

ГЛАСНИК ГЕОГРАФСКОГ ДРУШТВА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ
HERALD OF THE GEOGRAPHIC SOCIETY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

ГОДИНА 2003.
YEAR 2003.

Свеска 8
Volume 8
UDK: 556.53(497.6 Република Српска)

Научно-истраживачки рад
Радислав Тошић*

АНАЛИЗА ЦИКЛИЧНОСТИ СУШНИХ И ВОДНИХ ПЕРИОДА
НА РИЈЕЦИ УКРИНИ

Абстракт: У раду је извршена анализа цикличности сушних и водних периода на ријеци Укрини, примјеном статистичких метода, метода аналогије, методом сумарних кривих модулних одступања. Класификоване су и рангиране године посматраног хидролошког низа по водности, односно утврђени су циклуси који укључују правилан распоред сушних и водних година што је у функцији одређивања режима ријеке Укрине. Дужина низа и његова цикличност тестирана је са подацима хидролошке станице Славонски Брод - ријеке Саве за исти период, како би се одредила мјеродавност проучаваног низа.

Кључне ријечи: Цикличност, хидролошки циклус, сушни и водни периоди, велике воде.

Abstract: Analyze of cyclic feature of droughty and watery periods at Ukrina river using statistical methods such as analogy method as well as method of summary curved modular aberration has been done. Years of monitored hidrological series according to watery have been classified and ranked, respectfully cycles which include regular disposition of droughty and watery years are being established, which is in function of specifying of the Ukrina river regulation. Length of series and his cyclic feature has been tested against the data from hidrological station of Slavonski Brod - for the Sava river for the same period, in order to establish authoritativeness of the researched series.

Key words: Cyclic feature, hidrological period, droughty and watery periods, grand waters

Увод

Проучавања цикличности сушних и водних периода на ријекама имају посебну важност код изучавања ријечних режима. Постојећи пројекти мини хидроелектрана на ријекама јужног обода Панонског басена, наметнули су потребу детаљнијих хидролошких анализа, а посебно на ријекама где је предвиђена изградња хидротехничких или водопривредних објеката.

* Mr Радислав Тошић, в.асс, Природно-математички факултет у Бањој Луци, М. Стојановић 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина.

Појам цикличности дефинисан је као хронолошко смјењивање сушних и влажних периода, при чему се сваки период одређеног временског трајања који садржи један сушни и један влажни период, назива хидролошки циклус (1,6). Просијечне вриједности хидролошког циклуса су најприближније вишегодишњим вриједностима мјерења која се добијају обрадом података мјерења из 50, 75, или 100 годишњег низа, овако дефинисане вриједности сматрају се репрезентативне за дефинисање поједињих ријечних режима. Будући да већина ријека на простору Републике Српске има кратак временски период хидролошких мјерења и осматрања, само поједиње ријеке на којима су осматрања почела 1926. године и раније, пружају могућност да се кориштењем података хидрометријских осматрања изврши детаљнија анализа. Како је на ријеци Укрини вршено континуирано хидрометријско мјерење на водомјерној станици Дервента у периоду 1926 - 1975. година, пружа се могућност да кориштењем методе аналогије, статистичких метода, методе модулних коефицијената одступања чланова низа од просјечне вриједности и методом анализе цикличности помоћу сумарних кривих модулних одступања, дође до сазнања о промјенама режима ријеке Укрине.

Ријека Укрина десна је притока ријеке Саве, улијева се у Саву на њеном 374 ријечном километру, односно након 134,9 километра тока, који дренира слив површине 1500,18 km². Слив ријеке Укрине заузима простор на сјеверу запада Републике Српске, односно смјештен је између сливова ријеке Врбаса на западу и ријеке Босне на истоку. Топографско развође слива чине планине динарског развођа, планине Борја и Узломац на југу слива, те планине које се пружају у централном и сјеверном дијелу слива, планина Љубић, Чавка, Јаворово, Царева гора, Мотајица и планина Вучјак на крајњем истоку.

Укупна дужина вододјелинице слива Укрине износи 248,9 километара, док је слив у хоризонталном плану веома асиметричан, што се значајно одражава на процес отицања са слива, а посебно на формирање валова великих вода. У непосредној вези са овом карактеристиком је и опште признати нумерички показатељ концентрираности слива, односно Гравелијусов коефицијент концентрираности, који за слив ријеке Укрине износи 1,80¹. Поред предочених морфометријских показатеља слива ријеке Укрине, велика важност припада и осталим морфометријским параметрима, средње надморској висини слива, укупном и просјечном паду ријеке, паду долинских страна, густини ријечне мреже, дужини површинског отицања и другим параметрима који директно или индиректно утичу на отицање.

За хидролошку обараду података кориштени су подаци прикупљени са водомјера на ријеци Укрини, који је стациониран у Дервенти давне 1892. године. Водомјер је постављен на мосту са "О" на коти 103,63 метра апсолутне висине, где је и стациониран водомјер - лимнограф. Подаци који су кориштени у овој анализи односе се на период 1926 - 1975. година.

¹ Гравелијусов коефицијент концентрираности (κ) (4,143).

$$k = 0,28 \frac{O}{\sqrt{F}}$$

Анализа цикличности отицања ријеке Укрине периода 1926 - 1975. година

Ријека Укрине једини је атохтони водоток Републике Српске, мјерења на профилу Дервента у периоду од 1926 - 1975 године, омогућила су формирање базе података која је статистички обрађена и чији су резултати послужили за дефинисање карактеристика ријечног режима Укрине. Период осматрања од 50 година сматра се репрезентативним када је у питању мањи ријечни ток, а као репер за провјеравање мјеродавности података кориштени су подаци других ријека јужног обода Панонског басена, подаци ријеке Саве на профилу Славонски Брод, али и статистичке методе којим се провјерава да ли је низ цикличан.

Хидролошка мјерења водостаја и протицаја омогућила су да се успостави једнозначна зависност између водостаја и протицаја у дијапазону извршених мјерења, те да се конструише крива протицаја и тако одреде карактеристике отицања ријеке Укрине. Према предоченим подацима ријека Укрине има просјечан протицај $15.25 \text{ m}^3/\text{s}$ у профилу Дервента, док слив просјечно прими 1034 mm воднеог талога годишње. Средње мјесечни протицаји ријеке Укрине у функцији су количине и расподјеле падавина у току године, највећи су у периоду јануара, фебруара и марта, а најмањи у току јула, августа, септембра и октобра мјесеца. Колебања мјесечних и годишњих протицаја ријеке Укрине условљена су управо количинама падавина, отапањем снijега, али и осталим морфометријским карактеристикама слива и тока ријеке Укрине.

Табела 1. Средње мјесечни и годишњи протицаји ријеке Укрине са параметрима у периоду 1926 - 1975. године

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Q_s	20.08	28.82	27.54	19.84	14.07	12.36	6.33	4.84	4.09	9.11	16.39	19.59	15.25
δ	14.12	19.19	19.99	17.83	13.74	12.71	6.45	7.24	5.79	12.50	16.32	15.77	5.47
C_v	0.70	0.66	0.72	0.89	0.97	1.02	1.01	1.49	1.41	1.37	0.99	0.80	0.35
C_s	2.49	1.88	1.53	3.46	2.23	2.74	2.23	8.90	11.74	8.50	3.49	0.87	0.76

Највећа колебања везана су за мјесеце у којима је и најмања количина падавина, где коефицијент варијације достиже и износ од 1,37, док су најмања колебања зимском дијелу године. Међутим, ако би за класификацију ријечних режма поред начина храњења ријеке и времена појављивања карактеристичних водостаја и протицаја, као критериј класификације узели коефицијент варијације (колебања) протицаја, онда би ријека Укрине према коефицијенту варијације 0,35 припадала ријекама умјереног колебања протицаја.

Цикличности отицања ријеке Укрине анализирана је статистичком методом, односно статистичком обрадом средњегодишњих протицаја у којој су вриједности приказане по деценијама са просјечима за дату деценију и њеним одступањем од просјека низа 1926 - 1975. године. Анализом десетогодишњег просјека пет периода и њиховим поређењем са просјечном вриједношћу протицаја у педесет година, изведени су показатељи који упућују да су вриједности оступања у два случаја у границама толеранције, док су у три случају када је та вриједност - 14, 9, - 7,14 и 13, 44 израженија, јер је ријеч о два влажна периода 1926 - 1935 и 1946 - 1955. године и један случај сушног период 1966 - 1975. године.

Табела 2. Средње годишњи протицаји Укрине по деценијама за период 1926 - 1975. године.

Год.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$Q_{s(10)}$	DQ _s
1926	8.70	10.80	8.06	17.12	8.72	13.50	20.66	18.06	15.38	8.82	12.98	-14.9
1936	12.40	21.40	9.53	10.99	25.51	15.60	19.94	11.37	19.51	8.12	15.43	1.18
1946	6.56	9.17	18.94	10.39	10.80	14.13	15.88	10.94	15.50	29.31	14.16	-7.14
1956	20.95	15.28	15.49	17.24	16.48	10.01	13.68	15.21	23.75	15.81	16.39	7.47
1966	11.86	12.80	16.48	23.09	30.16	9.20	17.66	18.29	12.87	20.64	17.30	13.44

Анализирајући податке и увидом у годишњу расподјелу протицаја проматраног низа, могуће је закључити да ријека Укрина има сложеми (мјешовити) ријечни режим - плувио - нивални - посавска варијанта, који је условљен количинама и расподјелом падавина у току године, али прије свега топографским факторима слива, односно његовом површином, обликом слива, густином ријечне мреже, падом слива и долинских страна, падом ријечног тока и др. Сваки од ових фактора утиче на облик хидрограма, односно његов основни параметар, вријеме концентрације. Према томе, наведени фактори одређују карактер водних таласа, односно отицања, што се одражава на варијације (колебања) протицаја, дајући ријечном режиму специфичан карактер. Међутим, анализа цикличности педесетогодишњег периода који је посматран у низовима по десет година намеће питање да ли су закључци мјеродавни с обзиром на релативно кратак период осматрања, односно да ли је проматрани период цикличан. Будући да је ријеч о релативно малом ријечном току и малој сливној површини, анализа закључака, односно провјера изведенih величина је неопходна и то поређењем података са подацима ријеке Саве као репера за провјеравање мјеродавности краћег низа, јер на ријеци Сави хидролошка осматрања трају преко 120 година.

Цикличност осматрања 50 - годишњег периода на ријеци Укрини могуће је провјерити и кориштењем статистичких метода, које укључују провјеру просјечног годишњег отицаја на основу израчунавања његове средње квадратне грешке ($\sum Q_s$) по обрасцу један и величином грешке коефицијента варијације средњегодишњег протицаја ($\sum C_v$) који се одређује по обрасцу два².

$$1. \sum Q_s = \frac{Cv}{n} \cdot 100 \quad 2. \sum Cv = \sqrt{\frac{1+Cv}{2n}} \cdot 100$$

Провјера цикличности статистичком методом средње квадратне грешке вишегодишњег протицаја, показује да је вриједност средње квадратне грешке више годишњег протицаја за педесетогодишњи период осматрања на ријеци Укрини 0,7 %, што је у границама толерантних 5%, сходно томе овај се период може сматрати мјеродавним за одређивање цикличности. Провјера цикличности путем грешке коефицијента варијације средњегодишњег протицаја, указује да је грешка посматраног периода 10,5 %, што је у границама дозвољеног одступања од 10 - 15 %, при чemu је низ цикличан³.

² У предоченим обрасцима Cv је коефицијент варијације, а n је број година осматрања. Кориштени обрасци су дио статистичких метода руских хидролога, преузети из литературе Лушчева Александра А. Практическая Гидрология, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976.

³ Вриједности толерантности преузете су из литературе Лушчева Александра А. Практическая Гидрология, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976.

Анализа цикличности годишњих протицаја Укрине вршена је преко интегралних кривих модулних одступања од просјечне вриједности, које у суштини карактеризирају законитост смјењивања влажних и сушних периода. Код конструкције ове криве потребно је извршити хронолошко сумирање величина одступања модулних коефицијената серије средње годишњих протицаја од њихове просјечне вишегодишње вриједности

$$\left[\sum_1^t (K(t) - 1) \right]$$

$$K(t) = \frac{Q(t)}{Q_o}$$

где је $K(t)$ функција модулних коефицијената, $Q(t)$ је серија средње годишњих протицаја, а Q_o просјечна вишегодишња вриједност средње годишњег протицаја.

Ординате интегралне криве модулних одступања на крају т - те године

$$\left[\sum_1^t (K(t) - 1) = f(t) \right]$$

израчунавају се по обрасцу:

Апсолутне вриједности модулних коефицијената су функције општег карактера варијабилности процеса средње годишњег отицања, па су у том случају непогодне за упоредну анализу цикличности. Међутим, да би се то изbjeglo уведена је нова промјењива која по својој структури елиминише утицај апсолутне вриједности варијабилности, пошто се њене ординате дијеле са коефицијентом варијације C_v .

$$\sum \left[\frac{K(t) - 1}{C_v} \right] = \phi(t)$$

Предочена функција представља интегралну криву модулних одступања, тако да временски периоди у току којих су интензитети прираста интегралне криве позитивни одговарају влажном периоду, а временски периоди у току којих су интензитети прираста негативни, одговарају сушном периоду. Период времена који у цјелини обухвата један влажан и један сушки период назива се хидролошки циклус.

За одређивање мjerodavnog периода, који треба да карактерише водност неког слива, потребно је да тај период обухвати најмање два или више пуних хидролошких циклуса, при чему ће добијен хидrogram показати хронолошку промјењивост годишњег протицаја, односно наизмјенично смјењивање сушних и водних периода.

На дијаграму цикличности сушних и водних периода ријеке Укрине могуће је издвојити три циклуса и почетак четвртог циклуса који је започео 1970 године. Сваки од наведених циклуса карактеришу одређене вриједности трајања сушних и водних периода, односно срачунате вриједности интегралне криве модулних одступања серије средње годишњих протицаја ријеке Укрине, указују да је процес средње годишњег отицања цикличан и да постоје два типа цикличности макро и микротип.

Према подацима интегралне криве модулних одступања од просјечне вриједности протицаја за низ педесет година и на основу дијаграма цикличности

сушних и водних периода, могуће је издвојити три потпуна циклуса и један који је започео 1970. године

Табела 3. Вриједности модулних коефицијената (K) и интегралних кривих

$$\sum \left[\frac{K(t)-1}{C_v} \right] = \phi(t)$$

модулних одступања

Год.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1926	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
K	0.57	0.70	0.52	1.12	0.57	0.88	1.35	1.18	1.01	0.57
$K - 1/C_v$	-1.22	-0.85	-1.37	0.34	-1.22	-0.34	1	0.51	0.02	-1.22
1936	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
K	0.81	1.4	0.62	0.72	1.67	1.02	1.3	0.74	1.27	0.53
$K - 1/C_v$	-0.54	1.14	-1.08	-0.8	1.91	0.05	0.85	-0.74	0.77	-1.17
1946	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
K	0.43	0.6	1.24	0.68	0.7	0.92	1.04	0.71	1.01	1.92
$K - 1/C_v$	-1.62	-1.14	0.68	-0.91	-0.85	-0.22	0.11	-0.82	0.02	2.62
1956	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
K	1.37	1.005	1.01	1.13	1.08	0.65	0.89	0.99	1.55	1.03
$K - 1/C_v$	1.05	0.01	0.02	0.37	0.22	-1	-0.31	-0.02	1.57	0.08
1966	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
K	0.77	0.83	1.08	1.51	1.97	0.6	1.15	1.19	0.84	1.35
$K - 1/C_v$	-0.94	-0.48	0.22	1.45	2.77	-1.14	0.42	0.54	-0.45	1

Први циклус трајао је од 1926 - 1940. године, у периоду 14 година колико је трајао овај макро циклус могуће је издвојити неколико микроциклуса са периодима од три године. Погледом на диграм могуће је закључити да први циклус има релативно уједначен распоред сушних и водних периода, док сама вриједност просјечног модулног коефицијента (K_s)⁴ за период 1926 - 1975. године од 1,04 потврђује уједначеност распореда сушних и водних периода.

Други циклус трајао је од 1940 - 1953. године, за 13 година овог макро циклуса могуће је издвојити неколико микроциклуса по двије године.

Вриједност просјечног модулног коефицијента за овај период износи 1,08, док се јасно уочава и уједначен распоред сушних и водних периода.

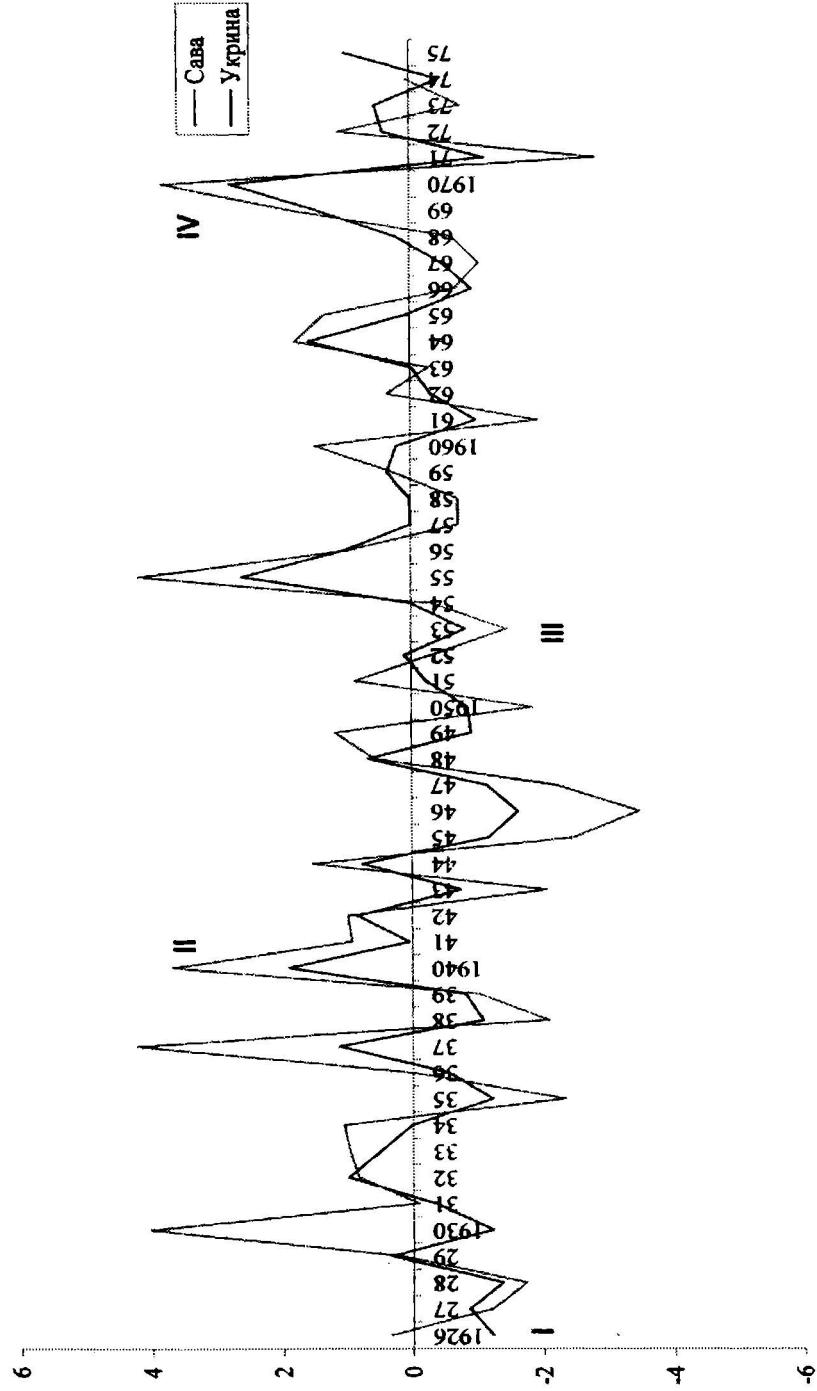
Трећи циклус од 1953 - 1970 године, трајао је пуних 17 година са израженијим водним периодима, односно у оквиру овог макроциклуса издаваја се неколико микроциклуса по три године са доминацијом влажних периода. Вриједност просјечног модулног коефицијента за овај период је нешто већа и износи 1,11.

Четврти циклус започео је 1970 године, но, како на ријеци Укрини није било континуитета хидрометријских мјерења послиje ове године, није било могуће прецизно одредити када је завршен овај циклус.

⁴ K_s просјечни модулни коефицијентизрачунава се према обрасцу $K_s = 1 + \frac{l_k + l_p}{m}$, где је l_k , l_p крајња и почетна вриједност суме $K-1 / C_v$, а m је број година. Вриједности су преузете из литературе Лушчева Александра А. Практическая Гидрология, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976.

Упоредни дијаграми цикличности сушних и водних периода ријеке Укрина за период 1926 - 1975. године и
ријеке Саве за период 1926 - 1974. година

(K-1)/Cv



На дијаграму су дате и вриједности интегралних кривих модулних одступања за ријеку Саву у периоду 1926 - 1974. година, која је узета као репер за проверу цикличности и мјеродавности низа. Дијаграм цикличности сушних и водних периода ријеке Саве у истом периоду поклапа се са вриједностима које се односе на ријеку Укрину, чиме је потврђена репрезентативност низа и цикличност проучаваног периода.

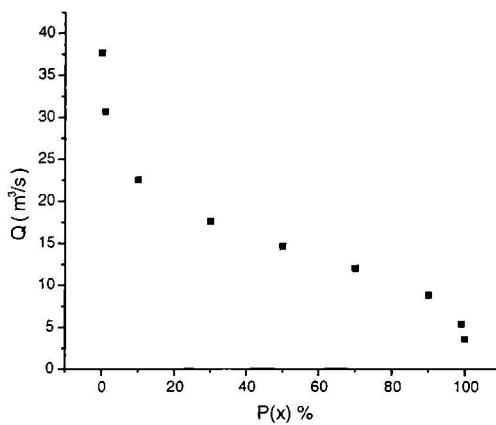
Класификација година по водности за период 1926 - 1975. година и појаве великих вода ријеке Укрине

Иако у хидролошкој пракси још увијек нису дефинисане методе како извршити подјелу година по водности, у овом раду ће се статистичком анализом класификовати године по водности. Годишњи протицаји изражени су кривом расподјеле Пеарсон III, крива је дефинисана средњом аритметичком средином, коефицијентом варијације и коефицијентом асиметрије, параметри су добијени статистичком обрадом података хидрометријских мјерења у период 1926 - 1975. година. Као критериј за рангирање година по водности преузета је подјела по којој су године средње водности у границама 25 - 75 %, сушне (маловодне) од 75,1 - 95 %, веома сушне од 95,1 - 99 %, и катастрофално сушне од 99,1- 99,9%. Међутим, градација валажних је дефинисана тако да би водна година била у процентима појављивања од 25, 0 - 5,1 %, веома водна од 5,0 - 1,1 %, и катастрофално водна од 1,0 - 0,01 % (2,26).

Табела 4. - Вјероватноће средње годишњих протицаја ријеке Укрине по Пеарсон III закону расподјеле

F(x)	P(x) %	K _p (T)	X _p (m ³ /s)
0,999	0,1	4,10	37,67
0,99	1	2,82	30,67
0,90	10	1,33	22,52
0,70	30	0,43	17,60
0,50	50	-0,12	14,59
0,30	70	-0,60	11,97
0,10	90	-1,18	8,79
0,01	99	-1,81	5,35
0,001	99,9	-2,14	3,54

Слика 2. - Дијаграм вјероватноће појаве средње годишњих пропусаја ријеке Укрине по Пеарсон III закону расподјеле.



Табела 5. - Ранђирање година по водностима за ријеку Укрину за период 1926 - 1975. године.

Водност године	Протицај	Године	Број појава	% Јављања
Катастрофа лно сушне	$\geq 3,54$			99,1 - 99,9
Веома сушне	7,07 - 5,35	1946	1	95,1 - 99
Сушне	11,17-7,07	1926,1927,1928,1930,1935,1938,1939,1945 1947,1949,1950,1953,1961,1971.	14	75,1 - 95
Средње водне	18,83-11,17	1929,1931,1933,1934,1936,1941,1943,1951 1952,1954,1957,1958,1959,1960,1962,1963 1965,1966,1967,1968,1972,1973,1974.	23	25,1 - 75
Водне	18,83 -26,59	1932,1937,1940,1942,1944,1948,1955,1956 1964,1969,1975.	11	25 - 5,1
Веома водне	26,59 - 30,67	1970.	1	5,1 - 1
Катастрофа лно водне	30,67 - 37,67			1 - 0,01

Увидом у хидролошку класификација година по водности ријеке Укрине, може се закључити да од 50 година посматраног низа највећу заступљеност имају средње водне године, 23 од укупног броја година. Поред ове карактеристике класификацијом се увиђа симетричност, односно карактер односа сушних и водних година, који за ријеку Укрину износи 14 : 11, али и увид и карактер односа појаве веома сушне и веома водне године, који је за проучавани ток такође симетричан. Извршена класификација има практичан значај посебно у погледу пројектовања водопривредних или хидротехничких објеката, али може послужити и при процјени појављивања сушних и водних период у неком дужем временском периоду. Према томе, могуће је закључити да не постоји изражена правилна хронологија у појављивању веома сушних и веома водних година, стога за њих кажемо да су случајне појаве.

Међутим, код појава сушних и водних година нема изражене правилне хронологије, али је њихова честина појављивања већа, односно оне се појављују

у размаку од двије до пет година, док се средње водне године појављују готово сваке двије године.

Будући да се хидролошки подаци могу третирати као случајне варијабле, постоји могућност презентације хидролошких величина случајним варијаблама, при чему се аутоматски уводи вјероватност у хидрологију, односно основни појмови вјероватности могу се поредити са сазнањима о статистичкој учесталости и трајању. Ипак, највећи интерес када имамо на располагању податке хидрометријских мјерења је питање вјероватноће њихове појаве, односно учесталости поједине хидролошке појаве која се у хидролошким анализама најчешће исказује повратним интервалом појаве. У том смислу одређени су средње годишњи протицаји за различите повратне периоде по Пеарсон III закону расподјеле.

Табела 6. Средње годишњи протицаји ријеке Укрине за различите повратне периоде по Пеарсон III закону расподјеле

T (година)	F (x)	Kp (T)	X (T) (m³/s)
500	0,998	4,10	37,68
200	0,995	3,23	32,92
100	0,99	2,82	30,68
50	0,98	2,40	28,38
10	0,90	1,33	22,52

Будући да је ријеч о средње годишњим протицајима разумљиве су вриједности велике вјероватноће појаве добијених вриједности протицаја за жељене повратне периоде. Међутим, далеко је важније сазнање о вјероватности појаве великих вода јер оне изазивају највеће проблеме, угрожавају животе људи, уништавају објекте, и зато је потребно да се на адекватан начин заштити и човјек и географски простор.

Прорачун вјероватноће појаве великих вода ријеке Укрине код хидрометријског профила Дервента могуће је извести према поступку Гумбела и то на бази података водомјера Дервента за период 1926 - 1975. година, како срећивање података појављивања поједињих водостаја захтијева дуг временски период, у пракси се чешће користи прорачун вјероватноће појаве великих вода на основу падавина и хидролошких карактеристика слива према поступку Диониса Сребреновића, који је овај поступак користио у анализи савског хидролошког подручја.

Прорачун се изводи према једначинама Д. Сребреновића за :

$$\begin{aligned} Q_{\max 5} &= 0,1960 F^{0,9065} I^{0,2183} k^{1,2977} \text{ (m}^3/\text{s)} \\ Q_{\max 25} &= 0,2976 F^{0,8937} I^{0,2541} k^{1,3384} \text{ (m}^3/\text{s)} \\ Q_{\max 100} &= 0,3967 F^{0,8892} I^{0,2585} k^{1,3525} \text{ (m}^3/\text{s)} \\ Q_{\max 1000} &= 0,5779 F^{0,8845} I^{0,2694} k^{1,3674} \text{ (m}^3/\text{s)} \end{aligned}$$

Кориштење ових једначина захтијева одређивање неколико елемената, односно површину слива (F) до тог профила, средњи пад слива (I) % и фактор корекције годишњих количина падавина (k).

Површина слива до профила Дервента износи 1355 km^2 , вриједност средњег пада слива прорачунат на онову уздужног профила Укрине и њених пријока је 10,12 %, средња надоморска висина слива је 418 метара апсолутне висине, а фактор корекције годишњих падавина је 1,149. Користећи једначине и елементе који су одређени са топографске карте или одређени на основу података висина падавина и положаја кишомјерних станица, израчунати су протицаји великих вода за период 5, 25, 100 и 1000. година. Међутим, важан сегмент вјероватноће појава великих вода је и вријеме (сати) путовања воде у процесу отицаја до посматраног профила, које је одређено по једначинама истог аутора.

$$t_5 = 53,986 \frac{F^{0,1359}}{I^{0,3172} k^{0,4325}} \quad t_{25} = 47,360 \frac{F^{0,1402}}{I^{0,3272} k^{0,4461}} \quad t_{100} = 42,496 \frac{F^{0,1417}}{I^{0,3206} k^{0,4508}} \quad t_{1000} = 37,653 \frac{F^{0,1433}}{I^{0,3342} k^{0,4558}}$$

Табела 7. - Вриједности протицаја великих вода, вријеме путовања воде у процесу отицања воде до профила Дервента и вјероватноћа појаве, рачунајући према једначинама Д. Сребреновића.

Протицаји		Вријеме дотицања		Вјероватноћа појаве
Ред појаве	(m^3/s)	Ред појаве	Сати	(%)
Q_5	268	t_5	69,0	2,1 %
Q_{25}	406	t_{25}	61,2	0,42 %
Q_{100}	530	t_{100}	54,9	0,21 %
Q_{1000}	767	t_{1000}	48,8	0,01 %

Користећи податке протицаја и времена дотицаја великих вода могуће је одредити и количине воде које би имали у поплави, али ти прорачуни излазе из оквира предмета истраживања овог рада. Анализом података⁵ протицаја у посматраном периоду могуће је закључити да ријека Укрине имала 10 година са високим протицајем преко $406 (\text{m}^3/\text{s})$, односно 1968, 1969, 1970. и другим годинама што одговара вјероватноћи појава 0,42 %, или води која се појави једном у 25 година. Када би извршили детаљну анализу временског распореда великих вода видјели би да је појава условљена кишним падавинама, тољењем снијега, односно у вријеме када имамо највеће количине падавина и највеће количине рецентне влаге која долази из горњег дијела слива.

Закључна разматрања

Анализом цикличности сушних и водних периода на ријеци Укрини, односно анализа статистичким методама, методом аналогије, методом модулних коефицијенат одступања чланова низа од просјечне вриједности и методом сумарних кривих модулних одступања, омогућила је издвајање четири хидролошка циклуса различитог трајања.

⁵ Анализиране су вриједности протицаја за профил Дервента, подаци мјерења посматраног период нису приказани због великог обима.

Први циклус трајао је од 1926 - 1940. године, други од 1940 - 1953. године, трећи од 1953 - 1970. и четврти хидролошки циклус који је започео 1970. године, а којем због недостатка континуираног хидрометријског мјерења није одређен крај.

Репрезентативност одабраног низа, иако је низ дуг педесет година и с тога аспекта мјеродаван, провјерена је подацима који се односе на ријеку Саву, односно израдом сумарне криве модулних одступања ријеке Саве у истом периоду. Упоредни дијаграм цикличности сушних и водних периода на ријеци Укрини и Сави, указује на мјеродавност одабраног низа јер се вриједности сумарне криве модулних одступања поклапају, односно уједначен је распоред сушних и влажних периода. У цјелини анализа цикличности сушних и водних периода на ријеци Укрини показала је да одабрани 50 годишњи низ осматрања мјеродавн, али и да на основу издвојених циклуса посматрани период има изражену цикличност. Будући да је анализа цикличности сушних и водних периода на ријеци Укрини потврдила изражену цикличност отицања, могуће је на основу коефицијента варијације протицаја 0,35, који говори да је ријеч о ријеци умјереног колебања протицаја, али и на основу распореда сушних и водних периода, односно класификације година по водности, пратити промјене режима ријеке и донијети закључке у погледу пројекције или планирања изградње хидротехничких и водопривредних објеката. У прилог мјеродавности хидролошке анализе цикличности сушних и водних периода на ријеци Укрини, иде и извршена класификација година по водности и анализа појаве великих вода. Класификација година по водности омогућила је увид у рангирање година према карактеру водности, односно да ли је нека година посматраног низа имала карактер катастрофално сушне, веома сушне, сушне, средње водне, водне, веома водне или катастрофално водне. Анализа овог показатеља цикличности указује да је изражена правилна хронологија у појављивању поједињих година према њиховој водности, док је анализа честина појављивања поједињих година дала увид у карактер односа сушних и водних година. У цјелини посматрано анализом која је извршена у овом раду потврђена је мјеродавност посматраног низа са аспекта цикличности сушних и водних периода и дате су веома важне карактеристике ријечног режима ријеке Укрине.

Литература и извори

1. Мирослав Оцоколић: Цикличност сушних и водних периода у Србији, САНУ, Географски институт "Јован Цвијић", Посебна издања, књига 41.Београд, 1994.
2. Изворни подаци Савезног хидрометеоролошког завода - хидролошки и метеоролошки годишњаци од 1925 - 1975. године, Београд 1985.
3. Хидролошка студија Саве - 1974 - Координациони одбор пројекта Саве - Загреб, Институт за водопривреду "Јарослав Черни ", Београд 1976.
4. Дионис Сребреновић: Примјењена хидрологија, Техничка књига, Загреб, 1985.
5. Дионис Сребреновић: Неки методолошки аспекти прогнозирања водног режима Саве и Драве, Семинар о хидролошким прогнозама, Сплит, 1978.

6. Јевђевић Вујица : Хидрологија I део, Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд, 1956.
7. Славољуб Јовановић : Примена математичке статистике у хидрологији, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1987.
8. Стеван Прохаска, Тиослав Петковић и Весна Ристић : Практикум из хидрологије, Универзитет у Београду, Рударско - геолошки факултет, Београд, 2001.

Radislav Tošić

ANALYSIS OF DROUGHTY AND WATERY CYCLIC PERIOD IN UKRINA RIVER

Summary

By analyzing droughty and watery periods at the Ukrina river, respectfully with statistical methods such as analogy method, and method of modular coefficients of aberration of series members from average value, as well as with method of summary curved modular aberrations, four hydrological circles are detached, all with different periods of duration. The first one took time from 1926 till 1940, the second one from 1940 - 1953, the third one from 1953 - 1970, and the fourth one which started in 1970. for which the end has not been defined because of lack of continuous hydrometric monitoring. Representative quality of selected series, although the series has 50 years and according to that is authoritative, has checked with the data that apply to Sava river, respectfully making the summary curve of modular aberration of the Sava river in the same period of time. Parallel diagram of cyclic feature of droughty and watery periods at Ukrina and Sava rivers, points to authoritativeness of the selected series because the values of the summary curve of the modular abbreviation correspond to each other, in other words the disposition of droughty and watery periods is equal. In global, analyze of cyclic feature of droughty and watery periods at Ukrina river, pointed out that the selected series of 50 years of observation is authoritative , as well as that according to extracted circles researched period has expressive cyclic feature. Since the analyze of cyclic feature of droughty and watery periods at Ukrina river has confirmed expressiveness of the outflow, it is possible according to the variation coefficients of the streaming 0.35, which tells that it is word about the river of modestly vacillation of streaming, but also according to the disposition of droughty and watery periods respectfully classification of years of watery, it is also possible to observe the changes of the river regime and to make a conclusions regarding projection or planning of building hidrotechnical as well as water resources management objects. Enclosed to authoritativeness of hydrological analyze of cyclic feature of droughty and watery periods at Ukrina river, there was made a classification according to the years of watery and analyze of phenomenon of huge waters. The classification of the years according to watery enabled the insight of ranking of the years according to the characteristic of watery, respectfully if one of the years of the researched series had the characteristics of catastrophic droughty, very droughty, droughty, middle watery, watery, very watery or catastrophic watery. Analyze of this indicator of the cyclic feature suggests that

there has been expressive regular chronology of appearance of specific years according to their watery, but also the frequency of appearance which gives insight of the characteristics of relation between droughty and watery years.