред реке Увац системом насипа, канала и једним тунелом, у овај водопривредни систем преведене су 1972. године и додатне воде са Пештерског поља (Ђерекарска река).

Табела 3.1: Основни подаци о постројењима из система Увачких хидроелектрана

Акумулација ХЕ	Површина слива* (km <sup>2</sup> )	Кота круне бране (m)	Кота норм. успора (m)	Запремина акумулације при KNU (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Енергетски пад (m)	Q <sub>инст.</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>макс</sub> прелив (m <sup>3</sup> /c)	Q <sub>макс.</sub> темељни. испуст (m <sup>3</sup> /c)
Увац/Увац	835+120= 955	990,0	985,09	209,7	100,0	43,0	1050	90,0
Златарско/ Кокин Брод	1175	888,5	884,94	250,0	73,0	37,4	1400	55,0
Радоиња/ Бистрица	1260	816,2	811,92	7,6	376,0	36,0	1400	50,0

\* површине сливова су срачунате у оквиру израде ове студије, а површина од 120 km<sup>2</sup> се односи на преведене воде са Пештера (Ђерекарска река)

Брана Радоиња је основна тема ових хидролошких подлога, али да би се оне адекватно оцениле потребно је у одређеној мери хидролошко-хидраулички сагледати и цео систем узводних брана, акумулација и хидроелектрана.

#### Брана, акумулација Увац

Насута брана Увац са шахтним преливом на десној обали, изграђена је 1979. године на реци Увац, као чеона акумулација у систему са просечним улазним дотоком реда око 9,0 m<sup>3</sup>/s. Основна намена акумулације је производња електричне енергије на прибранској ХЕ Увац, и значајно изравнавање вода реке Увац, и позитиван утицај на све низводне хидроелектране Дринског система.

У току анализираног периода од 1946 год., на реци Увац је било у функцији више водомерних станица. То су водомерне станице Увац која је била у функцији до 1959 год., вод. станица Кокин Брод која је била у функцији до 1962. год, и вод. станица Радијевићи до 1978. године, која је била лоцирана на улазу у акумулацију Увац.

На ХЕ Увац постоје подаци о мерењима произведене енергије, количини воде која пролази кроз турбине, количинама преливених вода и протока кроз темељни испуст, као и о нивоима горње и доње воде за период од њене изградње, то јест од краја 1979. године и даље.

### **Брана Кокин Брод, акумулација Златар**

Брана Кокин Брод изграђена је 1962. године на реци Увац, у профилу удаљеном око 10 километара од Нове Вароши према Златибору. Брана формира пад од 73 m за прибранску електрану која се налази на десној обали близу низводне ножице бране. Брана је насута од каменог набачаја и са глиненим језгром. Прелив је слободан, чунастог облика капацитета 1400 m<sup>3</sup>/s. Поред хидроенергетске намене она прихвата и успутне воде међуслива, чији просечни доток износи око 3,8 m<sup>3</sup>/s.

На ХЕ Кокин Брод такође постоје подаци о мерењима произведене енергије, количини воде која пролази кроз турбине, количинама преливених вода и протока кроз темељни испуст, као и о нивоима горње воде за период од 1967. год. и даље.

### **Брана, акумулација Радоиња и ХЕ Бистрица**

Хидроелектрана Бистрица је трећа степеница у систему хидроенергетског искоришћења воде реке Увац и припада систему Лимских хидроелектрана. Постројење је деривационог типа, са компензационим базеном – мањом акумулацијом Радоиња која се снабдева водом из узводних акумулација на Увцу, односно директно из акумулационог базена Кокин Брод. Поред тога акумулација прихвата и успутне воде међуслива низводно од бране Кокин Брод чији просечни доток износи око 1,0 m<sup>3</sup>/s.

Брана Радоиња је лоцирана на реци Увац код села Радоиња, док је машинска зграда ХЕ Бистрица лоцирана на десној обали реке Лим непосредно низводно од ушћа реке Бистрице у Лим. Брана Радоиња је изграђена 1959. године на реци Увац, 12 km низводно од бране Кокин Брод. Брана је од насута камена са непропусним екраном од асфалт бетона. Брана се састоји из два насута дела између којих је постављен армирано бетонски прелив са круном обликованом у виду чунова. Има три прелива укупног капацитета 1400 m<sup>3</sup>/s. Машинска зграда лоцирана је код села Бистрице, са котом доње воде која одговара успору ХЕ Потпећ на Лиму од 435,60 mnm и даје енергетски пад од око 376 mnm.

На ХЕ Бистрица такође постоје подаци о мерењима произведене енергије и количине воде која пролази кроз турбине за период после 1967. год. На брани и акумулацији Радоиња постоје подаци о количинама преливених вода и протока кроз темељни испуст, као и о нивоима горње воде за исти временски период.

## **3.3 Анализа средњих вода**

За анализу средњих вода свакако је кључна документација из Лит./5,9/. У Лит./5/ су за потребе прорачуна могуће енергетске производње систематизоване све раније обраде средњих вода реке Увац у природном режиму закључно са 2002. годином. На основу тих обрада и анализа дефинисани су и природни средњи месечни и годишњи протицаји у профилима брана Увац, Кокин Брод и Радоиња. Користећи сличну/исту методологију тај низ је продужен закључно са 2025. годином, користећи податке из Лит./9/. У њој су од стране стручних служби Лимских хидроелектрана, приказане кроз адекватну и добру базу података све осматране, мерене и обрађене величине (протоци кроз турбине, преливе, испусте, нивои у акумулацијама итд.) на свим бранама и акумулацијама овог водопривредног система.

У претходном поглављу 3.2 укратко су наведене релевантне водомерне станице и периоди њиховог рада, јер су после изградње Лимских брана оне биле сукцесивно замењиване – укинуте (последња је укинута вод. станица Радијевићи 1978. год.), па су се све даље хидролошке анализе базирале на подацима из базе података Лимских хидроелектрана, и „регулисано“ тока реке Увац. У наставку је укратко приказана примењена методологија прорачуна и дефинисања низа природних средњих месечних дотока у профилима брана Увац, Кокин Брод, Радоиња. Приказана је само методологија која се односи на период после

изградње свих брана у систему, јер је за претходне периоде она детаљно приказана у Лит./5/ и зависила је од расположивости података из тог периода.

Све наредне анализе су ограничене на период 1946-2025. година за који се у стручној литератури Лит./4,5,7/ сматра да је и довољно дуг и поуздан.

### 3.3.1 Методологија прорачуна природних протицаја

#### Профил брана Увац

У периоду рада ХЕ Увац крај 1979-2025. година, за који постоје сви релевантни подаци за прорачун биланса вода у акумулацији, одређивање природних средње месечних дотока у акумулацију Увац је извршено помоћу квазистационарне методе у виду:

$$Q_{\text{dot.Uvac}} = \Delta Q_v + Q_{\text{tur}} + Q_{\text{prel}} + Q_{\text{ti}} + Q_{\text{isp}} + Q_{\text{pad}} \quad (1)$$

где су:

$Q_{\text{dot.Uvac}}$  - представљају природни средње месечни доток у акумулацију Увац у периоду рада ХЕ Увац.

$\Delta Q_v$  - промена залиха воде у акумулацији добијена из промене кота нивоа горње воде на почетку и крају периода дискретизације времена. Ова промена залиха воде је изражена у  $\text{m}^3/\text{s}$  и може бити позитивна или негативна.

$Q_{\text{tur}}$  - протицај кроз турбине ХЕ Увац.

$Q_{\text{prel}}$  - протицај преко прелива бране ХЕ Увац.

$Q_{\text{ti}}$  - протицај кроз темељни испуст бране ХЕ Увац.

$Q_{\text{isp}}$  - губитак воде (-) услед испаравања са слободне водене површине акумулације Увац.

$Q_{\text{pad}}$  - додатак воде (+) од падавина на слободну водену површину акумулације Увац.

С обзиром на врло мале вредности нето испаравања (разлика између палих и испарених вода са површине акумулације) у односу на доток, последња два члана горње једначине могу се и занемарити.

За период пре краја 1979. године природни средњи месечни и годишњи протицаји преузети су из документације Лит./5/ – Хидролошке обраде седмичних протицаја на профилима ХЕ, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.

#### Профил брана Кокин Брод

У периоду рада ХЕ Кокин Брод 1967-2025. година, за који постоје сви релевантни подаци за прорачун биланса вода у акумулацији, прорачун природних средње месечних дотока у акумулацију Кокин Брод је извршен је у два прорачунска корака помоћу општег облика квазистационарне методе. Први корак је у виду једначине:

$$Q^1_{\text{dot.kbrod}} = \Delta Q_v + Q_{\text{tur}} + Q_{\text{prel}} + Q_{\text{ti}} + Q_{\text{isp}} + Q_{\text{pad}} \quad (2)$$

где су:

$Q^1_{\text{dot.kbrod}}$  представљају средње месечни доток у акумулацију Кокин Брод у периоду рада ХЕ Кокин Брод.

$\Delta Q_v$  - промена залиха воде у акумулацији добијена из промене кота нивоа горње воде на почетку и крају периода дискретизације времена. Ова промена залиха воде је изражена у  $\text{m}^3/\text{s}$  и може бити позитивна или негативна

$Q_{tur}$  - протицај кроз турбине ХЕ Кокин Брод.

$Q_{prel}$  - протицај преко прелива бране ХЕ Кокин Брод.

$Q_{ti}$  - протицај кроз темељни испуст бране ХЕ Кокин Брод.

$Q_{isp}$  - губитак воде (-) услед испаравања са слободне водене површине акумулације Кокин Брод.

$Q_{pad}$  - додатак воде (+) од падавина на слободну водену површину акумулације Кокин Брод.

С обзиром на врло мале вредности нето испаравања (разлика између палих и испарених вода са површине акумулације) у односу на доток, последња два члана горње једначине могу се занемарити.

За период од краја 1979-2025. год у функцији је била и узводна ХЕ Увац. Због тога је неопходно да се у овом периоду по дефинисању квазиприродних дотока у акумулацију ХЕ Кокин Брод по претходној једначини изврши и редукција утицаја узводне ХЕ Увац, у виду:

$$Q^{prir}_{dotkbrod} = Q^{1}_{dotkbrod} + (Q^{prir}_{dot.Uvac} - Q^{reg}_{dot.Uvac}) \quad (3)$$

где су:

$Q^{prir}_{dotkbrod}$  - природни средње месечни доток у акумулацију ХЕ Кокин Брод

$Q^{1}_{dotkbrod}$  - доток у акумулацију ХЕ Кокин Брод срачунат по једначини (2)

$Q^{prir}_{dot.Uvac}$  - природни средње месечни доток у акумулацију ХЕ Увац

$Q^{reg}_{dot.Uvac}$  - регулисан средње месечни протицај кроз брану ХЕ Увац.

Овако добијени протицаји представљају природне средње месечне дотоке у акумулацију ХЕ Кокин Брод без утицаја узводне акумулације ХЕ Увац.

За период пре 1967. године природни средњи месечни и годишњи протицаји преузети су из документације Лит./5/ – Хидролошке обраде седмичних протицаја на профилима ХЕ, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.

### Профил брана Радоиња и ХЕ Бистрица

Брана Радоиња је изграђена 1959. године на реци Увац, а подаци о мерењима произведене енергије и количине воде која пролази кроз турбине, као и о количинама преливених вода и протока кроз темељни испуст, као и о нивоима горње воде у акумулацији Радоиња постоје за временски период после 1967. године.

За период пре 1967. године природни средњи месечни и годишњи протицаји преузети су из документације Лит./5/ - Хидролошке обраде седмичних протицаја на профилима ХЕ, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“.

Дефинисање средње месечних дотока у акумулацију Радоиња за период 1968-2002. година, такође је преузето из Лит./5/, где је извршено применом регресионог модела ВНЦ. Иако после 1967. године углавном постоје практично сви неопходни подаци, није била примењена методологија квазистационарне методе, због мање запремине акумулације, значајнијих осцилација нивоа на дневном нивоу, а и разлика у сливним површинама је врло мала (6,4%) и извесних несагласности у подацима.

Основни параметри тог регресионог модела дефинисани су на бази срачунатих природних средње месечних дотока у акумулацију Кокин Брод и дотока у акумулацију Радоиња из периода 1968-2002. година, у виду:

$$Q^{prir}_{dot.rad} = f(Q_{dot.kbrod})$$

$Q_{\text{dot.rad}}^{\text{prir}}$  - средњи месечни природни dotok у акумулацију Радойња - НЕ Бистрица

$Q_{\text{dot.kbrod}}$  - средњи месечни dotok у акумулацију Кокин Брод

За период 2003-2025. година, расположиви подаци из базе података Лимских ХЕ омогућили су да се природни средњи месечни дотоци у акумулацију Радойња срачунају по истом принципу као и за акумулацију Кокин Брод, уз пар наменских корекција.

### 3.3.2 Резултати прорачуна и њихова анализа

По претходно приказаној методологији срачунати су средњи месечни и годишњи природни протицаји на брани и акумулацији Увац. Јасно је да су природни протицаји у односу на регулисане свакако много значајнији и од интереса су за ову Студију, јер омогућавају врло лако сагледавање и прелазак на било који садашњи, или будући измењен режим вода.

У табели у наставку (Табела 3.2) приказани су природни средњи месечни и годишњи протицаји за анализирани период 1946-2025. година у профилу бране Увац са карактеристичним статистичким параметрима – просечне вишегодишње вредности, стандардна девијација, коефицијент варијације.

Табела 3.2: Средњи месечни и годишњи природни протицаји на профилу бране Увац за период 1946-2025. год.

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1946	6,5	8,4	12,2	8,4	8,0	3,5	1,3	0,6	0,9	1,1	21,7	9,8	6,9
1947	4,4	17,3	21,6	12,4	10,7	6,8	3,8	2,8	4,7	3,5	6,4	13,6	9,0
1948	24,8	9,5	7,6	15,2	16,3	12,0	5,2	3,4	2,2	2,2	3,5	3,0	8,7
1949	3,0	2,8	4,3	13,5	7,9	6,8	5,0	2,9	2,5	2,6	9,2	19,4	6,7
1950	5,9	9,9	13,6	17,4	9,4	5,4	3,4	1,9	2,1	2,1	7,6	14,3	7,8
1951	5,2	7,7	15,5	18,6	18,1	10,5	4,2	2,3	1,9	3,4	8,5	4,3	8,4
1952	8,2	8,6	10,1	20,1	11,3	7,9	3,5	1,5	2,8	10,5	17,7	40,9	11,9
1953	18,7	12,0	9,2	20,5	21,7	14,6	6,3	3,2	2,6	2,1	1,6	1,3	9,5
1954	1,2	1,5	13,0	8,2	13,5	4,2	2,6	1,6	1,6	5,9	15,9	12,9	6,8
1955	14,1	19,0	15,3	18,4	6,7	4,2	8,3	10,7	7,7	17,3	16,1	20,0	13,2
1956	11,7	6,7	12,5	23,2	15,5	7,3	4,4	3,1	2,5	2,5	3,3	3,7	8,0
1957	3,0	12,9	8,1	7,3	15,8	8,1	3,6	2,7	3,5	5,4	4,4	9,4	7,0
1958	8,3	10,3	16,7	25,7	12,8	5,4	4,0	3,4	3,4	4,8	8,2	10,2	9,4
1959	12,6	9,0	14,4	5,8	13,5	18,0	13,2	11,7	8,3	3,4	10,5	13,9	11,2
1960	4,5	19,4	9,9	7,6	12,6	7,4	3,9	3,7	2,3	2,9	19,6	14,7	9,0
1961	10,8	9,0	19,7	9,8	19,0	8,3	3,5	2,6	2,2	1,6	2,3	3,1	7,7
1962	3,5	5,5	21,9	26,4	15,7	5,4	3,1	2,2	2,0	2,3	3,3	8,6	8,3
1963	17,3	15,3	18,3	19,4	9,2	12,7	5,9	3,5	2,5	2,4	4,1	9,7	10,0
1964	4,1	7,8	18,2	10,2	10,4	7,8	9,1	4,2	5,1	13,1	16,0	16,4	10,2
1965	10,2	9,7	17,4	18,3	17,1	9,8	5,5	3,8	3,4	3,2	3,4	5,7	9,0
1966	5,1	17,4	14,1	13,4	10,7	10,9	4,7	3,6	3,0	3,4	9,1	13,3	9,1
1967	6,6	9,1	22,8	20,6	13,3	13,4	16,1	4,6	2,6	2,4	2,4	5,7	10,0
1968	10,3	14,7	17,8	9,4	4,0	10,4	2,6	2,7	5,4	3,2	6,5	10,5	8,1
1969	5,1	13,2	18,4	14,3	6,5	4,4	5,0	3,9	5,3	1,8	2,1	9,5	7,5
1970	18,5	16,0	18,9	20,7	14,5	8,9	4,4	2,7	1,7	2,7	8,1	4,3	10,1
1971	12,0	7,9	12,8	16,1	5,1	3,9	1,9	1,9	4,1	3,6	7,9	8,3	7,1





ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1972	5,1	9,8	8,8	5,4	10,0	2,9	13,0	10,1	11,9	19,7	12,5	10,7	10,0
1973	6,5	7,1	8,0	22,1	10,7	5,8	4,6	4,0	3,1	3,4	3,2	7,4	7,2
1974	7,8	13,6	10,7	8,9	14,1	7,1	3,6	1,5	2,0	12,5	17,4	16,1	9,6
1975	6,4	4,9	19,8	12,0	12,0	14,9	7,0	6,3	3,6	10,1	11,3	9,8	9,8
1976	4,6	4,7	14,8	22,0	7,8	13,0	7,4	13,2	8,6	4,4	6,8	18,2	10,5
1977	15,0	21,6	15,9	16,0	7,4	7,0	7,1	4,5	4,9	6,0	8,7	8,9	10,3
1978	5,2	13,3	18,6	10,8	17,1	10,5	4,3	2,7	6,7	5,1	3,7	8,3	8,9
1979	11,3	14,3	4,2	6,5	7,5	8,9	5,6	9,1	4,3	6,0	40,2	12,2	10,8
1980	12,1	17,1	22,6	12,9	14,5	8,0	2,7	2,6	1,6	9,0	17,1	11,9	11,0
1981	6,2	6,5	49,2	11,9	9,4	6,0	1,9	2,3	4,4	5,8	7,9	29,5	11,8
1982	10,6	2,6	15,0	19,0	8,5	3,5	2,5	2,7	1,6	1,9	1,7	2,0	6,0
1983	3,1	8,9	20,7	9,5	3,0	9,0	7,5	2,3	3,0	2,1	3,4	8,6	6,8
1984	11,0	10,7	28,5	28,1	11,8	3,4	2,2	1,8	5,0	3,8	5,2	3,0	9,5
1985	9,0	13,6	20,1	16,8	5,2	2,8	1,7	1,5	1,7	1,3	26,0	12,9	9,4
1986	16,2	27,8	20,8	6,9	7,3	11,5	13,3	3,8	1,8	2,1	1,6	1,7	9,6
1987	7,3	18,0	12,8	20,0	15,5	6,4	2,6	2,0	1,1	1,5	8,0	17,5	9,4
1988	6,8	10,0	21,4	15,1	5,7	7,6	2,8	1,5	2,0	1,5	5,8	12,8	7,8
1989	2,6	10,2	15,3	5,7	15,4	22,8	11,1	6,2	8,5	10,3	5,1	13,9	10,6
1990	5,2	5,7	5,9	7,6	5,1	3,3	2,0	1,3	1,2	1,3	2,1	7,6	4,0
1991	5,1	7,3	21,7	10,2	11,7	9,2	10,2	4,8	2,1	2,8	13,1	3,8	8,5
1992	3,1	3,9	24,3	23,9	5,3	9,5	3,9	1,6	1,5	4,4	12,1	5,9	8,3
1993	3,1	2,6	12,0	19,7	4,3	2,1	1,4	1,1	1,1	1,0	1,1	9,1	4,9
1994	7,6	8,8	14,1	16,2	9,2	4,4	5,2	1,6	1,3	1,3	1,9	2,8	6,2
1995	11,3	19,5	13,3	30,5	13,6	4,7	3,5	3,5	6,3	2,7	4,1	12,0	10,4
1996	6,2	6,1	16,5	40,9	15,2	4,9	2,4	2,0	13,5	9,9	21,1	22,7	13,5
1997	15,3	5,9	12,7	34,5	16,3	6,3	2,8	2,9	1,7	2,9	4,7	14,2	10,0
1998	6,9	13,1	7,3	11,9	10,2	9,1	2,6	1,6	6,2	11,5	19,8	13,3	9,5
1999	11,2	8,2	27,3	24,2	11,4	7,7	6,5	2,8	2,6	2,9	9,7	22,7	11,4
2000	8,0	9,2	34,4	28,1	5,5	2,0	2,4	2,0	2,3	1,7	2,8	6,9	8,8
2001	9,0	7,1	11,0	19,2	9,0	5,1	3,0	1,2	4,5	2,5	10,2	5,8	7,3
2002	5,3	15,6	12,5	19,9	9,0	3,0	2,1	2,5	4,8	22,2	5,8	10,1	9,4
2003	22,5	6,9	15,1	21,2	6,3	3,6	2,2	1,0	1,7	6,0	8,8	4,7	8,3
2004	15,8	23,3	28,1	14,2	11,2	7,9	2,6	2,2	1,6	3,2	15,0	22,2	12,3
2005	6,0	4,6	40,5	20,6	11,3	8,4	3,4	5,9	4,9	6,9	9,6	22,4	12,0
2006	9,8	15,8	42,0	21,9	9,9	8,9	3,3	2,4	2,1	1,9	3,0	2,6	10,3
2007	10,0	12,5	13,1	8,6	7,9	8,3	1,7	1,1	1,7	5,2	17,6	11,4	8,3
2008	5,2	7,2	17,5	8,3	5,6	3,6	2,2	1,6	1,5	1,8	3,0	19,3	6,4
2009	11,9	7,9	21,6	15,3	5,0	7,3	11,8	2,5	1,8	2,7	14,0	10,6	9,4
2010	13,2	21,0	18,3	16,4	9,7	4,8	4,1	1,8	1,7	1,2	7,9	18,9	9,9
2011	4,6	5,9	16,2	8,4	17,5	5,0	2,6	1,4	1,1	1,0	0,9	2,3	5,6
2012	2,7	3,5	33,0	28,5	10,5	4,6	2,0	0,9	1,1	1,5	1,9	8,3	8,2
2013	11,0	20,1	31,2	13,9	10,3	11,1	4,3	1,8	1,6	1,7	1,9	1,7	9,2
2014	5,1	3,7	6,5	22,3	25,6	8,5	4,1	3,9	14,0	10,6	10,2	18,7	11,1
2015	14,7	17,8	29,5	27,1	6,8	4,9	2,5	1,7	1,5	2,7	3,0	2,7	9,6

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
2016	7,9	15,3	33,6	9,3	16,4	7,0	2,3	4,4	3,4	7,2	23,4	3,0	11,1
2017	2,4	15,9	16,5	8,4	7,0	5,3	1,9	1,0	0,8	1,7	2,3	14,2	6,5
2018	7,5	20,7	31,8	15,4	5,5	10,6	13,2	5,6	2,0	1,9	2,8	4,7	10,1
2019	4,1	18,0	21,6	10,8	8,8	16,0	4,4	2,1	1,3	1,3	2,6	3,9	7,9
2020	3,4	12,2	18,7	6,8	3,9	14,0	4,5	14,3	2,7	4,3	1,9	6,2	7,7
2021	22,6	32,9	15,7	25,4	7,9	4,0	2,7	1,2	1,1	1,6	1,5	9,8	10,5
2022	8,1	11,5	10,2	14,9	5,4	5,2	1,7	1,3	2,3	1,7	10,3	15,7	7,4
2023	30,5	12,4	19,9	16,2	9,2	25,3	3,8	2,2	1,5	1,3	10,3	21,7	12,8
2024	8,5	6,5	7,3	4,8	5,9	2,5	1,7	1,0	1,2	1,3	2,1	6,1	4,1
2025	14,2	7,8	11,4	15,5	4,8	1,8	1,0	0,8	0,8	3,1	10,2	9,0	6,7
Qsr	9,0	11,4	17,8	16,1	10,5	7,7	4,6	3,3	3,3	4,4	8,5	10,9	8,96
St.dev	5,59	6,06	8,63	7,38	4,54	4,38	3,24	2,73	2,71	4,24	7,09	7,07	1,96
Cv	0,62	0,53	0,48	0,46	0,43	0,57	0,71	0,84	0,82	0,95	0,84	0,65	0,22

Обрађено на основу података из базе Лимских ХЕ

Само за период 1980-2025.год  $Q_{sr}=8,95 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Просечни протицај за период 1946-2025. година износи  $8,96 \text{ m}^3/\text{s}$ , или специфични отицај  $9,38 \text{ l/s/km}^2$ , што указује на значајну водност овог слива. У анализираном периоду, вредност годишњег просечног протицаја у профилу бране Увац је варирала у интервалу од 4,0 и 4,1  $\text{m}^3/\text{s}$  у сушним 1990. и 2024. години, до 13,2 и 13,5  $\text{m}^3/\text{s}$  у кишним 1955. и 1996. години. Неравномерност протока унутар године регионално је усклађена, а генерално прати опште познати модел распореда падавина овог подручја. Унутаргодишњу расподелу протицаја карактеришу изразитије влажан период у марту, априлу и мају и сушнији од јула до новембра.

Од интереса је сагледати и актуелни режим рада брана и акумулација у сливу Увца, односно регулисане протицаје. Регулисани протицаји представљају протицаје који се испуштају низводно од профила брана и представљају суму протицаја кроз турбине, кроз темељни испуст и преко прелива. Поређањем природних и регулисаних протицаја може се сагледати начин рада и квалитет управљања акумулацијама, односно функционалност целог система Увачких електрана.

У табели испод (Табела 3.3) приказани су регулисани средњи месечни и годишњи протицаји за период 1979-2025. година у профилу бране Увац са карактеристичним статистичким параметрима – просечне вишегодишње вредности, стандардна девијација, коефицијенат варијације.

**Табела 3.3: Средњи месечни и годишњи регулисани протицаји на профилу бране Увац за период 1979-2025. год.**

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1979										1,26	9,47	13,58	
1980	9,79	21,96	22,44	20,86	16,91	1,60	13,96	7,16	5,81	7,86	11,75	13,12	12,77
1981	13,93	22,88	6,85	18,93	9,48	0,77	14,19	4,50	3,23	6,09	15,86	11,53	10,69
1982	19,84	29,67	16,06	11,60	2,57	12,50	1,45	0,41	3,17	1,16	6,93	1,19	8,88
1983	0,75	5,96	16,76	5,49	0,15	3,05	5,68	8,30	13,42	10,30	11,94	0,63	6,87
1984	3,18	22,04	20,53	11,46	5,27	7,47	2,70	6,58	1,49	5,17	7,35	11,37	8,72
1985	14,89	8,10	2,78	14,31	5,45	2,05	2,04	9,52	10,95	2,10	4,27	15,81	7,69
1986	14,29	24,94	23,20	19,69	4,50	5,90	6,88	6,88	3,65	9,02	6,86	11,16	11,41



ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1987	2,04	10,34	17,98	11,60	4,26	5,85	2,25	1,65	9,70	2,40	1,39	18,31	7,31
1988	20,30	13,98	12,16	4,00	8,06	7,75	3,22	1,78	0,00	2,55	20,10	9,14	8,59
1989	11,95	9,94	1,43	8,10	2,35	20,61	9,64	5,52	13,26	6,82	11,14	16,35	9,76
1990	8,26	4,76	6,62	3,59	1,94	13,27	0,48	5,49	11,23	0,38	0,00	6,66	5,22
1991	4,34	22,86	3,26	2,45	5,34	10,54	8,43	6,65	1,99	3,97	9,49	15,96	7,94
1992	16,68	11,45	2,67	9,41	9,95	4,04	8,35	7,98	2,69	2,89	12,09	20,35	9,05
1993	11,78	15,06	1,69	1,51	3,67	2,02	0,64	0,93	1,56	0,54	16,25	11,03	5,56
1994	10,14	19,10	0,10	0,59	2,38	2,72	3,32	5,93	10,50	19,15	7,24	15,41	8,05
1995	6,07	2,08	2,04	11,73	12,59	7,14	8,51	0,00	4,85	15,03	12,32	8,21	7,55
1996	13,62	20,95	11,11	7,81	17,70	4,31	4,45	7,67	8,03	5,12	17,52	22,03	11,69
1997	20,94	18,03	9,22	19,20	21,59	7,16	7,18	0,69	5,35	15,10	5,44	4,32	11,19
1998	9,06	18,43	12,00	1,66	7,74	1,81	3,15	6,85	3,14	10,99	21,03	20,49	9,70
1999	13,06	12,10	12,89	20,46	16,14	5,21	6,15	4,92	11,22	10,53	18,43	13,31	12,04
2000	18,14	7,52	13,78	25,16	2,70	24,28	13,40	16,49	6,40	0,48	1,59	10,08	11,67
2001	6,17	1,55	5,12	4,61	0,79	1,54	1,46	11,19	8,32	6,96	7,80	15,14	5,89
2002	12,73	1,57	0,00	4,56	3,73	10,01	4,59	1,44	0,58	21,18	4,94	6,49	5,99
2003	25,22	22,11	11,96	20,48	4,41	6,21	1,60	9,41	4,64	15,17	0,92	0,20	10,19
2004	6,05	23,14	22,13	9,72	9,80	8,44	7,68	0,00	1,43	5,09	16,67	23,70	11,15
2005	20,41	29,83	11,25	8,05	10,33	12,34	1,50	1,74	5,20	13,02	18,62	11,72	12,00
2006	22,01	22,07	17,78	23,00	10,24	8,84	6,30	8,08	0,75	4,42	4,08	20,51	12,34
2007	18,14	12,84	11,87	4,35	0,15	0,21	3,64	3,55	0,91	3,61	9,37	14,90	6,96
2008	20,68	22,05	9,78	2,82	2,21	4,13	0,00	0,23	4,34	2,76	8,92	9,99	7,33
2009	18,32	11,93	10,98	4,25	1,42	2,51	8,60	4,37	2,43	11,33	15,16	15,81	8,93
2010	12,94	10,80	14,98	12,57	11,24	8,23	4,11	5,12	7,41	17,78	3,00	10,21	9,87
2011	17,05	11,19	10,11	9,79	0,44	0,17	7,88	1,09	3,43	11,45	9,49	4,25	7,20
2012	7,22	15,38	5,16	17,27	8,46	7,09	2,88	7,04	5,54	3,44	0,29	6,05	7,15
2013	16,88	20,82	12,13	13,27	6,39	12,89	2,92	1,47	0,90	6,15	1,49	14,71	9,17
2014	12,03	4,71	2,42	4,89	17,86	14,05	4,68	1,66	9,28	12,68	15,76	19,79	9,98
2015	19,11	17,99	17,41	24,22	13,57	2,62	11,47	4,28	0,63	3,90	2,90	14,82	11,08
2016	10,45	8,84	16,66	11,56	7,11	8,14	7,47	0,60	12,77	11,91	15,22	23,27	11,17
2017	17,27	7,16	4,04	3,77	1,77	5,93	3,22	4,23	3,79	5,32	9,89	7,86	6,19
2018	10,24	17,95	24,98	6,66	6,45	1,73	14,47	16,85	11,49	2,45	5,49	12,25	10,92
2019	13,15	16,50	15,97	1,40	3,92	8,32	0,09	2,72	11,18	8,23	0,00	7,51	7,42
2020	16,48	5,14	7,83	0,00	2,48	6,87	1,78	16,36	7,38	3,10	9,35	10,48	7,27
2021	12,52	19,03	20,05	22,05	8,46	10,45	5,15	10,19	10,00	6,80	7,25	7,05	11,58
2022	15,63	3,37	17,31	2,62	6,98	1,54	5,03	3,90	3,69	0,00	1,56	9,48	5,93
2023	18,12	20,19	14,09	8,91	8,14	20,62	12,01	0,61	8,72	5,38	5,72	18,75	11,77
2024	20,01	13,15	9,43	0,07	3,85	9,74	2,84	1,03	1,90	3,28	2,60	3,23	5,93
2025	11,90	23,17	5,05	0,00	3,44	1,58	4,01	0,53	2,18	10,07	3,91	12,47	6,53
Qsr	13,56	14,88	11,18	9,79	6,83	7,05	5,47	5,08	5,66	7,11	8,70	12,14	8,95
St.dev	5,71	7,58	6,80	7,48	5,24	5,50	3,97	4,38	4,01	5,33	5,95	5,93	2,20
Cv	0,42	0,51	0,61	0,76	0,77	0,78	0,73	0,86	0,71	0,75	0,68	0,49	0,25

Обрађено на основу података из базе Лимских ХЕ

Поређењем се може констатовати да у вишегодишњем билансу вода у профилу бране Увац између ова два режима за исти период рада 1980-2025. год. практично нема разлика, што указује на коректна осматрања и мерења и поуздане прорачуне и најважније да се не уочавају било какве аномалије у раду и начину управљања акумулацијом Увац. Јасно је да у неким месецима и периодима године, а зависно од хидролошких услова и потреба електроенергетског система постоје значајне разлике.

У поређењу са вредностима датим у Лит./1/, није дошло до значајних промена вредности средњих годишњих природних и регулисаних протицаја у профилу бране Увац.

По претходно приказаној методологији срачунати су средњи месечни и годишњи природни протицаји на брани Кокин Брод. У табели испод (Табела 3.4) приказани су природни средњи месечни и годишњи протицаји за анализирани период 1946-2025. година у профилу бране и акумулације Кокин Брод са карактеристичним статистичким параметрима – просечне вишегодишње вредности, стандардна девијација, коефицијенат варијације.

**Табела 3.4: Средњи месечни и годишњи природни протицаји на профилу бране Кокин Брод за период 1946-2025. год.**

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1946	9,65	12,51	17,14	12,51	11,67	4,98	1,18	0,28	0,41	1,08	29,65	13,95	9,58
1947	6,40	23,20	28,93	17,73	15,43	10,13	5,47	3,81	6,99	5,01	9,43	18,87	12,62
1948	33,73	14,01	11,38	20,58	22,21	17,12	7,70	4,83	2,89	2,85	4,96	4,17	12,20
1949	4,11	3,82	6,31	18,85	11,53	10,04	7,33	3,98	3,31	3,55	13,00	26,25	9,34
1950	8,74	14,15	18,96	23,46	13,84	8,04	4,78	2,12	2,68	2,29	11,32	19,54	10,83
1951	7,65	11,14	21,18	24,76	24,00	15,10	6,14	2,97	2,33	4,78	12,28	6,29	11,55
1952	11,83	12,53	14,14	27,63	16,12	11,58	4,98	1,35	3,67	15,14	23,77	53,91	16,39
1953	25,37	16,74	13,34	27,28	28,29	20,17	9,34	4,51	3,47	2,70	1,73	0,99	12,83
1954	1,81	2,24	20,69	13,88	22,92	7,46	3,90	2,38	2,29	10,03	25,66	21,33	11,22
1955	23,02	38,47	24,95	29,51	11,77	7,51	14,16	17,67	13,34	28,93	26,24	37,97	22,80
1956	19,23	11,92	21,10	46,13	25,76	12,58	7,89	4,56	3,73	3,67	5,25	6,23	14,00
1957	4,48	21,95	13,79	12,50	25,57	13,51	6,43	4,06	5,72	9,49	7,94	15,56	11,75
1958	14,11	17,64	31,46	53,30	24,28	9,88	7,13	5,53	5,72	8,44	14,06	16,79	17,36
1959	20,18	15,23	25,18	10,46	22,32	28,05	22,90	19,43	14,22	5,36	17,32	22,06	18,56
1960	7,55	45,95	16,30	13,35	20,15	12,38	7,01	6,06	3,49	4,53	33,59	23,46	16,15
1961	18,04	14,95	35,48	16,61	33,42	14,02	5,67	3,81	3,31	2,37	3,38	5,00	13,01
1962	5,58	8,98	50,01	66,44	31,34	9,56	4,86	3,23	2,78	3,30	5,46	14,35	17,16
1963	26,81	20,31	30,27	24,74	10,14	14,80	7,13	4,49	3,15	2,91	5,14	17,34	13,94
1964	5,19	14,37	26,09	11,31	11,36	8,87	10,42	5,29	5,93	16,50	19,64	19,91	12,91
1965	11,94	13,50	27,86	23,04	30,87	10,66	6,64	4,90	4,31	3,90	4,22	7,01	12,40
1966	6,14	26,83	15,57	15,11	12,56	12,34	5,95	4,54	3,74	4,09	10,54	15,61	11,09
1967	5,73	9,04	34,95	29,82	15,80	13,51	19,42	4,74	2,98	1,33	1,92	6,03	12,11
1968	11,63	23,41	23,91	11,36	5,02	4,49	2,46	3,94	6,21	3,88	9,36	16,73	10,20
1969	6,28	19,86	23,39	15,82	6,39	3,92	7,52	5,32	6,12	2,61	2,60	12,72	9,38
1970	29,63	24,68	29,91	27,63	18,05	10,19	6,38	3,86	2,47	3,22	9,50	6,24	14,31
1971	16,67	9,21	19,83	21,05	5,57	4,92	2,76	2,62	6,48	5,50	9,46	9,95	9,50
1972	5,27	9,04	10,04	5,13	10,36	4,14	27,27	9,62	22,24	28,62	15,32	12,34	13,28
1973	8,18	8,83	18,59	39,08	11,69	7,21	6,11	5,25	3,88	3,86	4,01	10,52	10,60
1974	9,68	17,43	11,30	9,29	19,15	8,44	5,12	3,09	2,94	25,22	21,00	20,55	12,77



ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1975	8,84	7,08	30,96	13,84	17,11	17,75	9,90	8,01	4,82	10,96	14,93	11,10	12,94
1976	7,17	5,90	21,68	36,00	8,48	17,43	8,59	19,89	10,43	5,76	7,08	26,64	14,59
1977	15,16	29,46	18,19	16,58	7,90	7,51	8,93	4,93	4,76	5,48	9,26	9,59	11,48
1978	9,03	26,67	36,88	18,96	32,66	18,63	7,42	4,33	12,10	8,64	6,27	15,13	16,39
1979	20,94	27,21	7,19	10,47	11,48	12,85	7,84	11,86	6,54	8,97	51,51	18,20	16,26
1980	15,91	21,38	29,76	19,44	20,27	14,31	5,83	4,49	4,13	11,09	19,59	15,77	15,16
1981	9,85	8,55	62,99	18,38	14,19	9,79	7,62	6,11	8,05	8,53	11,01	38,73	16,98
1982	17,36	6,45	18,77	26,32	11,68	6,95	5,29	4,19	4,40	3,24	3,14	3,34	9,26
1983	4,42	13,39	26,04	13,82	4,08	11,90	11,79	5,23	6,58	4,31	6,10	11,90	9,96
1984	15,21	15,38	32,11	41,31	16,50	6,17	4,13	4,72	7,32	7,11	8,61	6,83	13,78
1985	10,95	18,77	25,65	21,69	7,56	5,27	3,92	4,71	4,50	3,19	35,21	16,85	13,19
1986	19,15	33,68	27,04	9,03	11,87	19,63	20,38	7,55	4,41	6,29	5,60	5,09	14,14
1987	9,91	21,94	15,10	26,86	21,22	8,93	5,29	3,74	4,40	4,51	10,69	25,58	13,18
1988	8,94	13,22	27,86	22,60	11,80	11,91	5,55	2,56	3,35	3,26	9,95	18,24	11,60
1989	6,66	11,85	23,09	8,00	21,50	31,88	15,54	9,55	11,92	15,79	9,90	17,95	15,30
1990	8,00	10,32	8,27	9,47	7,81	8,41	3,47	5,27	5,60	2,06	2,97	11,75	6,95
1991	8,02	10,01	27,26	12,79	15,38	15,23	17,52	9,03	4,74	5,05	17,73	7,75	12,54
1992	6,07	6,60	31,69	31,55	10,43	14,33	7,40	5,43	3,77	5,88	14,98	7,97	12,18
1993	4,95	4,74	16,30	25,29	7,89	3,29	2,37	1,78	2,36	2,00	2,99	11,01	7,08
1994	11,22	11,38	17,63	21,29	13,00	7,76	6,52	5,55	3,82	2,36	4,44	4,92	9,16
1995	11,07	27,12	19,51	40,55	17,30	7,89	7,03	4,56	9,10	4,41	7,54	15,43	14,29
1996	7,92	8,18	19,91	54,01	20,92	7,98	4,68	6,20	18,47	14,36	26,39	28,52	18,13
1997	20,04	8,34	17,08	43,36	22,32	9,77	6,15	4,08	3,41	6,06	6,08	17,19	13,66
1998	11,79	15,01	9,82	16,00	14,63	12,91	4,81	3,56	8,31	16,13	24,63	16,94	12,88
1999	15,28	11,54	34,46	30,69	15,93	11,45	9,79	7,84	6,67	5,96	12,12	25,66	15,62
2000	13,28	12,18	41,14	38,10	8,20	5,66	5,47	4,58	2,95	2,45	3,66	7,47	12,10
2001	11,14	10,51	14,58	24,87	11,87	9,82	5,54	5,89	9,66	6,96	12,90	9,67	11,12
2002	8,25	19,93	16,58	27,49	13,37	6,33	4,68	4,24	5,12	29,35	9,09	13,25	13,14
2003	27,18	5,67	23,36	20,61	9,90	2,21	6,84	1,38	2,73	5,63	10,32	6,07	10,16
2004	19,52	27,66	35,92	17,53	14,06	11,68	3,75	3,29	2,95	4,35	19,04	27,27	15,59
2005	7,82	3,90	50,62	27,78	15,87	12,78	4,49	7,67	6,18	8,94	11,28	26,69	15,34
2006	12,04	18,29	52,44	28,84	13,54	13,91	5,50	4,32	3,71	2,98	5,03	3,24	13,65
2007	12,82	16,62	18,22	12,19	12,51	12,81	2,76	2,06	2,85	7,73	23,62	15,73	11,66
2008	7,31	9,65	22,48	11,27	7,94	5,07	3,13	2,51	2,00	2,43	4,62	23,92	8,53
2009	14,17	9,63	28,14	20,89	6,23	10,10	14,99	3,59	2,81	4,33	19,30	12,51	12,22
2010	15,77	26,98	23,89	20,74	13,58	7,79	8,41	3,16	3,25	1,58	11,08	24,60	13,40
2011	6,16	7,36	20,49	11,63	23,04	7,28	3,50	2,27	2,24	1,29	0,62	3,29	7,43
2012	3,94	4,37	43,38	38,73	15,19	5,84	2,27	1,24	0,80	1,71	2,98	10,13	10,88
2013	13,58	23,80	38,63	16,64	12,70	13,12	5,17	2,66	2,59	2,94	3,55	3,73	11,59
2014	6,13	3,64	8,49	31,20	35,99	11,08	5,50	5,41	19,09	13,18	12,36	24,97	14,75
2015	18,43	22,42	38,27	38,09	8,64	8,10	4,50	2,80	2,22	3,74	4,10	4,35	12,97
2016	8,99	20,13	44,37	13,72	23,05	10,77	3,45	7,34	5,40	9,53	29,23	3,61	14,97
2017	3,47	18,68	22,58	12,18	10,09	8,34	3,27	1,40	1,34	3,21	3,42	18,95	8,91
2018	10,88	26,06	38,36	20,67	8,03	13,66	21,83	8,51	2,11	2,49	4,65	5,22	13,54

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
2019	6,27	22,94	30,29	14,53	12,56	20,44	5,70	4,22	1,43	0,76	3,60	4,83	10,63
2020	4,63	15,96	24,60	9,26	5,69	22,76	7,33	17,61	2,43	5,83	3,26	6,44	10,48
2021	27,55	40,57	19,67	32,66	9,95	5,16	3,45	1,13	1,22	2,23	2,00	13,47	13,26
2022	11,32	15,32	13,67	20,63	7,41	8,03	2,34	1,79	3,01	2,31	11,67	18,87	9,70
2023	36,84	15,08	25,40	22,09	13,36	35,67	5,61	3,08	1,89	1,82	12,71	26,38	16,66
2024	10,38	7,82	9,34	6,65	9,19	3,16	2,14	1,44	1,79	1,62	2,83	7,52	5,32
2025	17,40	8,51	15,54	21,03	6,47	2,39	1,33	1,15	1,20	4,36	12,81	11,46	8,64
<b>Qsr</b>	<b>12,30</b>	<b>15,87</b>	<b>24,60</b>	<b>22,71</b>	<b>15,12</b>	<b>11,12</b>	<b>7,18</b>	<b>5,10</b>	<b>5,10</b>	<b>6,50</b>	<b>11,58</b>	<b>14,79</b>	<b>12,66</b>
<b>St.dev</b>	<b>7,29</b>	<b>8,86</b>	<b>11,18</b>	<b>11,79</b>	<b>7,28</b>	<b>6,07</b>	<b>5,02</b>	<b>3,81</b>	<b>4,08</b>	<b>6,21</b>	<b>9,29</b>	<b>9,36</b>	<b>2,95</b>
<b>Cv</b>	<b>0,59</b>	<b>0,56</b>	<b>0,45</b>	<b>0,52</b>	<b>0,48</b>	<b>0,55</b>	<b>0,70</b>	<b>0,75</b>	<b>0,80</b>	<b>0,96</b>	<b>0,80</b>	<b>0,63</b>	<b>0,23</b>

Обрађено на основу података из базе Лимских ХЕ

Само за период 1967-2025.год  $Q_{sr}=12,30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Просечни протицај за период 1946-2025. година износи  $12,66 \text{ m}^3/\text{s}$ , или специфични отицај  $10,77 \text{ l/s/km}^2$ , што указује на значајну водност овог слива. У анализираном периоду, вредност годишњег просечног протицаја у профилу бране Кокин Брод је варирала у интервалу од  $5,32 \text{ m}^3/\text{s}$  у сушној 2024. години, до  $22,80$  и  $18,56 \text{ m}^3/\text{s}$  у кишним 1955. и 1959. години. Може се из претходних табела (Табела 3.2 и Табела 3.4) уочити да је просечан вишегодишњи доток међуслива између брана Увац и Кокин Брод износио  $3,70 \text{ m}^3/\text{s}$ .

У табели у наставку (Табела 3.5) приказани су регулисани средњи месечни и годишњи протицаји за период 1967-2025. година у профилу бране Кокин Брод са карактеристичним статистичким параметрима – просечне вишегодишње вредности, стандардна девијација, коефицијенат варијације.

Табела 3.5: Средњи месечни и годишњи регулисани протицаји на профилу бране Кокин Брод за период 1967-2025. год.

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1967	10,3	8,4	4,3	5,0	8,1	10,7	22,3	19,1	21,2	20,3	18,3	7,6	13,0
1968	6,9	9,1	7,9	10,5	11,9	3,0	1,5	8,0	8,1	12,5	8,2	8,3	8,0
1969	16,9	9,0	10,6	10,7	7,7	2,4	15,7	17,9	12,1	18,4	18,9	12,0	12,7
1970	5,8	5,9	7,1	8,7	15,3	12,0	10,9	18,5	19,3	18,6	13,3	14,7	12,5
1971	7,8	8,0	8,2	6,4	1,4	5,9	11,7	17,7	15,8	17,9	12,7	11,5	10,4
1972	13,5	8,3	4,5	3,8	9,3	2,6	1,7	5,4	7,2	16,0	14,3	20,1	8,9
1973	26,9	20,4	25,5	1,3	2,2	6,3	10,2	17,8	18,5	15,6	26,3	17,9	15,7
1974	8,8	3,1	10,2	6,9	2,2	3,6	7,1	9,3	8,9	5,1	10,3	15,2	7,6
1975	25,7	31,9	15,3	11,9	2,3	2,5	9,9	7,4	10,2	14,8	25,2	24,3	15,1
1976	24,5	22,0	9,7	8,8	13,6	2,4	11,9	3,6	17,7	18,4	9,4	13,4	13,0
1977	21,2	14,6	19,7	14,0	9,0	7,0	12,3	4,0	3,5	8,0	21,9	27,1	13,5
1978	22,1	17,0	12,3	8,0	24,0	18,3	11,5	13,5	14,9	14,4	31,2	19,2	17,2
1979	9,8	13,1	11,7	10,1	3,0	6,0	0,7	4,8	7,2	16,3	4,6	2,9	7,5
1980	11,3	11,3	25,2	31,2	10,9	13,4	15,0	11,0	15,8	15,1	12,4	9,8	15,2
1981	21,5	21,3	12,0	22,8	8,5	8,1	12,3	12,4	15,4	10,8	21,8	14,8	15,1
1982	18,6	31,7	30,2	6,8	8,4	11,9	10,4	7,7	9,4	7,3	21,4	15,5	14,9
1983	2,6	8,5	14,2	2,4	2,4	9,6	4,5	11,8	17,6	19,2	19,9	2,8	9,6
1984	3,3	11,3	14,5	2,5	9,4	4,9	4,4	3,5	3,3	6,3	9,7	24,8	8,2
1985	21,1	17,5	7,6	2,5	6,4	13,5	9,4	5,6	8,7	19,5	14,0	6,8	11,1



ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1986	9,5	12,7	29,5	22,3	6,7	12,1	14,8	9,5	14,3	18,0	19,2	20,8	15,8
1987	11,3	11,9	11,4	4,1	3,4	2,9	4,9	1,4	15,5	12,0	11,8	9,4	8,3
1988	13,3	11,6	14,6	12,7	9,3	18,9	10,7	4,4	7,8	13,8	19,8	12,8	12,5
1989	21,3	14,1	3,5	0,3	0,7	1,3	13,6	12,4	11,0	11,3	13,9	19,5	10,2
1990	21,8	11,6	7,2	1,5	6,6	17,7	1,4	14,6	16,0	4,5	4,6	2,7	9,2
1991	3,3	19,6	3,6	1,2	3,5	4,7	13,8	13,4	14,5	2,3	3,3	20,6	8,7
1992	21,7	21,3	8,3	2,7	10,1	5,8	18,2	17,3	9,8	1,6	7,8	14,5	11,6
1993	22,6	25,7	13,3	1,4	1,8	6,2	3,5	5,6	3,3	2,7	15,8	16,0	9,8
1994	11,1	20,6	2,9	7,2	2,4	4,5	0,5	0,4	8,0	18,2	20,2	26,3	10,2
1995	20,9	5,7	1,3	1,3	1,5	0,8	4,5	1,5	3,8	15,7	20,2	17,8	7,9
1996	19,0	27,5	23,2	2,5	9,4	8,4	13,7	20,8	10,7	6,0	9,0	19,4	14,1
1997	24,6	21,1	11,7	27,4	28,2	18,6	17,7	2,8	6,3	17,6	7,0	8,9	16,0
1998	9,7	12,4	21,8	2,5	9,3	13,9	11,2	9,6	12,1	4,8	4,4	13,8	10,5
1999	17,9	19,3	17,3	20,5	21,1	16,0	8,0	13,3	19,6	16,8	21,2	18,1	17,4
2000	23,0	18,7	13,7	6,4	16,2	19,5	25,2	24,0	20,3	22,7	19,7	10,1	18,3
2001	7,6	9,4	3,6	3,0	0,0	1,2	0,7	7,5	4,6	13,1	15,5	19,5	7,1
2002	16,5	5,2	3,2	1,5	1,5	4,0	4,1	0,5	0,8	0,2	11,6	11,4	5,0
2003	23,1	27,1	23,9	15,6	11,2	2,7	13,4	17,2	11,8	14,7	8,0	6,4	14,6
2004	4,0	9,5	21,1	12,2	13,4	10,0	9,0	4,6	8,7	4,9	16,8	26,8	11,8
2005	26,9	22,2	20,0	17,0	15,8	20,8	8,8	3,7	3,4	12,2	22,2	10,8	15,3
2006	25,2	26,1	21,0	31,7	16,1	14,3	10,0	12,2	12,2	9,8	17,4	22,0	18,2
2007	7,5	7,4	11,4	14,1	8,0	7,5	13,2	18,2	8,5	4,8	2,2	12,5	9,6
2008	18,4	9,5	14,0	14,6	10,6	8,2	8,1	8,7	15,3	11,9	8,8	2,3	10,9
2009	13,2	8,6	7,9	7,0	1,7	1,9	9,6	9,6	6,9	12,4	12,4	16,0	8,9
2010	15,2	16,8	20,4	16,8	17,4	14,1	3,9	9,6	11,4	16,0	12,6	13,8	14,0
2011	14,0	11,8	17,1	10,9	4,3	8,6	7,7	7,7	15,2	19,2	18,1	5,0	11,6
2012	7,1	25,6	6,4	6,3	10,9	6,4	12,0	16,7	12,4	10,2	0,0	4,8	9,9
2013	4,0	11,4	16,0	21,5	7,3	6,6	10,5	10,8	3,3	3,8	2,6	16,8	9,6
2014	11,1	4,6	3,7	8,6	20,2	17,9	4,4	10,6	6,4	14,7	19,3	24,4	12,2
2015	24,5	19,9	25,5	35,1	22,1	7,5	6,2	11,6	10,8	11,2	8,6	11,3	16,2
2016	9,4	7,6	12,5	18,2	14,6	7,5	9,3	7,5	15,0	13,1	17,8	22,6	12,9
2017	25,6	20,6	14,6	13,8	3,3	2,9	7,7	9,4	8,7	10,4	15,4	5,5	11,5
2018	6,4	13,4	14,9	18,8	6,2	5,4	16,1	20,0	17,9	16,1	14,9	15,9	13,8
2019	18,1	15,2	17,6	7,2	4,2	7,1	5,3	5,6	15,0	17,7	6,1	8,0	10,6
2020	14,5	4,6	2,4	5,2	2,0	7,9	4,9	8,7	11,9	5,3	16,9	13,9	8,2
2021	5,9	22,6	26,8	27,5	12,9	12,1	16,2	8,0	14,9	16,8	18,8	19,2	16,8
2022	17,6	17,8	24,3	2,1	4,2	10,7	8,7	7,7	5,3	0,3	0,5	0,5	8,3
2023	4,0	13,7	15,3	8,0	14,0	23,2	15,5	5,8	11,1	13,0	6,4	20,1	12,5
2024	20,4	16,3	15,0	6,8	4,9	8,4	8,0	8,7	5,3	1,3	7,0	4,1	8,8
2025	12,4	19,7	7,3	0,8	5,7	5,3	4,8	5,9	8,9	12,7	4,1	12,9	8,4
<b>Qsr</b>	<b>14,95</b>	<b>15,13</b>	<b>13,56</b>	<b>10,38</b>	<b>8,79</b>	<b>8,77</b>	<b>9,55</b>	<b>9,94</b>	<b>11,08</b>	<b>12,00</b>	<b>13,49</b>	<b>14,00</b>	<b>11,80</b>
<b>St.dev</b>	<b>7,29</b>	<b>7,11</b>	<b>7,49</b>	<b>8,68</b>	<b>6,42</b>	<b>5,66</b>	<b>5,32</b>	<b>5,63</b>	<b>5,04</b>	<b>5,87</b>	<b>6,98</b>	<b>6,83</b>	<b>3,21</b>
<b>Cv</b>	<b>0,49</b>	<b>0,47</b>	<b>0,55</b>	<b>0,84</b>	<b>0,73</b>	<b>0,65</b>	<b>0,56</b>	<b>0,57</b>	<b>0,45</b>	<b>0,49</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,27</b>

Обрађено на основу података из базе Лимских ХЕ



Поређењем се може констатовати да у вишегодишњем билансу вода у профилу бране Кокин Брод између ова два режима за исти период рада 1967-2025.год. нема битних разлика, што указује на коректна осматрања и мерења и поуздане прорачуне и најважније да се не уочавају аномалије у раду и начину управљања акумулацијом Кокин Брод. Разлика у просечном вишегодишњем протицају између ова два режима је 4,1% што је у домену тачности прорачуна. Јасно је да у неким месецима и периодима године, а зависно од хидролошких услова и потреба електроенергетског система постоје значајне разлике.

У поређењу са вредностима датим у Лит./1/, није дошло до значајних промена вредности средњих годишњих природних и регулисаних протицаја у профилу бране Кокин Брод.

По претходно приказаној методологији срачунати су средњи месечни и годишњи природни протицаји на брани Радоиња. У табели у наставку (Табела 3.6) приказани су природни средњи месечни и годишњи протицаји за анализирани период 1946-2025. година у профилу бране Радоиња са карактеристичним статистичким параметрима – просечне вишегодишње вредности, стандардна девијација, коефицијенат варијације.

**Табела 3.6: Средњи месечни и годишњи природни протицаји на профилу бране Радоиња за период 1946-2025. год.**

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1946	10,4	13,3	18,1	13,3	12,4	5,4	1,3	0,4	0,5	1,2	31,5	14,8	10,2
1947	6,9	24,4	30,4	18,7	16,4	10,9	6,0	4,2	7,6	5,5	10,1	19,9	13,4
1948	35,4	14,9	12,2	21,7	23,4	18,1	8,3	5,3	3,2	3,1	5,4	4,6	13,0
1949	4,5	4,2	6,8	19,9	12,3	10,7	7,9	4,4	3,6	3,9	13,8	27,6	10,0
1950	9,4	15,0	20,0	24,7	14,7	8,7	5,2	2,3	3,0	2,5	12,1	20,6	11,5
1951	8,3	11,9	22,3	26,0	25,2	16,0	6,7	3,3	2,6	5,2	13,1	6,8	12,3
1952	12,6	13,4	15,0	29,1	17,1	12,4	5,4	1,5	4,0	16,0	25,0	56,9	17,4
1953	27,0	17,7	14,2	28,7	29,7	21,3	10,0	4,9	3,8	3,0	1,9	1,0	13,6
1954	2,0	2,5	21,8	14,7	24,2	8,1	4,3	2,7	2,5	10,7	27,0	22,5	11,9
1955	24,2	40,9	26,3	31,0	12,6	8,1	15,0	18,7	14,2	30,4	27,6	40,3	24,1
1956	20,3	12,7	22,3	48,8	27,1	13,4	8,5	5,0	4,1	4,0	5,7	6,8	14,9
1957	4,9	23,1	14,7	13,3	26,9	14,4	7,0	4,5	6,2	10,2	8,6	16,5	12,5
1958	15,0	18,7	33,5	56,4	25,9	10,6	7,7	6,1	6,3	9,1	15,0	17,8	18,5
1959	21,3	16,1	26,5	11,2	23,6	29,5	24,2	20,5	15,1	5,8	18,3	23,2	19,6
1960	8,1	49,0	17,3	14,2	21,3	13,2	7,6	6,6	3,8	5,0	35,3	24,7	17,2
1961	19,0	15,9	37,6	17,6	35,4	14,9	6,2	4,2	3,6	2,6	3,7	5,4	13,8
1962	6,1	9,6	53,1	70,4	33,3	10,3	5,3	3,6	3,0	3,6	5,9	15,2	18,3
1963	28,4	21,4	31,9	26,0	10,9	15,7	7,7	4,9	3,5	3,2	5,6	18,4	14,8
1964	5,7	15,2	27,5	12,1	12,2	9,5	11,2	5,8	6,4	17,4	20,7	21,0	13,7
1965	12,7	14,4	29,3	24,2	32,5	11,4	7,2	5,4	4,7	4,3	4,6	7,6	13,2
1966	6,7	28,2	16,5	16,0	13,4	13,2	6,5	5,0	4,1	4,5	11,3	16,5	11,8
1967	6,2	9,7	37,1	31,6	16,7	14,4	20,5	5,2	3,3	1,5	2,1	6,5	12,9
1968	12,4	24,7	25,2	12,1	5,5	4,9	2,7	4,3	6,7	4,3	10,0	17,8	10,9
1969	6,8	20,9	24,6	16,8	6,9	4,3	8,1	5,8	6,7	2,9	2,9	13,5	10,0
1970	31,2	26,0	31,8	29,1	19,1	10,9	6,9	4,3	2,7	3,5	10,2	6,8	15,2
1971	17,6	9,9	21,1	22,2	6,1	5,4	3,1	2,9	7,0	6,0	10,1	10,7	10,2
1972	5,8	9,6	10,7	5,6	11,1	4,5	29,2	10,3	23,5	30,3	16,2	13,1	14,2
1973	8,8	9,5	20,1	41,7	12,4	7,8	6,6	5,7	4,2	4,2	4,3	11,2	11,4





ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1974	10,4	18,4	12,1	10,0	20,2	9,1	5,6	3,4	3,3	26,8	22,1	21,6	13,6
1975	9,5	7,7	32,6	14,7	18,1	18,8	10,6	8,6	5,3	11,7	15,8	11,9	13,8
1976	7,8	6,4	23,1	38,1	9,1	18,4	9,3	21,2	11,1	6,3	7,7	28,1	15,6
1977	16,2	31,1	19,2	17,5	8,5	8,1	9,6	5,4	5,2	6,0	9,9	10,3	12,3
1978	9,7	28,3	39,0	20,0	34,3	19,7	8,0	4,7	12,9	9,3	6,8	16,0	17,4
1979	22,2	28,9	7,8	11,2	12,3	13,7	8,5	12,6	7,1	9,6	54,8	19,2	17,3
1980	16,9	22,5	31,8	20,5	21,4	15,2	6,4	4,9	4,5	11,8	20,7	16,7	16,1
1981	10,6	9,2	67,1	19,5	15,1	10,5	8,2	6,7	8,7	9,2	11,8	41,2	18,2
1982	18,4	7,0	19,8	27,8	12,5	7,5	5,8	4,6	4,8	3,6	3,4	3,7	9,9
1983	4,9	14,2	27,4	14,7	4,5	12,6	12,6	5,7	7,1	4,7	6,6	12,7	10,6
1984	16,1	16,3	34,2	43,8	17,4	6,7	4,5	5,2	7,8	7,7	9,2	7,4	14,7
1985	11,6	19,8	26,9	22,8	8,2	5,8	4,3	5,2	4,9	3,5	37,3	17,8	14,0
1986	20,2	35,7	28,5	9,7	12,6	20,7	21,5	8,1	4,8	6,8	6,1	5,5	15,0
1987	10,6	23,1	16,0	28,3	22,4	9,6	5,8	4,1	4,8	4,9	11,4	27,0	14,0
1988	9,6	14,1	29,6	23,8	12,6	12,7	6,0	2,8	3,7	3,6	10,6	19,3	12,4
1989	7,2	12,8	24,5	8,6	22,6	34,0	16,4	10,2	12,7	16,7	10,6	19,0	16,3
1990	8,6	11,0	8,9	10,2	8,4	9,1	3,8	5,8	6,1	2,3	3,2	12,5	7,5
1991	8,6	10,7	28,7	13,6	16,3	16,1	18,5	9,7	5,2	5,5	18,8	8,4	13,3
1992	6,6	7,1	33,7	33,1	11,2	15,2	8,0	5,9	4,1	6,4	15,9	8,6	13,0
1993	5,4	5,2	17,3	26,6	8,5	3,6	2,6	1,9	2,6	2,2	3,3	11,7	7,6
1994	12,0	12,1	18,6	22,5	13,8	8,4	7,1	6,0	4,2	2,6	4,9	5,4	9,8
1995	11,8	28,5	20,6	43,1	18,3	8,5	7,6	5,0	9,8	4,8	8,1	16,3	15,2
1996	8,5	8,8	21,3	57,5	22,1	8,6	5,1	6,7	19,5	15,2	28,1	30,0	19,3
1997	21,2	9,0	18,1	45,8	23,6	10,4	6,7	4,5	3,8	6,6	6,6	18,2	14,5
1998	12,6	15,9	10,5	16,9	15,5	13,7	5,3	3,9	8,9	17,1	26,0	17,9	13,7
1999	16,2	12,3	36,5	32,4	16,9	12,2	10,5	8,4	7,2	6,5	12,9	27,4	16,6
2000	14,1	13,0	43,7	40,3	8,8	6,1	6,0	5,0	3,3	2,7	4,0	8,0	12,9
2001	11,9	11,2	15,5	26,2	12,6	10,5	6,0	6,4	10,4	7,5	13,7	10,4	11,9
2002	8,9	21,0	17,5	28,9	14,2	6,9	5,1	4,6	5,6	31,1	9,8	14,1	14,0
2003	29,9	7,4	25,5	22,7	10,7	3,2	8,2	1,6	3,4	5,8	8,2	5,0	11,0
2004	20,7	30,1	39,8	18,2	14,7	12,1	3,6	3,6	3,1	4,5	21,6	29,6	16,8
2005	10,2	5,8	55,0	28,8	17,6	14,4	4,7	8,3	6,5	11,0	12,6	28,5	17,0
2006	14,4	20,7	57,2	29,2	14,6	15,4	6,3	4,4	4,5	4,0	5,8	4,7	15,1
2007	13,2	18,0	20,4	13,4	13,5	14,3	4,0	3,6	2,7	8,5	26,4	17,9	13,0
2008	8,8	10,0	24,5	12,7	0,8	7,2	3,0	3,3	2,7	3,3	9,4	25,2	9,2
2009	15,2	10,0	30,5	22,4	6,6	10,8	16,8	5,7	3,0	5,4	23,4	14,4	13,7
2010	17,6	30,7	26,8	22,9	16,1	9,1	10,2	4,3	4,8	2,6	12,9	27,1	15,4
2011	7,6	8,9	22,0	13,4	25,1	8,4	4,2	3,8	2,7	3,0	1,6	3,1	8,7
2012	7,5	6,1	46,5	41,7	12,3	6,8	3,4	2,3	1,1	2,1	3,3	10,6	12,0
2013	14,7	25,6	41,1	18,4	13,7	14,0	6,8	4,3	6,0	4,7	7,8	8,1	13,8
2014	9,2	5,3	9,4	34,8	40,4	12,6	6,1	6,1	20,9	14,7	13,2	28,5	16,8
2015	20,2	25,3	43,0	41,5	10,0	8,9	6,0	7,0	6,8	6,5	10,9	8,4	16,2
2016	11,2	21,7	48,7	16,3	27,6	13,0	4,0	8,8	7,0	10,5	32,2	5,1	17,2
2017	4,8	20,3	24,2	14,1	10,8	10,0	6,3	5,1	2,9	4,9	3,7	20,5	10,6

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
2018	12,0	29,1	41,1	22,4	8,6	14,9	25,9	10,5	2,9	3,3	6,5	6,4	15,3
2019	8,2	25,3	33,7	15,5	13,5	22,2	6,5	7,0	2,6	1,0	10,7	7,4	12,8
2020	8,4	16,1	26,6	9,9	6,2	25,1	8,2	18,9	6,6	8,3	6,2	7,5	12,3
2021	29,5	43,0	20,9	34,9	10,7	6,0	3,8	1,4	1,4	2,6	2,4	15,1	14,3
2022	12,7	17,0	15,3	21,9	8,1	8,6	2,5	1,8	3,1	2,1	11,6	19,6	10,3
2023	39,1	16,4	28,1	24,7	14,9	40,5	6,9	3,4	2,2	2,1	13,1	28,4	18,3
2024	11,8	8,8	10,6	7,6	10,0	3,6	2,4	1,5	1,7	1,5	2,8	7,9	5,9
2025	18,6	9,8	17,0	22,9	7,2	2,7	1,5	1,3	1,7	5,4	13,5	12,9	9,6
<b>Qsr</b>	<b>13,4</b>	<b>17,1</b>	<b>26,3</b>	<b>24,2</b>	<b>16,0</b>	<b>12,1</b>	<b>7,9</b>	<b>5,8</b>	<b>5,7</b>	<b>7,2</b>	<b>12,7</b>	<b>15,9</b>	<b>13,7</b>
<b>St.dev</b>	<b>7,54</b>	<b>9,35</b>	<b>12,04</b>	<b>12,44</b>	<b>7,91</b>	<b>6,51</b>	<b>5,37</b>	<b>3,97</b>	<b>4,25</b>	<b>6,50</b>	<b>9,70</b>	<b>9,77</b>	<b>3,12</b>
<b>Cv</b>	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>	<b>0,46</b>	<b>0,51</b>	<b>0,49</b>	<b>0,54</b>	<b>0,68</b>	<b>0,69</b>	<b>0,74</b>	<b>0,90</b>	<b>0,76</b>	<b>0,61</b>	<b>0,23</b>

Обрађено на основу података из базе Лимских ХЕ

Само за период 1967-2025.г  $Q_{sr}=13,4\text{m}^3/\text{s}$ .

Просечни протицај за период 1946-2025. година износи  $13,7\text{ m}^3/\text{s}$ , или специфични отицај  $10,87\text{ l/s/km}^2$ , што указује на значајнију водност овог слива. У анализираном периоду, вредност годишњег просечног протицаја у профилу бране Радоиња је варирала у интервалу од  $5,9\text{ m}^3/\text{s}$  у сушној 2024. години, до  $24,1$  и  $19,6\text{ m}^3/\text{s}$  у кишним 1955. и 1959. години. Може се из претходних табела (Табела 3.4 и Табела 3.6) уочити да је просечан вишегодишњи доток међуслива између брана Кокин Брод и Радоиња  $1,03\text{ m}^3/\text{s}$ .

У табели испод (Табела 3.7) приказани су регулисани средњи месечни и годишњи протицаји за период 1967-2025. година у профилу бране Радоиња са карактеристичним статистичким параметрима – просечне вишегодишње вредности, стандардна девијација, коефицијенат варијације.

**Табела 3.7: Средњи месечни и годишњи регулисани протицаји на профилу бране Радоиња за период 1967-2025. год.**

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1967	11,4	9,1	7,5	8,2	10,2	12,6	24,3	20,7	21,7	22,9	18,7	8,4	14,6
1968	8,1	11,8	10,1	11,3	9,7	3,3	1,9	8,0	9,4	13,1	8,9	9,7	8,8
1969	17,8	10,8	13,2	11,5	8,6	3,2	15,7	19,4	12,4	19,4	19,2	12,6	13,7
1970	8,4	8,7	10,0	11,7	17,8	14,0	12,1	19,5	19,2	20,8	14,1	16,3	14,4
1971	10,2	9,7	9,3	8,2	1,9	6,7	12,6	18,7	16,5	18,0	14,1	12,3	11,5
1972	14,3	9,6	5,5	4,4	2,3	2,8	3,7	6,4	10,0	18,8	15,1	20,8	9,5
1973	28,2	21,3	26,4	4,1	3,0	6,8	11,3	18,1	19,2	16,0	26,0	19,7	16,7
1974	10,5	3,6	11,1	7,3	3,6	3,7	7,7	9,2	9,0	6,5	10,6	17,0	8,3
1975	25,7	31,4	17,1	12,4	3,8	5,1	10,5	8,3	11,4	15,4	26,2	26,6	16,2
1976	20,9	22,7	11,1	11,1	7,2	3,3	13,5	6,4	18,9	18,8	10,1	15,3	13,3
1977	21,8	16,2	19,9	14,9	9,5	7,5	12,9	4,2	3,9	8,6	23,4	28,1	14,2
1978	23,6	19,9	14,7	10,1	19,0	14,0	11,8	14,3	15,8	15,0	31,1	20,5	17,5
1979	11,5	15,1	12,5	11,0	4,2	6,8	2,1	5,3	7,7	17,0	6,4	4,0	8,6
1980	12,7	13,3	26,8	32,5	19,0	14,4	15,3	11,7	15,8	15,4	13,4	11,1	16,8
1981	22,9	22,6	16,4	23,9	9,2	9,4	12,9	12,9	15,8	11,1	23,5	18,7	16,6
1982	20,3	32,9	31,9	9,1	9,9	12,9	11,0	8,0	9,4	7,5	21,5	15,8	15,9
1983	2,6	11,0	14,6	3,1	2,7	10,7	5,7	13,1	17,8	19,3	20,1	4,6	10,4



ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
1984	4,8	12,9	17,5	6,4	4,3	5,5	4,6	3,5	4,3	7,0	10,7	25,9	9,0
1985	22,2	19,1	9,9	4,3	7,2	14,2	10,0	5,7	9,2	19,4	17,5	8,0	12,2
1986	10,8	15,4	32,0	22,8	8,8	14,6	17,7	10,4	14,6	18,1	19,3	20,9	17,1
1987	11,7	13,5	12,1	6,2	5,1	4,1	5,7	1,4	15,6	12,6	12,6	11,9	9,4
1988	14,0	12,5	16,9	14,5	14,6	20,0	11,3	5,6	2,3	14,4	20,2	13,8	13,3
1989	22,0	14,6	15,4	0,7	3,3	5,2	16,3	13,2	12,0	12,7	15,0	21,1	12,6
1990	22,9	12,7	8,1	2,1	7,2	18,2	1,5	14,8	16,3	4,7	4,8	3,4	9,7
1991	3,9	20,6	5,5	1,7	4,6	6,3	15,6	14,7	14,9	2,6	4,6	21,1	9,7
1992	22,3	22,5	11,1	4,9	15,2	6,9	19,6	18,2	9,8	1,9	8,4	15,2	13,0
1993	23,4	26,3	15,1	3,2	2,5	6,6	3,5	5,8	3,4	2,6	16,0	16,7	10,4
1994	12,3	21,2	3,9	8,6	3,8	5,0	0,8	0,9	8,1	18,9	21,0	27,1	11,0
1995	22,4	7,1	2,6	3,9	3,0	1,8	5,0	2,1	4,5	16,1	22,1	19,0	9,1
1996	20,3	28,9	26,6	5,9	6,3	9,7	14,3	21,8	13,0	7,6	11,2	21,2	15,6
1997	26,8	21,9	12,6	30,8	30,9	19,6	19,1	3,0	6,4	18,9	7,5	10,2	17,3
1998	10,4	13,7	23,4	3,8	10,3	15,0	11,7	10,4	12,3	6,1	6,3	15,7	11,6
1999	19,6	21,0	20,0	22,8	22,5	17,1	9,7	13,8	20,7	18,1	23,6	21,8	19,2
2000	25,5	21,5	18,0	9,3	10,4	19,4	26,8	25,2	22,2	24,2	20,9	11,8	19,6
2001	7,7	10,7	4,9	4,8	1,0	2,3	1,4	8,0	6,1	14,3	17,8	21,1	8,3
2002	17,4	6,7	4,0	6,7	0,1	3,8	4,3	0,7	1,0	3,0	12,1	12,2	6,0
2003	25,3	28,6	26,4	18,1	12,2	3,5	14,7	17,6	12,3	15,4	5,9	5,2	15,4
2004	5,3	11,7	23,9	14,0	13,7	10,6	9,3	5,0	8,8	5,4	17,4	29,2	12,9
2005	29,2	24,3	23,7	19,0	17,4	22,1	9,7	4,1	3,9	13,6	23,6	12,7	16,9
2006	27,1	28,4	25,1	33,3	17,5	15,5	10,6	12,7	12,9	10,1	18,2	23,2	19,6
2007	8,6	8,8	13,4	15,6	9,7	8,1	14,0	19,1	8,6	5,7	4,3	14,5	10,9
2008	20,3	10,4	15,6	15,9	3,9	8,6	8,4	9,0	15,5	12,1	9,0	3,3	11,0
2009	13,9	9,3	10,2	8,7	2,3	2,0	11,1	10,3	7,4	14,5	14,7	18,0	10,2
2010	17,1	20,1	23,5	19,3	19,5	16,1	5,6	10,9	12,4	17,2	14,3	16,3	16,0
2011	15,2	13,3	19,3	12,4	6,6	10,7	7,6	7,9	16,2	20,3	19,1	5,4	12,8
2012	7,9	27,4	10,5	9,0	8,3	7,1	12,8	17,7	13,1	10,9	0,0	5,3	10,8
2013	5,1	12,7	18,4	23,3	9,2	7,1	11,1	11,4	3,3	3,9	2,7	17,8	10,5
2014	11,6	4,9	4,2	11,4	24,5	19,9	5,2	11,6	7,6	16,1	20,9	27,2	13,8
2015	26,7	22,6	29,5	38,8	24,7	8,5	6,3	12,2	11,4	12,1	9,0	11,9	17,8
2016	10,3	9,3	16,7	20,5	20,4	8,9	10,2	8,4	15,9	14,4	20,4	24,0	15,0
2017	26,8	22,7	16,7	15,6	4,1	3,8	8,1	10,0	9,1	11,2	16,5	7,3	12,7
2018	7,4	15,5	18,2	20,9	7,6	5,9	19,0	22,4	19,1	17,1	16,1	17,4	15,6
2019	19,5	18,0	20,5	9,1	5,5	8,3	5,7	5,7	15,5	18,2	6,2	8,4	11,7
2020	14,6	5,6	4,1	5,6	2,9	9,6	5,4	9,6	12,4	5,4	17,0	14,2	8,9
2021	7,7	25,1	28,1	29,7	13,7	13,0	16,4	8,9	14,4	17,2	19,2	20,9	17,9
2022	18,8	19,6	25,9	3,3	5,0	11,4	8,8	8,1	5,0	0,4	0,5	1,1	9,0
2023	6,2	15,2	17,9	10,6	15,5	28,0	16,9	6,3	11,2	13,2	6,9	22,2	14,2
2024	21,9	17,3	16,2	7,6	5,8	9,3	8,0	8,8	5,2	1,3	7,0	4,4	9,4
2025	13,6	20,9	8,9	3,0	6,1	5,6	5,1	6,1	9,4	13,7	4,8	14,4	9,3
Qsr	16,1	16,7	15,8	12,3	9,5	9,8	10,4	10,6	11,5	12,8	14,4	15,3	12,93
St.dev	7,34	7,10	7,66	8,78	6,90	5,83	5,63	5,87	5,25	6,03	7,12	7,12	3,38

ГОД.	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕПТ	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД.
Cv	0,46	0,43	0,48	0,72	0,73	0,60	0,54	0,55	0,45	0,47	0,50	0,46	0,26

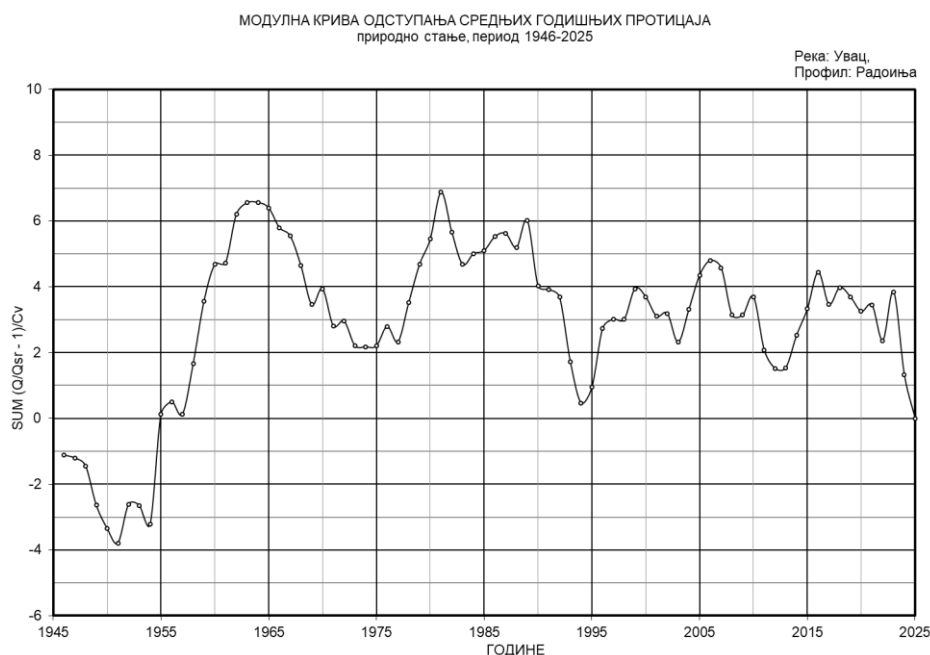
Обрађено на основу података из базе Лимских ХЕ

Поређењем се може констатовати да у вишегодишњем билансу вода у профилу бране Радоиња између ова два режима за исте периоде рада 1967-2025.год. нема битних разлика, што указује на коректна осматрања и мерења и поуздане прорачуне и најважније да се не уочавају аномалије у раду и начину управљања акумулацијом Радоиња. Разлика у просечном вишегодишњем протицају је између ова два режима је 3,5% што је у домену тачности прорачуна и чињенице да се ради о малој акумулацији. Јасно је да у неким месецима и периодима године, а зависно од хидролошких услова и потреба електроенергетског система постоје значајне разлике.

У поређењу са вредностима датим у Лит./1/, није дошло до значајних промена вредности средњих годишњих природних и регулисаних протицаја у профилу бране Радоиња.

За боље сагледавање режима природних дотока у акумулацију Радоиња извршене су анализа цикличности, вероватноће појаве средњих годишњих протицаја и криве трајања дневних дотока. Јасно је да су ове анализе врло сличне и за профиле остале две узводне бране Кокин Брод и Увац, јер се ради о истом сливу.

Добар показатељ цикличности, односно хронолошке законитости смењивања кишних и сушних година, урађена је преко такозване интегралне криве модулних одступања од просечне вредности, која је приказана на слици у наставку (Слика 3.2).



Слика 3.2: Модулна крива одступања средњих годишњих природних протицаја, профил Радоиња у периоду 1946-2025. год.

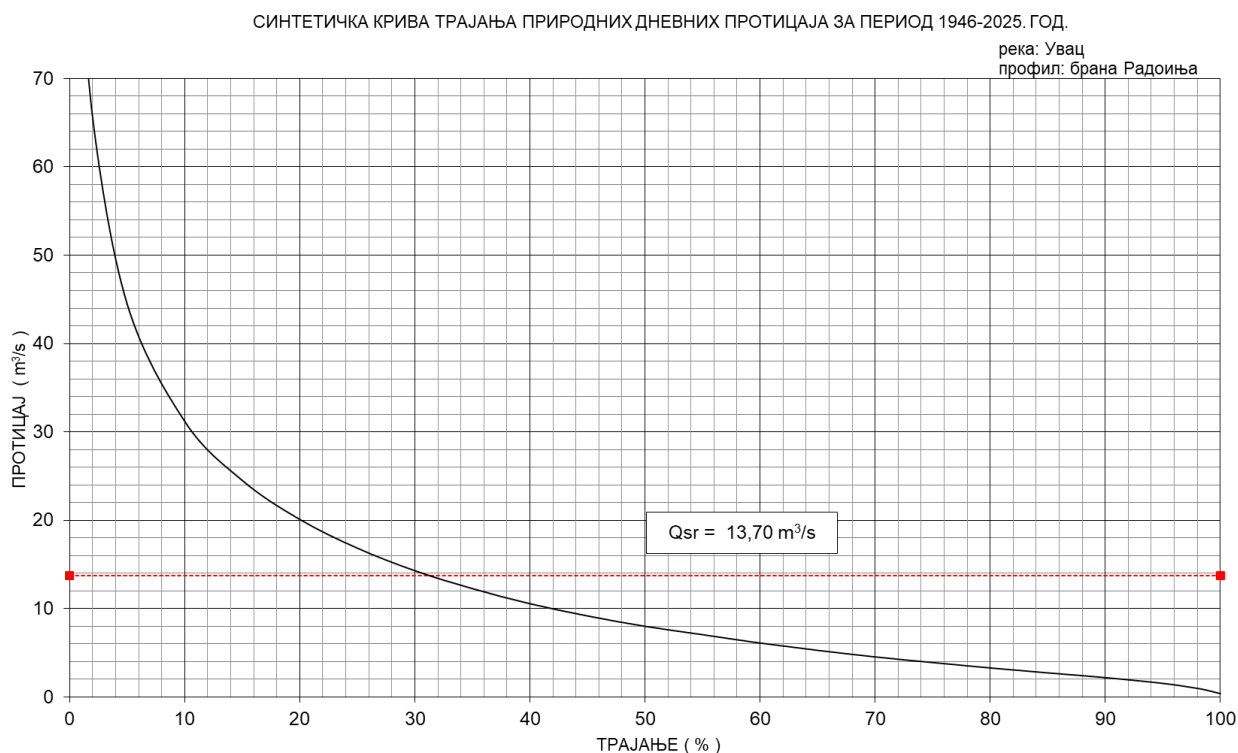
Временски период у коме ординате интегралне криве имају позитиван прираст карактерише воднији период, а обрнуто (супротно) карактерише сушнији период. Из претходне слике (Слика 3.2) следи да у анализираном периоду ови циклуси нису изражени. Може се издвојити као изразитији само кишни период 1955-1965.год. који је и иначе карактеристичан за подручје Србије, а сви остали су краћих трајања.

Крива трајања природних средњих дневних протицаја у профилу бране Радоиња приказана је на слици у наставку (Слика 3.3). Прво је за период 1967-2025. год. одређена

бездимензионална крива трајања дневних протицаја, а затим је стандардним поступком дефинисана крива трајања дневних протицаја за просечан вишегодишњи протицај целог анализаног периода 1946-2025. год. од  $Q_{cp}=13,70 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Може се уочити да су протицаји већи од вишегодишњег просека заступљени у око 31,4% трајања времена, што је потпуно у складу са свим регионалним показатељима, Лит./2,3,6,8/.

У поређењу са вредностима датим у Лит./1/, није дошло до значајних промена у ординатама криве трајања природних дневних протицаја.



Слика 3.3: Крива трајања природних дневних протицаја у профилу бране Радоиња, период 1946-2025. год. природно стање

Табела 3.8: Табеларна крива трајања природних средњих дневних протицаја у профилу бране Радоиња, период 1946-2025. год. природно стање

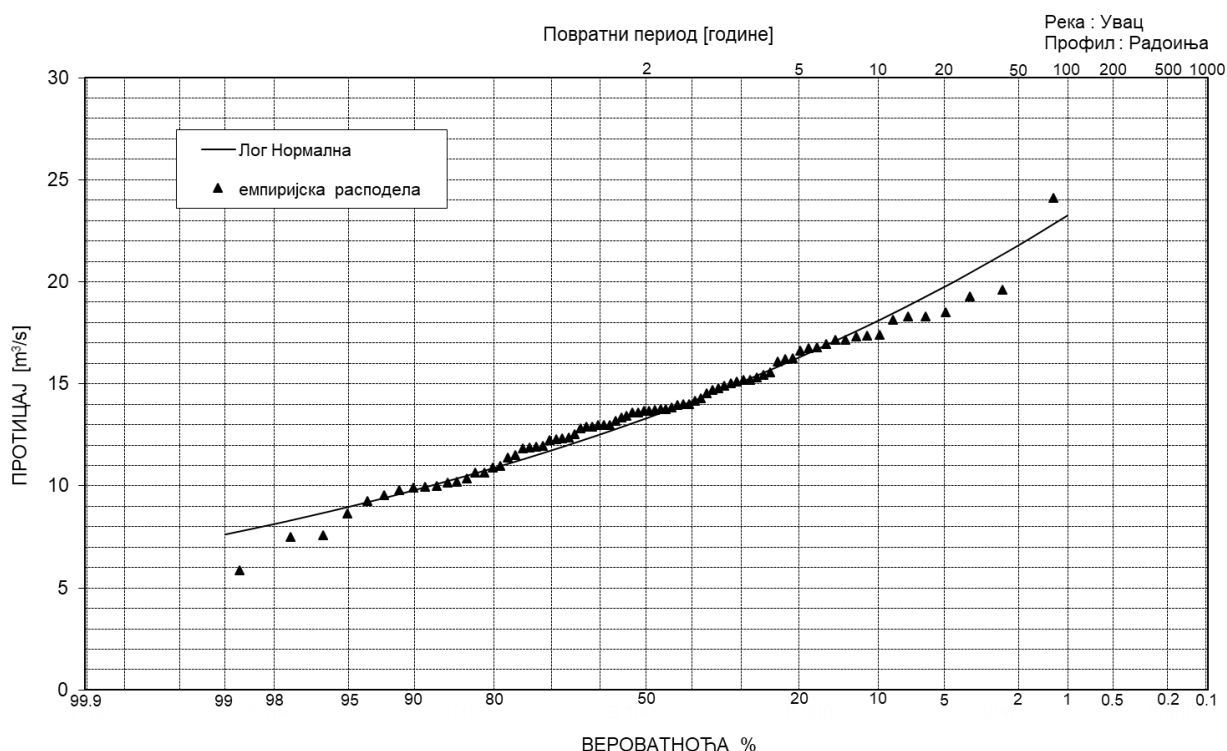
%	1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	99
$\text{m}^3/\text{s}$	86,9	65,7	44,5	31,2	20,1	14,3	10,5	8,0	6,1	4,5	3,2	2,15	1,50	0,93	0,67

Нумерички показатељи теоријских вредности вероватноће појаве средњих годишњих протицаја приказани су у табели испод (Табела 3.9), а графички на слици у наставку (Слика 3.4). Примењено је више теоријских функција расподеле, а усвојена је Лог-Нормална расподела која је по тестовима добротe прилагођавања теоријске криве на емпиријске податке показала најбоље слагање. Продужавање низа који се користи за статистичку анализу није изазвало значајна одступања у односу на карактеристичне вредности протицаја дате у оквиру Лит./1/.

Табела 3.9: Вероватноћа појаве природних средњих годишњих протицаја на профилу бране Радоиња за период 1946-2025. год.

P [%]	1	2	5	10	50	90	95	98	99
$Q_{sr} [\text{m}^3/\text{s}]$	23,3	21,8	19,8	18,1	13,3	9,8	9,0	8,2	7,6

ДИЈАГРАМ ВЕРОВАТНОЋЕ ПОЈАВЕ ПРИРОДНИХ СРЕДЊИХ ГОДИШЊИХ ПРОТИЦАЈА период 1946-2025



Слика 3.4: Дијаграм вероватноће појаве природних средњих годишњих протицаја, профил бране Радоиња, период 1946-2025. год.

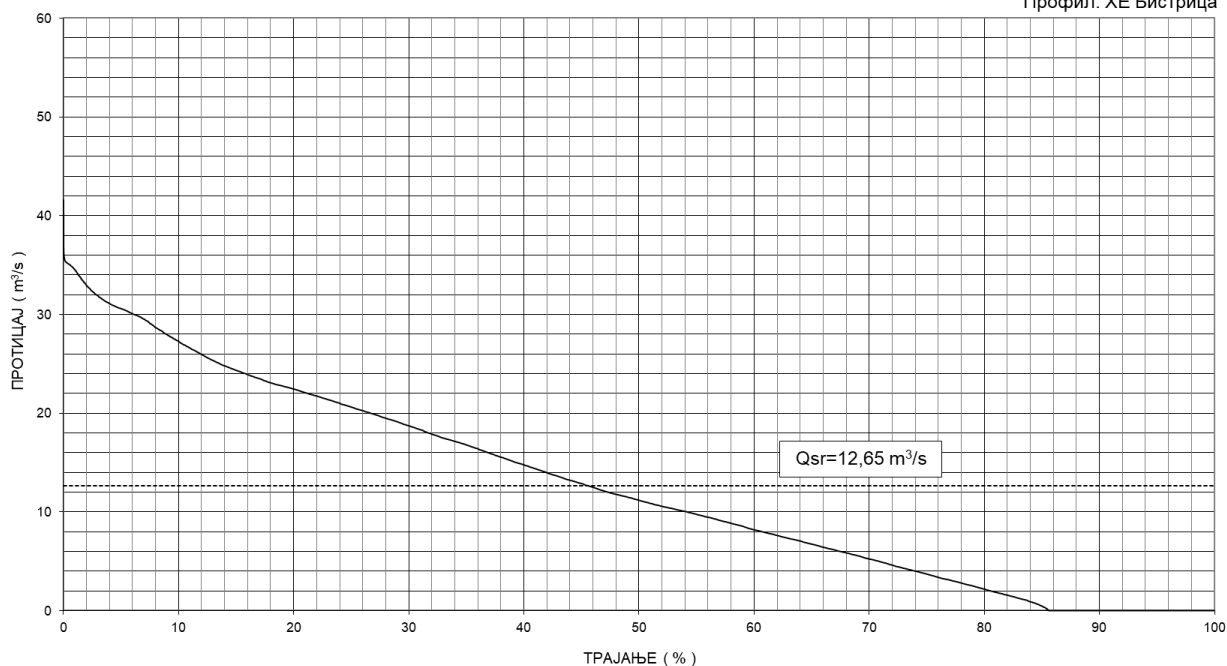
Од значаја је сагледати и реализовану криву трајања средњих дневних протицаја кроз турбине у целом периоду експлоатације ХЕ Бистрица у периоду 1967-2025. год. Приказана је на слици у наставку (Слика 3.5) са јасно уочљивим избалансираним протоцима и просечним вишегодишњим протицајем од  $12,65 \text{ m}^3/\text{s}$  трајања око 45,9%. Може се уочити да у просеку у око 14,4% времена ХЕ није радила, што је обично било везано за сушне периоде времена када и у дужем периоду нема довољно воде за оптималан рад турбина ХЕ Бистрица, затим за периоде ремонта, или усвојеног режима рада или ако је систем остао без довољно залиха воде у узводним акумулацијама.

Поређењем са просечним вишегодишњим регулисаним протицајем (Табела 3.7) од  $12,93 \text{ m}^3/\text{s}$  може се констатовати да разлика од просечних  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  представља енергетски неискоришћене воде система које се скоро у целини могу приписати преливним водама из акумулације Радоиња у анализираном периоду и тачности прорачуна. Ова анализа указује да су практично све воде са слива Увца узводно од бране Радоиња енергетски искоришћене и преведене у Потпећку акумулацију, односно у реку Лим, јер велика укупна запремина узводних акумулација у потпуности омогућава вишегодишње изравнање вода у сливу реке Увац.

У поређењу са вредностима датим у Лит./1/, није дошло до значајних промена у ординатама криве трајања средњих дневних регулисаних протицаја.

КРИВА ТРАЈАЊА СРЕДЊИХ ДНЕВНИХ РЕГУЛИСАНИХ ПРОТИЦАЈА КРОЗ ТУРБИНЕ  
период 1967-2025

Река: Увац  
Профил: ХЕ Бистрица



Слика 3.5: Крива трајања средњих дневних регулисаних протицаја кроз турбине у ХЕ Бистрица, период 1967-2025. год.

Табела 3.10: Табеларна крива трајања средњих дневних регулисаних протицаја кроз турбине у ХЕ Бистрица, период 1967-2025. год.

%	1	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	85,6	90	95	98	99
m³/s	34,5	32,9	30,6	27,3	22,4	18,7	14,8	11,2	8,2	5,2	2,2	0	0	0	0	0

### 3.4 Велике воде

Велике воде је потребно проверити и ажурирати у профилу бране Радоиња, за природно и актуелно-постојеће стање. С обзиром на врло велику укупну почетну запремину узводних акумулација Кокин Брод и Увац од око 500 милиона m³, поред пика поплавног таласа, од посебног значаја су и хидрограми великих вода због њихове значајне трансформације у акумулацијама.

#### 3.4.1 Природан режим вода

Од 1967. год. се врше редовна и осматрања и мерења на појединим бранама и акумулацијама на Увцу (детаљније у поглављу 3.3.1) па је, како је то и описано у поглављу 3.3, могуће и реконструисати природне средње дневне дотоке на улазу у акумулације. Постоје квалитетни подаци на дневном нивоу, но за реконструкцију хидрограма са часовном дискретизацијом није било довољно квалитетних података. Прелиминарном анализом расположивих података као и њиховог квалитета и квантитета закључено је да реконструкција максималних годишњих хидрограма по пику може дати задовољавајуће резултате на брани и акумулацији Увац и то за период 1980-2025.год. а за период 1967-1979. година су искоришћени осматрени подаци са бране и акумулације Кокин Брод пошто је



она у том периоду била чеона-улазна акумулација система. Само у мањем броју случајева-епизода појаве велике воде, располагало се и часовним вредностима, а у већини шесточасовним подацима. Такође је било и епизода великих вода са само средње дневним вредностима, па је у тим случајевима коришћена сасвим солидна зависност максималног апсолутног-тренутног протицаја и средње дневног максималног протицаја, изведена за профил бране Увац из расположивог фонда података.

У табели испод (Табела 3.11) приказани су за цео анализирани период 1967-2025. год. временски периоди у којима су на профилима Увац и Кокин Брод појављени максимални годишњи протицаји. Поред максималног протицаја у свакој години издвојено је још неколико за које постоје квалитетни подаци, а искористиви су за анализу зависности  $Q_{maks.sr.dnevni} = (f) Q_{maks.aps.} = (f)$

**Табела 3.11: Временске епизоде максималних средњих дневних протицаја у профилима брана Кокин Брод (1967-1978. год.) и Увац (1979-2025. год.)**

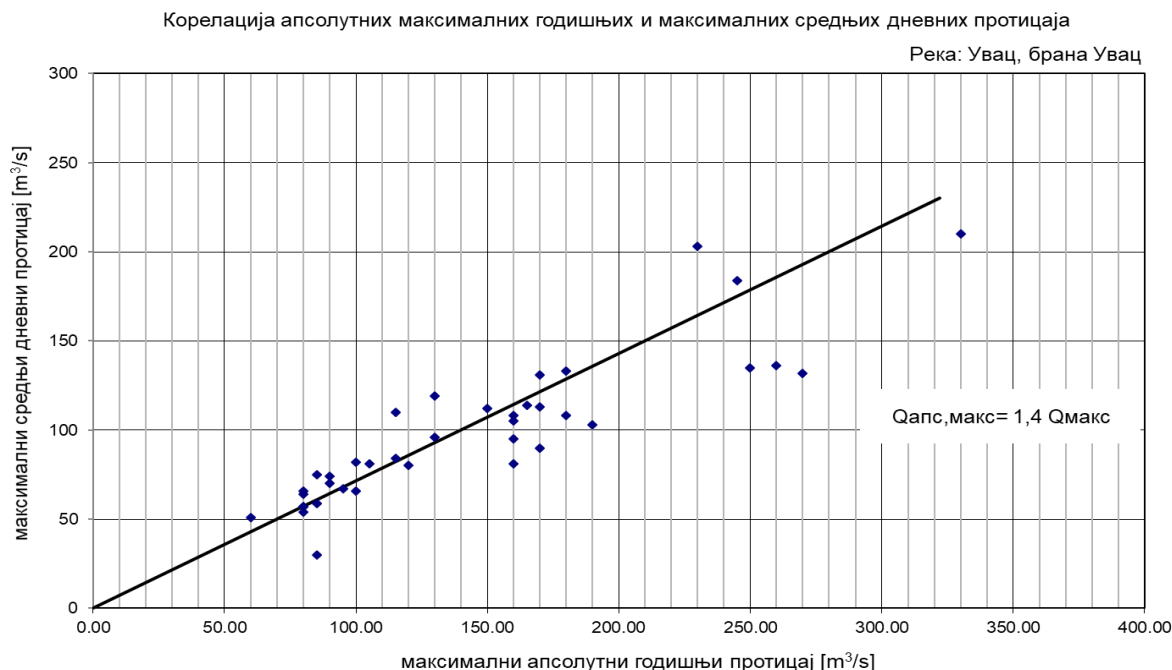
Брана – ХЕ	Година	Датум-период	$Q_{maks.sr.dnevni}$ (m <sup>3</sup> /s)
Кокин Брод	1967	29.03-5.04	152,3
Кокин Брод	1968	23.02-29.02	105,4
Кокин Брод	1968	2.06-5.06	136,2
Кокин Брод	1969	4.12-9.12	88,1
Кокин Брод	1970	4.01-10.01	101,3
Кокин Брод	1971	19.03-25.03	80,1
Кокин Брод	1972	14.07-20.07	156,0
Кокин Брод	1973	27.03-5.04	95,6
Кокин Брод	1974	22.10-28.10	135,2
Кокин Брод	1975	18.11-24.11	75,0
Кокин Брод	1976	17.08-27.08	163,4
Кокин Брод	1977	27.01-5.02	129,7
Кокин Брод	1978	12.02-18.02	91,4
Увац	1979	15.11-20.11	216,0
Увац	1980	22.03-26.03	166,7
Увац	1981	9.03-15.03	136,1
Увац	1982	128.03-4.04	51,5
Увац	1983	24.03-29.03	55,4
Увац	1984	25.03-1.04	78,9
Увац	1985	19.11-23.11	203,0
Увац	1986	17.02-22.02	130,1
Увац	1987	14.12-18.12	111,0
Увац	1988	3.12-5.12	63,6
Увац	1989	8.10-13.10	67,2
Увац	1990	9.12-14.12	29,2
Увац	1991	17.11-21.11	95,6
Увац	1992	16.11-19.11	89,3





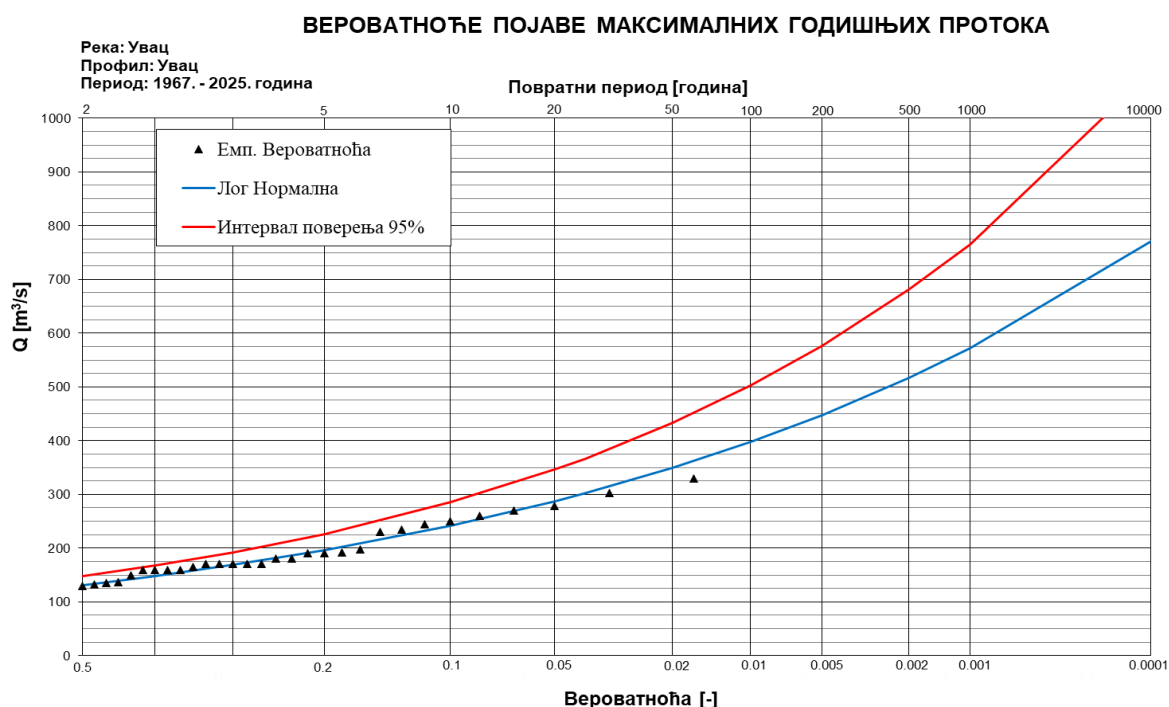
Брана – ХЕ	Година	Датум-период	$Q_{\text{maks, sr. dnevni}} \text{ (m}^3/\text{s)}$
Увац	1993	4.04-11.04	46,6
Увац	1994	11.04-16.04	107,9
Увац	1995	3.04-8.04	132,2
Увац	1996	15-19.05	110,17
Увац	1996	1-8.04	131,76
Увац	1997	19-25.04	75,33
Увац	1998	7-10.11	105,32
Увац	1999	26-31.12	118,82
Увац	2000	27-31.03	184,25
Увац	2001	20-24.04	56,50
Увац	2002	10-15.10	112,96
Увац	2003	7-13.01	94,55
Увац	2004	25.02-1.03	130,53
Увац	2005	24-30.03	209,22
Увац	2006	21-25.03	111,55
Увац	2007	24-30.11	59,13
Увац	2008	3-7.12	81,87
Увац	2009	6-10.11	135,35
Увац	2010	18-24.02	108,16
Увац	2011	16-19.03	54,41
Увац	2012	25-30.03	83,86
Увац	2013	14-18.03	80,84
Увац	2014	14-19.05	80,69
Увац	2014	1-5.12	132,58
Увац	2015	25-31.03	69,72
Увац	2016	7-11.11	113,98
Увац	2017	5-9.02	50,77
Увац	2018	5-9.03	74,26
Увац	2018	2-7.02	103,08
Увац	2019	2-8.02	66,0
Увац	2020	22-27.06	69,26
Увац	2020	14-18.08	79,54
Увац	2021	11-13.02	91,38
Увац	2022	17-19.12	97,48
Увац	2023	18-22.01	199,02
Увац	2024	7-9.01	16,71
Увац	2025	7-11.01	40,37

Може се констатовати да се велике воде најчешће јављају у рано пролеће и да су уобичајено трајања 3-5 дана. У Лит./1/ успостављена је корелација апсолутних и средњих дневних максимума са следећом усвојеном једначином,  $Q_{aps.maks.} = 1,4 Q_{dn.maks.}$  која је за овакав тип анализа солидна, и у оквиру очекиваних вредности са неким упоредним анализама са сливовима сличних физичко-географских карактеристика и сливних површина.



Слика 3.6: Корелација максималних годишњих апсолутних дневних и средњих дневних протицаја, профил Увац

За дефинисање вероватноће појаве апсолутних максималних годишњих протицаја реке Увац у профилу бране Увац коришћен је продужен низ, чије су вредности и емпиријска расподела графички приказане на слици у наставку (Слика 3.7).



Слика 3.7: Вероватноћа појаве апсолутних (тренутних) максималних протицаја, профил брана Увац, природно стање, период 1967-2025. год.

**Табела 3.12: Вероватноћа појаве апсолутних максималних годишњих протицаја на профилу бране Увац, природно стање, период 1967-2025. год.**

ХЕ Увац Q <sub>макс</sub> [m <sup>3</sup> /s]	P [%]	10	5	2	1	0,1	0,01
<b>инт. пов.</b>	<b>50%</b>	<b>242</b>	<b>288</b>	<b>349</b>	<b>398</b>	<b>572</b>	<b>771</b>
инт. пов.	95%	285	346	433	502	766	1085

У анализу су поред очекиваних великих вода укључени и прорачуни за интервал поверења 95%, који је уобичајен код прорачуна већих ризика, или недовољно поузданих података, а даје могућност ширег сагледавања феномена појаве великих вода. Такође је познато да екстремни подаци о максималним протицајима захтевају додатну сигурност, јер могу бити делом и потцењени, а поготово ако су посредно изведени.

Поређењем вредности из Лит./1/ и нових прорачуна, може се закључити да није дошло до значајних промена.

Како се за профиле брана Кокин Брод и Радоиња није располагало адекватним подацима за исту/сличну статистичку анализу максималних протицаја као на брани Увац, а налазе се у истом сливу и на истом водотоку, примерено је неком од метода срачунате велике воде аплицирати и на овај профил. Примењена је једна од приближних искуствених метода, чија је општа формула дата релацијом:

$$Q_n = \left( \frac{A_n}{A} \right)^n \times Q$$

где су:

Q<sub>n</sub> – максимални протицај неизученог слива – бране Кокин Брод и Радоиња (m<sup>3</sup>/s)

Q – максимални протицај изученог слива – бране Кокин Брод и Радоиња (m<sup>3</sup>/s)

A<sub>n</sub> – површина неизученог слива – слив до профила бране (km<sup>2</sup>)

A – површина изученог слива – слив до профила бране (km<sup>2</sup>)

n – коефицијент степена редукције

На основу теоријских и искуствених података за анализирани слив је усвојена просечна вредност од n=0,70 за све вероватноће појаве максималних протицаја. Примењујући горњу релацију у табели испод (Табела 3.13) су приказане оцењене вредности максималних протицаја различите вероватноће појаве и у профилима брана Кокин Брод и Радоиња користећи статистичку методу.

**Табела 3.13: Вероватноћа појаве апсолутних максималних годишњих протицаја на профилима брана Кокин Брод и Радоиња, природно стање, период 1967-2025. год.**

Q <sub>макс</sub> [m <sup>3</sup> /s]	P [%]	10	5	2	1	0,1	0,01
<b>Кокин Брод инт. пов.</b>	<b>50%</b>	<b>289</b>	<b>343</b>	<b>417</b>	<b>475</b>	<b>683</b>	<b>921</b>
Кокин Брод инт. пов.	95%	340	413	517	599	914	1295
<b>Радоиња инт. пов.</b>	<b>50%</b>	<b>306</b>	<b>364</b>	<b>442</b>	<b>503</b>	<b>723</b>	<b>976</b>
Радоиња инт. пов.	95%	360	438	548	635	969	1372

### Детерминистички модел одређивања карактеристичних максималних хидрограма

За трансформацију меродавних падавина у хидрограме великих вода примењен је детерминистички приступ који се заснива на комбинацији SCS (Soil Conservation Service) методе и концепта сложеног јединичног хидрограма. Овај приступ омогућава да се у прорачун директно уведу физичке карактеристике слива, што даје знатно већу поузданост у односу на чисто статистичке методе. Узимајући у обзир закључке из Поглавља 2, где је на основу ажурираних низова података установљено да у продуженом периоду није забележена значајна промена вредности максималних падавина и да није дошло до промене геоморфологије сливова који имају директан утицај на елементе сложеног јединичног хидрограма, закључује се да су резултати детерминистичке анализе из Лит./1/ и даље у потпуности репрезентативни. Односно, потврђује се инжењерска оправданост даљег коришћења постојећег детерминистичког модела без додатних измена. Резултати максималних пројектних и контролних хидрограма добијени у претходној студији задржавају своју валидност и за потребе ове иновације. Образложење методологије, карактеристике геоморфологије сливова брана и вредности јединичног хидрограма су приказани у Лит./1/.

**Табела 3.14: Велике воде карактеристичних повратних периода – метода сложеног јединичног хидрограма**

Профил брана	Максимални протицаји (m <sup>3</sup> /s) за повратни период [год]					
	10	20	50	100	1000	10000
Увац	215	268	344	402	622	850
Кокин Брод	250	314	403	475	736	1005
Радоиња	264	333	427	504	781	1070

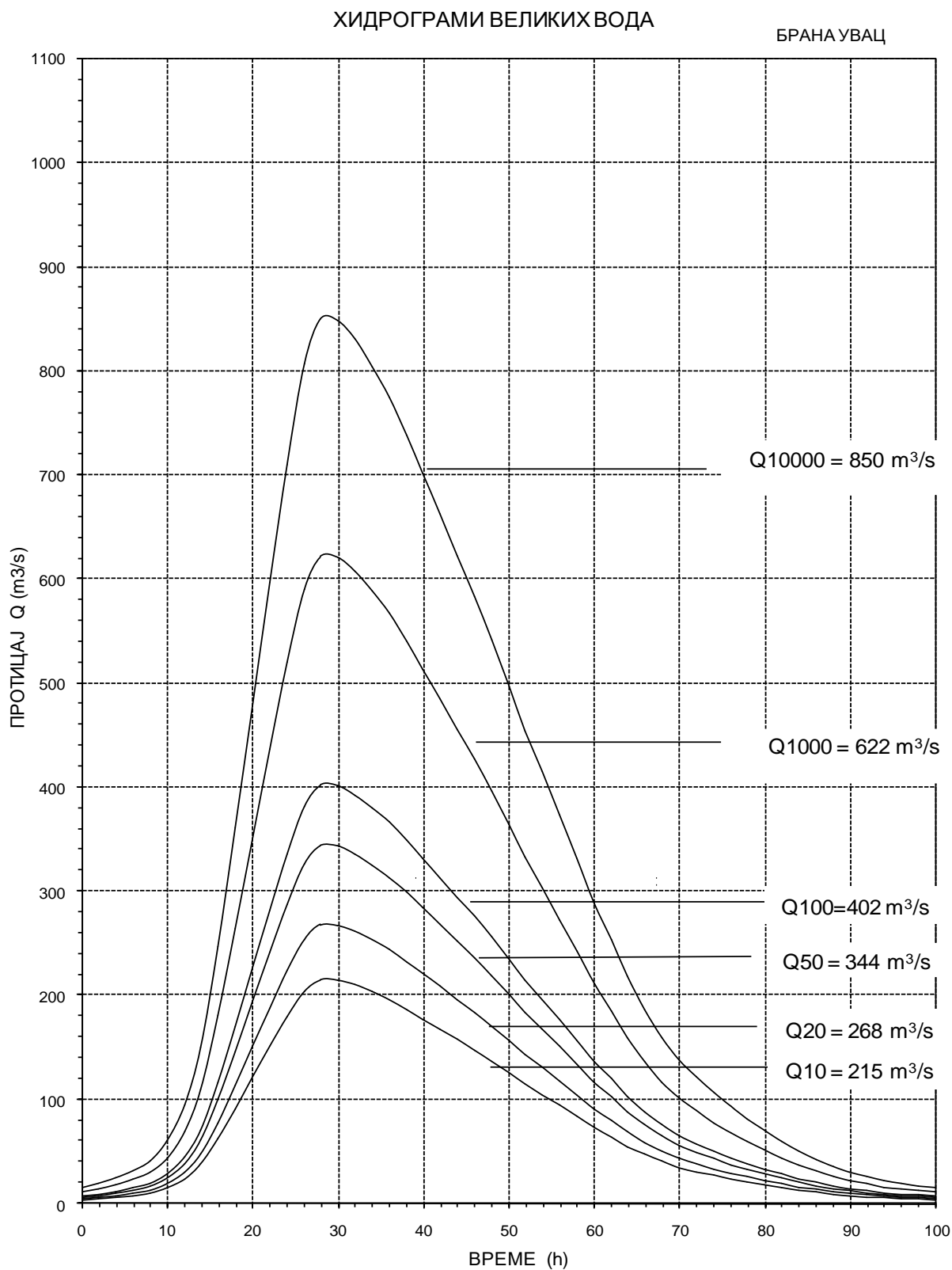
### Усвојени хидрограми великих вода

Упоредјујући резултате из претходних табела – Табела 3.12 и Табела 3.13 – велике воде у профилима брана оцењене по статистичкој методи и аналогји, и из Табела 3.14 – велике воде у профилу бране оцењене по детерминистичкој методи, уочавају се врло мале разлике. Узимајући у обзир напомене које су дате у уводу овог поглавља, ипак већу тежину треба дати детерминистичкој методи која је ближа реалним физичко-географским, падавинским и отицајним карактеристикама разматраних сливова.

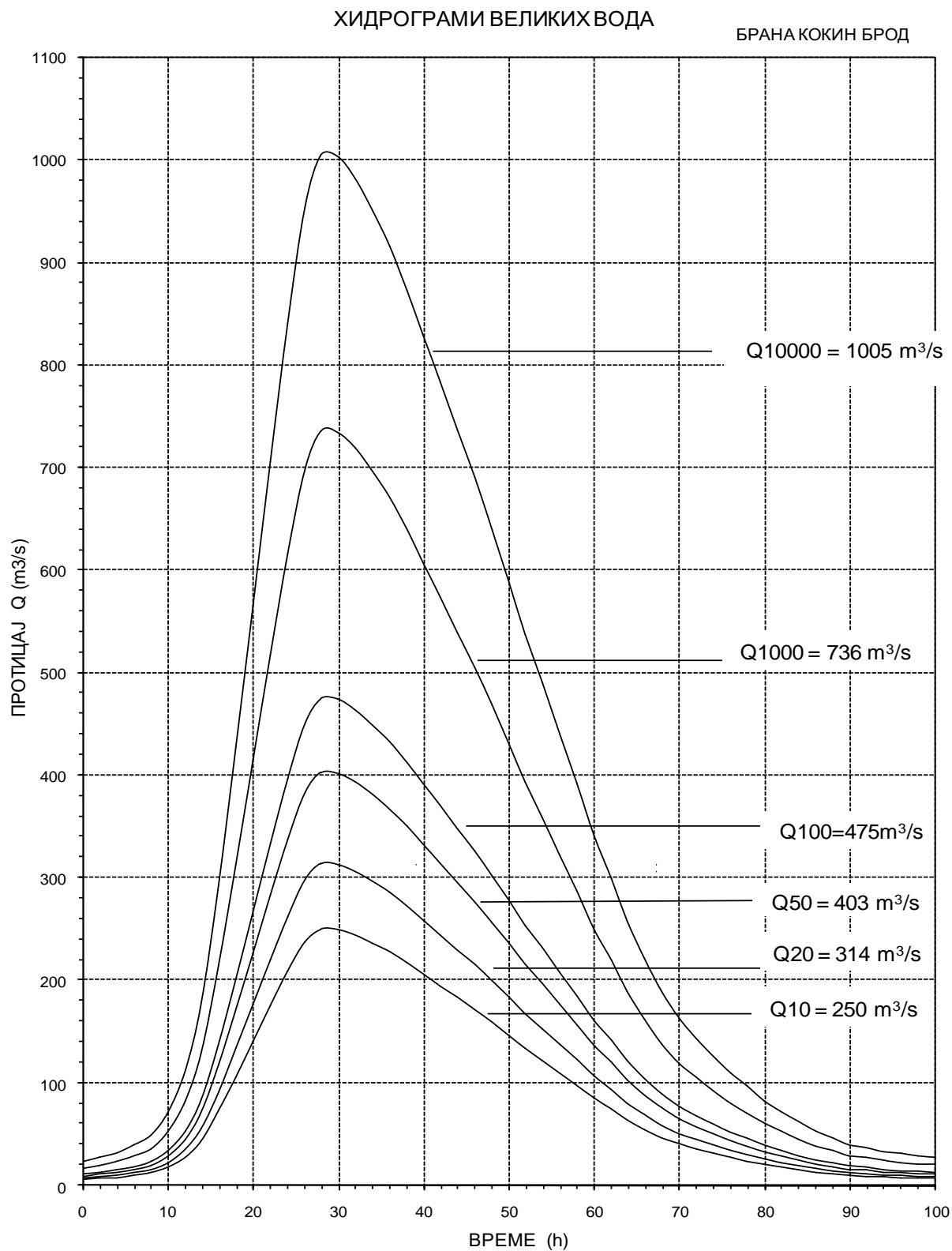
**Табела 3.15: Усвојене-меродавне велике воде у профилима брана Увац, Кокин Брод, Радоиња, природан режим**

Брана	Максимални протицаји (m <sup>3</sup> /s) и специфични отицаји (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) за повратни период [год]					
	10	20	50	100	1000	10000
Увац (m <sup>3</sup> /s)	215	268	344	402	622	850
Увац (m <sup>3</sup> /s/ km <sup>2</sup> )	0,28	0,35	0,45	0,53	0,81	1,11
Кокин Брод (m <sup>3</sup> /s)	250	314	403	475	736	1005
Кокин Брод (m <sup>3</sup> /s/ km <sup>2</sup> )	0,25	0,32	0,41	0,48	0,75	1,02
Радоиња (m <sup>3</sup> /s)	264	333	427	504	781	1070
Радоиња (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0,25	0,31	0,40	0,47	0,73	1,00

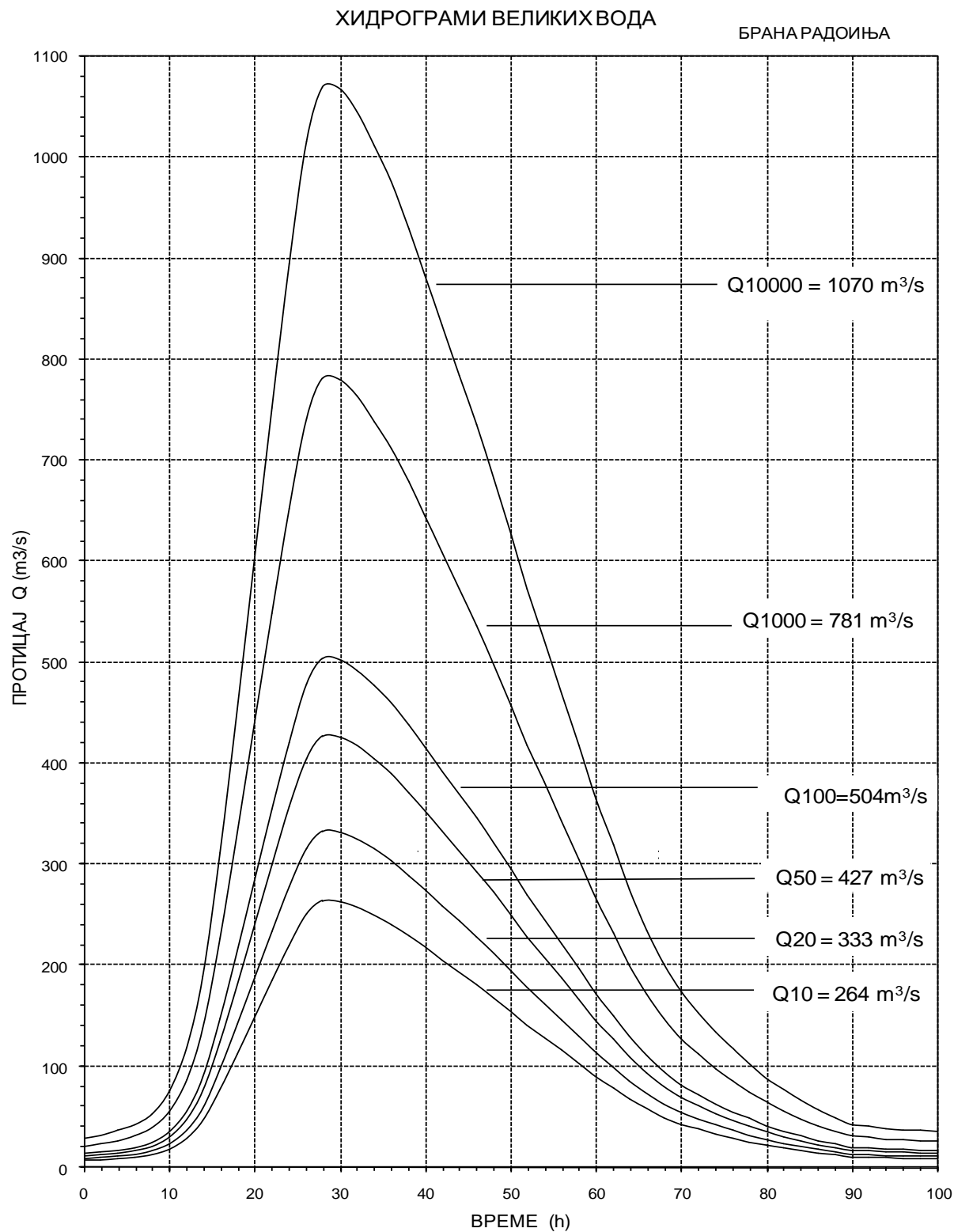
Хидрограми великих вода у природном режиму приказани су на сликама у наставку (Слика 3.8, Слика 3.9 и Слика 3.10).



Слика 3.8: Хидрограми великих вода – брана Увац



Слика 3.9: Хидрограми великих вода – брана Кокин Брод



Слика 3.10: Хидрограми великих вода – брана Радоиња

### 3.4.2 Постојећи, актуелан режим вода

Да би се коректно сагледао актуелни - регулисани режим великих вода на профилу Радоиња, неопходно је карактеристичне улазне хидрограме у акумулацију Увац из претходно приказане слике (Слика 3.8) и хидрограме међудотока пропагирати-трансформисати кроз систем Увачких акумулација које се надовезују једна на другу. По пројекту у све три бране-акумулације дефинисано је да  $K_{NU}=K_{KP}$  (кота нормалног успора једнака је коти круне слободних прелива). С обзиром на ту чињеницу, јасно је да за ту најкритичнију варијанту при наиласку великих вода, у акумулацијама практично нема ублажења поплавних таласа. Анализе трансформација таласа и њиховог ублажења су тема других пројеката који се односе на управљање радом акумулације и анализе безбедносних и економски оптималних кота нивоа у акумулацијама. А из прегледа кота нивоа горње воде у акумулацијама из историјског периода може се уочити да се оваква правила рада-управљања оптимално и примењују.

Информативно, навешће се да су постојећи максимални евакуациони капацитети на брани Радоиња – прелив  $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ , темељни испуст  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  (у максимуму) и турбине  $36 \text{ (38)} \text{ m}^3/\text{s}$ .

Са аспекта појаве великих вода у актуелном-садашњем стању у профилу бране Радоиња, из базе података Лимских хидроелектрана за период 1967-2025.год. систематизовани су и приказани у табели испод (Табела 3.16) подаци о појави-периодима испуштених и преливних вода.

Табела 3.16: Систематизовани подаци о испуштеним водама у реку Увац низводно од бране Радоиња у периоду од 1967-2025. год.

Датум-период	Темељни испуст	Прелив
	$Q_{\text{maks.dnevni}} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$Q_{\text{maks.dnevni}} \text{ (m}^3/\text{s)}$
11.07-15.07.1967.год.	0	23,6
23.05-05.06.1970.год.	0	19,9
13.05-03.07.1978.год.	0	37,3
25.12-30.12.1996.год.	0	12,9
05.01-15.01.1997.год.	0	17,1
13.04-13.05.1997.год.	0	43,4
30.04-09.05.1999.год.	0	14,6
23.05-02.06.1999.год.	0	8,9
14.11-15.11.1999.год.	11,7	0
22.11-22.11.1999.год.	4,1	0
24.04-02.05.2002.год.	16,1	0
12.01-16.01.2003.год.	0	26,2
29.03-01.04.2005.год.	0	21
31.03-19.04.2006.год.	0	21,5
14.06-17.06.2006.год.	0	9,3
08.11-08.11.2009.год.	0	1,3
08.07-14.07.2010.год.	0	1,7
11.10.2011.год.	0	0,26
13.04-25.04.2015.год.	0	27,07



Датум-период	Темељни испуст	Прелив
	$Q_{\text{maks.dnevni}} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$Q_{\text{maks.dnevni}} \text{ (m}^3/\text{s)}$
21.06-23.06.2023.год.	0	6,49

Може се уочити да је у тих последњих 59 година било само 20 временских епизода преливних вода из акумулације Радоиња (краћих или дужих), у којима је због немогућности њеног енергетског искоришћења она испуштана врло ретко кроз темељни испуст или преко прелива низводно у реку Увац. У претходној табели (Табела 3.16) су приказани скупни периоди времена (епизоде) у којима је било неких преливања. Наведен је само битан податак - остварен максимални средњи дневни проток из предметне временске епизоде, што значи да су у свим осталим данима они били знатно мањи или их чак није ни било у међуперодима тог времена.

Ради се о ниским протоцима са аспекта великих вода којима још треба додати и воде пропуштене кроз турбине у тим данима. Ово указује на добро пројектован систем Лимских електрана и њихово управљање од стране Техничке службе. Све воде са слива Увца узводно од бране Радоиње енергетски су искоришћене и преведене у Потпећку акумулацију, односно у реку Лим, јер велика укупна запремина узводних акумулација у потпуности омогућава вишегодишње изравнање вода у сливу реке Увац.

За потребе анализе великих вода може се извести закључак да постоји могућност доласка и неких већих вода са узводног дела слива изнад бране Радоиња у време изразитих поводања. Но они су јако ретки и нису изражени, јер су трансформисани и задржани у узводним акумулацијама. Из периода историјских података током регулисаног режима, се може закључити да је максимални протицај који је евакуисан преко прелива и спроведен кроз турбине био реда укупно око 70-80  $\text{m}^3/\text{s}$  за постојеће стање изграђености и управљања системом Лимских електрана, у периоду 1967-2025.год.

### 3.5 Мале воде

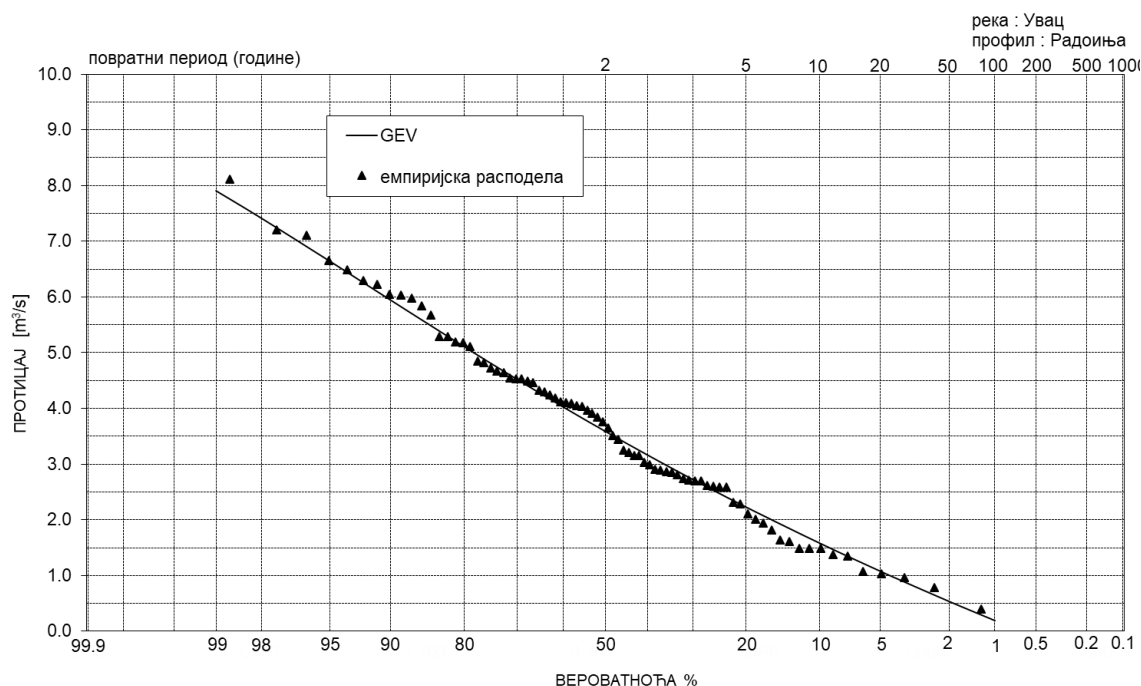
Један од задатака ове студије је и да кроз анализу малих вода да препоруке за објективно дефинисање еколошког (гарантованог) протицаја низводно од бране Радоиња.

#### 3.5.1 Природан режим вода

Минимални протицаји у сливу реке Увац по правилу се јављају у летњем периоду август-октобар. Мале воде у профилу Радоиња оцењене су на основу статистичких анализа минималних средњих месечних протицаја периода 1946-2025. година, који обезбеђује дуг и поуздан низ података. Начин добијања низова средњих месечних и годишњих протицаја објашњен је и приказан у поглављу 3.3.

На формиране серије минималних средњих месечних протицаја у анализираном периоду примењено је више типова теоријских расподела. Најбоље прилагођавање на емпиријске податке према тестовима сагласности, (хи квадрат тест и метод девијације), показала је уопштена расподела екстремних вредности (GEV). На слици испод (Слика 3.11) приказан је дијаграм вероватноће појаве минималних средњих месечних протицаја у профилу бране Радоиња, а у табели у наставку (Табела 3.17) карактеристичне нумеричке вредности.

ДИЈАГРАМ ВЕРОВАТНОЋА ПОЈАВЕ МИНИМАЛНИХ СРЕДЊИХ МЕСЕЧНИХ ПРОТИЦАЈА период 1946 - 2025



Слика 3.11: Вероватноћа појаве минималних средњих месечних протицаја, профил Радоиња, природно стање, период 1946-2025. год.

Табела 3.17: Обезбеђеност минималних средњих месечних протицаја на профилу Радоиња – природно стање, период 1946-2025. год.

P [%]	50	80	90	95	98	99
Брана Радоиња $Q_{\text{ср,мес,мин}}$ [m³/s]	3,59	2,23	1,58	1,08	0,54	0,20

По приказаној методологији прорачуна, карактеристични минимални средњи месечни протицај 95% обезбеђености у профилу бране Радоиња износио би 1,08 m³/s.

Примећује се пад карактеристичних протицаја малих вода у односу на вредности дате у оквиру Лит./1/. Важно је истаћи да у периоду 2021-2025. нису забележене екстремне вредности које одступају од досадашњих минимума, већ да се пад протицаја малих вода може приписати природној варијабилности хидролошких величина. Графичка илустрација овога се може видети на Слика 3.2.

## 4 МПФ НА ПРОФИЛУ БРАНЕ РАДОИЊА НА РЕЦИ УВАЦ

Основни циљ ове анализе је контрола поузданости пројектованих параметара бране „Радоиња“ и утврђивање степена сигурности евакуационих органа при појави максимално могућег поплавног таласа. разматрање најнеповољнијих сценарија представља стандардну инжењерску праксу у анализи високих брана.

Анализа је спроведена помоћу ажурираног низа релеватних података и коришћењем истих методолошких поставки као у Лит./1/, чиме је обезбеђена конзистентност хидролошких параметара.

### 4.1 Анализа вероватно максималних падавина-ВМП (ВМВВ)

За потребе дефинисања хидрограма поплавног таласа (ВМВВ), извршена је анализа временске расподеле вероватно максималних падавина (ВМП). Процена је извршена по статистичком моделу, методи коју је презентовао „Hershfield“ (Лит./10,11/, 2009), базира се на генералном изразу:

$$X_{\max} = X_n + K_{\max} * S_n$$

Где је:

$X_{\max}$  – вероватно максимална падавина

$X_n$  – средња вредност серије максималних годишњих падавина у периоду од  $n$  година

$K_{\max}$  – максимална вредност фактора фреквенције

$S_n$  – ст. девијација серије максималних годишњих падавина у периоду од  $n$  година

Одређивање вероватно максималних падавина извршено је на основу временских серија осматрњих максималних дневних падавина на метеоролошким станицама Златибор и Негбина.

Максимална вредност  $K_{\max}$  може да се одреди преко израза:

$$K_{\max} = (X_m - X_{n-1}) / (S_{n-1})$$

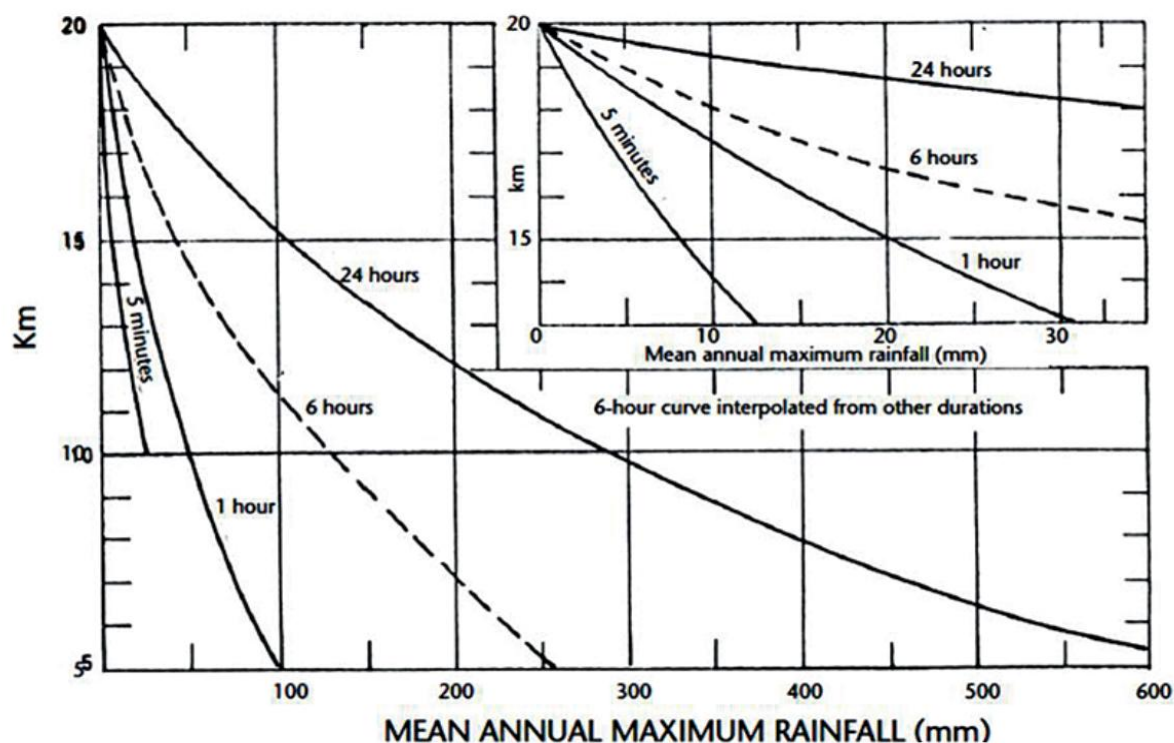
За све серије годишњих максималних дневних падавина се одређују основни статистички параметри:

$X_m$  – максимална вредност опажених падавина у периоду од  $n$  година

$X_{n-1}$  – средња вредност серије максималних годишњих падавина без највеће вредности

$S_{n-1}$  – ст. девијација серије максималних годишњих падавина без највеће вредности

Hershfield (1965.) је развио графичку везу између анvelopних вредности и средњих вредности годишњих серија, за различито трајање кише. Ова релација се заснива на опаженим вредностима максималних падавина, за више од 2600 падавинских станица, од којих је преко 90% било базирано у Сједињеним Америчким Државама.



Слика 4.1:  $K_{\max}$  као функција трајања кише и средње вредности серије максималних падавина (VMO, 2009.)

На основу осредњених статистичких вредности осматраних низова, може се закључити да је вредност  $K_{\max} = 15$ . Следећи корак јесте да се одреди  $X_{\max}$ , за сваки сет података.

Уводи се одговарајући редукциони фактор, услед корекције падавина у „тачки“ на падавине на сливу, преузето из Лит./1/.

За даљи прорачун усвојена је вредност вероватно максималних падавина која је добијена као средња вредност процене ВМП за сваки сет осматраних података, као и у Лит./1/ и износи:

$$\text{ВМП} = 286,6 \text{ mm}$$

#### Анализа максималних падавина краћих од 24 сата

Временска расподела ВМП је урађена истом методом која је описана и приказана у Лит./1/.

У Табела 4.1 приказане су висине падавина, у зависности од трајања кише на анализираном сливу.

Табела 4.1: Максималне падавине краћих трајања од 24 сата за ВМП

Трајање кише [минута]	Висина кише у функцији трајања [мм]
30	112,85
60	136,80
120	162,68
180	179,12
360	210,12
720	245,62
1440	286,59

Поређењем вредности из Лит./1/ и нових прорачуна, може се закључити да није дошло до значајних промена вредности ВМП-а.

## 4.2 Вероватно максималне велике воде-ВМВВ (МПФ)

На основу анализа изложених у претходним поглављима, којима је обухваћен ажурирани низ података закључно са 2025. годином, констатовано је да у продуженом периоду осматрања нису забележене значајне промене у режиму максималних падавина. Такође, с обзиром да није дошло до промена геоморфолошких карактеристика слива које би могле утицати на параметре трансформације падавина у отицај. Сходно томе, закључује се да је детерминистички модел формиран у оквиру претходне документације Лит./1/ и даље у потпуности репрезентативан. Потврђена је инжењерска оправданост коришћења постојећих параметара сложеног јединичног хидрограма без потребе за додатним корекцијама. Резултати максималних пројектних и контролних хидрограма из претходне студије задржавају своју валидност и представљају поуздану основу за ову иновацију.

На основу спроведених анализа и детаљног поређења са резултатима из претходне документације (Лит./1/), констатовано је да ажурирани низови нису изазвали значајне промене кључних параметара који утичу на резултат прорачуна вероватно максималне велике воде (ВМВВ).

У наставку су приказани резултати прорачуна хидрограма вероватно максималне велике воде (ВМВВ/МПФ) из (Лит./1/)



Слика 4.2: Хидрограм ВМВВ

Максимални проток износи  $Q_{\max}=1795,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 5 ЗАКЉУЧАК

На основу статистичке обраде ажурираних низова максималних 24-часовних падавина са пет меродавних станица (Негбина, Доброселица, Пријепоље, Златибор и Сјеница), утврђено је да у периоду 2021–2025. године није дошло до појаве нових екстрема који би значајно изменили постојеће расподеле вероватноће.

С обзиром на то да су примарни метеоролошки улази и физичке карактеристике слива остали стабилни, детерминистички модел трансформације отицаја заснован на SCS методи и сложенем јединичном хидрограму задржава своју потпуну репрезентативност. Закључак ове студије јесте да није дошло до релевантних промена вредности великих вода у односу на претходну документацију (Лит./1/).

Показатељи средњих вода срачунати са ажурираним низовима средњих дневних, месечних и годишњих протицаја указују на то да укључивањем периода 2021-2025. године у анализу не долази до битнијих промена у односу на претходну Хидролошку студију. У поређењу са вредностима из Лит./1/, у профилу бране Радоиња нису уочене битне промене вредности ордината кривих трајања природних и регулисаних средњих дневних протицаја, као ни вредности природних и регулисаних средњих годишњих протицаја.

Статистичка обрада ажурираног низа природних минималних средњих месечних протицаја на профилу бране Радоиња указује на одређене промене у режиму малих вода у односу на претходну документацију (Лит./1/). Уочен је тренд опадања вредности протицаја за дефинисане повратне периоде, што се може приписати природним хидролошким варијацијама унутар продуженог низа.



## 6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Идејно решење РХЕ Бистрица–Хидролошка студија, Енергопројект Хидроинжењеринг, Београд, 2025. године;
- [2] Водопривредна основа Србије, Хидрометеоролошке подлоге, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, РХМЗ Србије, Београд, 2000/2009. године;
- [3] Водопривредна основа Републике Црне Горе, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, и ЈП „Водовод и канализација“, Подгорица, 2001. године;
- [4] Хидролошке обраде седмичних протицаја на профилима ХЕ, „Енергопројект-Хидроинжењеринг“, 1987. године;
- [5] Хидролошке обраде седмичних протицаја на профилима ХЕ, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 2005. године;
- [6] Студија оправданости са Идејним пројектом ХЕ „Бродарево1&2“, Извештај о хидролошко-метеоролошким условима, „Енергопројект-Хидроинжењеринг“, 2010. године;
- [7] Студија модернизације и могућности повећања снаге и производње Лимских хидроелектрана, књига 1, ХЕ Потпећ, књига 2, ХЕ Бистрица, „Енергопројект – Хидроинжењеринг“, Београд, 2010. године;
- [8] Генерални пројекат уградње додатног агрегата на ХЕ Потпећ, „Енергопројект – Хидроинжењеринг“, Београд, 2011. године;
- [9] Подаци о раду ХЕ „Потпећ“, „Uvac“, „ Kokin Brod“, „Бистрица“, Лимске хидроелектране, Нова Варош, 2026. година;
- [10] WMO (World Meteorological Organisation) Guide to Hydrological Practices Volume II Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices, Sixth edition. WMO Report No. 168., World Meteorological Organisation, Geneva, 2009.;
- [11] A manual on estimation of probable maximum precipitation (PMP), WMO Report No. 1045., World Meteorological Organisation, Geneva, 2009.;