

UDK 911.2:556](497.5)

OSNOVNE ZNAČAJKE REŽIMA PORIJEČJA RJEČINE

RADE KNEŽEVIĆ

Izvadak:

U radu se razmatraju osnovni fizičko-geografski uvjeti otjecanja u poriječju Rječine, te utvrđuju osnovne značajke režima tekućica. Pri odredbi režima otjecanja korišteni su podaci o protoku i vodostaju hidroloških postaja na Rječini i njenim pritocima. Utvrđeni su tipovi režima prema Kelleru. Na režim utječu i hidrotehnički objekti u poriječju.

Ključne riječi:

poriječje Rječine, otjecanje vode, režim tekućica

**BASIC CHARACTERISTICS OF THE RIVER
REGIMES IN THE RJEČINA RIVER BASIN****Abstract:**

The paper considers some basic physical geographic factors of the runoff in the Rječina river basin, and determines the river regime characteristics. For the determination of regimes the data of water discharge on Rječina and its main tributaries are used. The types of river regimes by Keller are determined. Hydrotechnical objects have influenced the water balance in the Rječina river basin.

Key words:

Rječina river basin, runoff, river regime

UVOD

Hidrografsku mrežu poriječja čine tekućica Rječina i njezine pritoke Sušica, Mudni do, Zala, Borovica i Duboki jarak (Studenški potok) kao i brojni izvori na dodiru fliša i karbonata. Među navedenim tekućicama po količini protoka i trajnosti tečenja u koritu izdvaja se Rječina, dok su ostale tekućice uglavnom povremene.

Bitni pomaci na utvrđivanju granica (razvodnice) poriječja načinjeni su novelacijom smjerova kretanja površinske i podzemne vode. Prilikom novelacije Institut za geološka istraživanja (1994.) je, na hidrogeološkoj karti $M=1:25000$, nacrtao smjerove glavnih skupina izviranja i naznačio razvodnice otjecanja. Ustanovljene su i površine topografskog ($53,8 \text{ km}^2$) i hidrogeološkog ($163,9 \text{ km}^2$) poriječja.

Odnos između topografskog i hidrogeološkog poriječja ukazuje na znatne teškoće kod utvrđivanja granica područja poriječja Rječine. Uzrok tome je geološka građa područja koje je sastavljeno pretežno od propusnih formacija s izraženim krškim pojavama (ŠIKIĆ, 1972., 1975.).

Pojedina krška područja kojima otjecanje još uvijek nije ustanovljeno (Guslica) ostala su izvan granica poriječja zbog čega su moguće kasnije ispravke pojedinih podataka.

Većim dijelom poriječje se nalazi na teritoriju Hrvatske, a površina od $59,46 \text{ km}^2$ (27,3 % cjelokupnog poriječja) nalazi se na teritoriju Slovenije.

Indeks reljefa, koji je dobiven kao visinska razlika između slovenskog Snežnika i ušća Rječine, iznosi 1797 m.

U dosadašnjim geološkim istraživanjima Rječina je prikazana kao prtok jezera

koje je zauzimalo prostor današnjeg Grobničkog polja. Jezero je bila potopljena uvala u kršu bez površinskog otjecanja. Antecedentnu dolinu od jezera pa do ušća u more tekućica je formirala krajem pleistocena (LORENZ, 1860.). Tadašnje ušće Rječine u more bilo je rijas da bi njegovo oplićavanje i tranzicija u deltu počeli prije dva do tri milenija (BENAC, 1990., ŠIKIĆ, 1975.).

Izvori iz kojih se poriječje opskrbljuje vodom predočeni su kao pukotinski sustavi (BIONDIĆ, 1968.). Neki od njih prošireni su različitim oblicima erozije u kanale tunelskog tipa (BOŽIČEVIĆ, 1974.). U istraživanju objavljenom u sklopu elaborata Vodoprivredna osnova Gorskog kotara (više autora, 1987.) ustanovljeno je da na varijabilnost izravnog i posrednog pritjecanja, a time i fluktuaciju protoka Rječinom, značajno utječe strm teren poriječja kojemu je malena retencijska sposobnost te neujednačen intenzitet padalina. Ekstremni protoci od $196 \text{ m}^3/\text{s}$, na najnižvodnijem profilu Rječine, očekuju se u razdoblju od 10 godina, ekstremni protoci od $361 \text{ m}^3/\text{s}$ u razdoblju od 100 god. dok se ekstremni protoci od $602 \text{ m}^3/\text{s}$ očekuju u razdoblju od 1000 godina.

U suhom dijelu hidrološke godine izvori koji prihranjuju Rječinu u gornjem toku, prosječno presušuju 45 dana (STRAŽIČIĆ, 1999.). Iznimno neujednačen režim otjecanja i ekstremne vrijednosti vodostaja otežavaju razvoj vodnog gospodarstva (RIĐANOVIĆ, 1975.).

Unatoč promjenljivom režimu dosegnuta razina iskorištenosti vodnog potencijala poriječja iznosi 75 % (RUBINIĆ, 1997.). Valorizacijom vodnih resursa izmijenjen je prirodni režim otjecanja, poglavito na dijelu toka Rječine od brane Valić pa do ušća u more (OŽANIĆ, 1999.).

U ovom radu pokušano je odrediti režim poriječja Rječine u postojećim hidrološkim uvjetima i to razmatranjem prirodnih i promjenjenih činitelja koji su sudjelovali u njezovoj opskrbi vodom, te raspodjeli karakterističnih protoka.

METODE RADA

Za utvrđivanje režima poriječja korišteni su podaci dobiveni mjerenjem glavnih hidroloških veličina (protoka i vodostaja) na aktivnim kao i bivšim hidrološkim postajama (sl. 1).

Podrobniju analizu otežavalo je ukidanje pojedinih opažачkih mjesta, odnosno nepotpunost pojedinih serija.

Prvo su, 1947. godine, osnovane hidrološke postaje Izvor Rječine, Grohovo i Kukuljani. Hidrološka postaja Kukuljani ukinuta je 1975. godine, a hidrološka postaja Grohovo imala je prekid u radu od 1967. do 1969. te ponovo od 1975. do 1979. godine. Kasnije su osnovane hidrološke postaje Sušak (1949.), Martinovo Selo (1965.) i Zvir (1978.). Sušak je bio najnižvodnija hidrološka postaja koja je i najpotpunije prikazivala ukupnu protoku vode.



Sl. 1. Vodomjerne postaje u poriječju Rječine
Fig. 1. Water stage gauges in Rječina river basin

Nakon izgradnje vodospremnika Valić s mjerenjima su prestale hidrološke postaje Sušak (1969.) i Kukuljani (1975.), a zbog rekonstrukcije kaptaze i hidrološka postaja Zvir (1991.). Godine 1987. osnovana je hidrološka postaja Drastin.

Na pritocima Rječine od 1975. do 1981. godine mjereni su protoci izvora koji prihranjuju Sušicu (Potkilavac, Gonjuša) te protoci Zale od 1975. do 1983. godine na hidrološkim profilima Ravno i Potkilavac.

Hidrološka postaja na Lužcu djelovala je od 1975. do 1981. godine. Na pritoci Sušici osnovane su hidrološke postaje Lukeži (1975.), Potkilavac (1977.) i Dražice. Ukinute su hidrološke postaje Lukeži (1981.) i Potkilavac (1983.), a Dražice su ostale jedinom aktivnom hidrološkom postajom na pritocima Rječine.

Podaci prikupljeni mjerenjima pohranjeni u u arhivi poduzeća Vodoprivreda-Rijeka odakle su i korišteni.

U novijim hidrološkim uvjetima za sagledavanje režima protoka nedostaju odgovarajuća praćenja crpljenih i količina voda koje se koriste u energetske svrhe. Postoji potreba i za premještanjem postojećih limnigrafa na pojedinim opažajkim mjestima (Martinovo Selo, Grohovo). Razlozi premještanja jesu naplavine koje nastaju na usporima limnigrafa. Na takvim profilima naplavine razdijele vodni val malih voda pa otjecanje koje se obavlja rukavcima ostane neregistrirano.

Dio potrebnih podataka o stanju poriječja prikupljen je terenskim izlascima u vlažnom i sušnom dijelu hidrološke godine.

REZULTATI I RASPRAVA

HIDROMETEOROLOŠKI ČINITELJI

Kako na slivnom području nema alohtonog pritjecanja, vodna bilanca direktno će ovisiti o padalinskom režimu. Činitelji koji primarno utječu na prostornu raspodjelu padalina jesu cirkulacija atmosfere i orografija. Slivno područje Rječine pod utjecajem je ciklogenetskog područja sjevernog Jadrana gdje se uz putujuće ciklone (najčešće su van Bebberove putanje Vc i Vd) koje dolaze nad ovo područje stvaraju i manji, dodatni ciklonalni vrtlozi koji su uzrok čestim padalinama (Rijeka 131.1, Klana 122.2, Platak 144.8 dana s padalinama).

Prema istraživanjima B. Penzar (1959.), na području Gorskog kotara, na svakih 100 m nadmorske visine godišnja se količina padalina poveća 180 mm. Takav porast ostvaruje se do visine od 800 m, a na većim visinama porast se usporava. U istraživanjima koje su obavili M. Čapka i K. Zaninović (1985.), za potrebe riječke vodoprivrede, izračunata vrijednost okomitog gradijenta padalina bila je 142 mm na 100 m. Ista vrijednost okomitog gradijenta padalina od 142 mm na 100 m potvrđena je i u istraživanjima A. Bajića (1986.). Prema tim istraživanjima ona količina padalina koja se u prosjeku godišnje može očekivati na razini mora iznosi 1362 mm (bazni potencijal), a na visini od 1500 m 3492 mm.

Stvarne vrijednosti prosječnih gorišnjih količina padalina za postaje u širem području istraživanja prikazane su u tablici 1.

Udaljavanjem od mora povećava se trajanje snježne zime kao i udio snijega u ukupnim količinama padalina. U Marčeljima,

Tab. 1. Prosječne godišnje količine padalina

Tab. 1 Mean annual precipitation

Meteorološka postaja	h (m)	Minimalna	Maksimalna	Godišnji prosjek
Rijeka	120	1076	1973	1562
Čavle	316	1275	2747	1917
Marčelji	410	1414	2777	2152
Klana	564	1625	3006	2228
Plase	600	1114	2625	1828
Zlobin	730	1070	2892	1880
Mrzle Vodice	771	1885	3625	2770
Benkovac	860	1580	3208	2379
Platak	1111	2281	5784	3565
Risnjak	1420	2230	5890	3648

Izvor: Postaje Platak (1931-1960) i Risnjak (1949/50-1963/64), B. Kirigin (1976), ostale postaje (1961-1990), Državni HMZ Republike Hrvatske, Zagreb.

postaji koja je najbliže izvoru Rječine, snježna zima traje 64, Klani 91, Mrzlim Vodicama 166 i Platku 185 dana dok je na vrhu Risnjaka udio snijega u ukupnoj količini padalina približno 29-32 % (KNEŽEVIĆ, 1992.).

U postajama navedenim u tab. 1 padalinski maksimum bio je u studenom (na većim visinama od 600 m u prosincu), a minimum u srpnju (na visinama iznad 600 m u kolovozu).

Vlažnost, kao klimatsko mjerilo otjecanja voda sukladna je prostornom razmještaju ostalih klimatskih činitelja (reljef, pošumljenost). Prema Fosterovom dijagramu klima je dijelom humidna i većinom perhumidna na riječkom priobalju i perhumidna (od lat. *humidus* – vlažan, mokar; i *per* – vrlo, preko) na ostalom dijelu poriječja (sl. 2).

HIDROGEOLOŠKI ČINITELJI

U litološkom sastavu poriječja Rječine sudjeluju karbonatne i klastične naslage različite vodopropusnosti.

Karbonatne stijene u čijem sastavu prevladavaju disolutni vapnenci raznih starosti i formacija protežu se u širokom luku sve od Snežnika pa do Grobničkog polja. Na njima je nastao tipičan krški reljef ogoljelih uzvišenja i brojnih ponikava na dnu kojih je crvenica.

Bitumenizirani vapnenci i dolomiti kao i krupno klastične breče ponovo prevladavaju u priobalju. Njihova slojevitost je poremećena te im se može odrediti samo generalno pružanje dinarskim smjerom (OŽANIĆ, 1999., prema Osnovnoj geološkoj karti 1:100000, list Labin).

Za ponešto rezistentnije dolomite vezan je fluviokrški reljef Kastavštine te gorski luk sjeverno od Grobničkog polja gdje dolaze do izražaja vododerine i obilni nanosi šljunka (ROGLIĆ, 1975.).

Grobničko polje prekriveno je pjeskovito-glinovitim i šljunkovito-pjeskovitim fluvio-glacialnim materijalom (BENAC, 1990.).

Klastične naslage paleogena (fliš), značajne za površinsko otjecanje, pružaju se od Klane i Studene na sjeverozapadu, dolinom

Rječine do Orehovice gdje je njihovo površinsko pojavljivanje znatno reducirano.

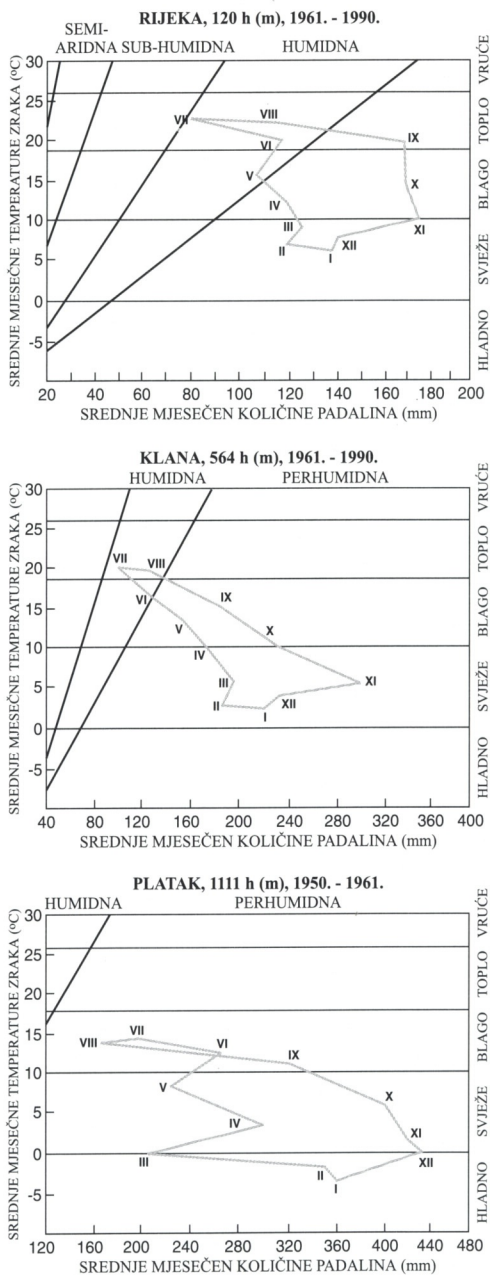
Unutar izdvojenih hidrogeoloških cjelina, susreću se i druge manje cjeline i to uglavnom u dolinama tekućica (Sušica, Zala, Lužac). U njihovoj građi sudjeluju valutice, koturine, kršje, pijesak i ilovača (pleistocene naslage) kao i recentne naplavine (aluvij). Impermeabilnost takvih naslaga ovisi o prevladavajućim sastojcima.

OTJECANJE

Rječina je primjer geološki asimetričnog poriječja. Njegova geološka struktura predstavljena je antiklinalom koja je pri krilnom kraju presječena tektonskom brazdom. Zahvaljujući strukturnom položaju naslaga podzemno otjecanje poriječja okrenuto je od sjeveroistoka prema jugozapadu. Prirodna brzina podzemnih tokova kreće se od 4 cm/s, a hidraulički gradijent varira od 0,030 do 0,060 (BIONDIĆ, 1981.).

Na **podzemno otjecanje** osim strukturalnog položaja i litološkog sastava naslaga bitno je utjecala i njihova tektonska poremećenost. Naslage su redovito razlomljene i dislocirane što je bojenjem vode i praćenjem kompleksnog otjecanja boje i potvrđeno (Božičević, 1974.). Jedan od pokazatelja složenosti je i nesklad između količine padalina i gustoće riječne mreže koja na području poriječja iznosi 0.2 km/km². Jednim svojim dijelom podzemne vode javljaju se kao izvorske na dodiru karbonatnih i klastičnih stijena, uz obod Grobničkog polja (poglavito između utoka Borovice i Lužca u Sušicu kod Potkilavca), ili na priobalju najčešće kao bočati priobalni izvori i vrulje.

Većina izvora javlja se samo nakon dugotrajnih kiša jačeg intenziteta, sa



Sl. 2. Funkcionalni odnosi padalina i temperature

Fig. 2 Precipitation-temperature diagrams

zakašnjenjem od približno jednog dana, i traju nekoliko dana, ovisno o količini padalina. Takvi povremeni i periodički izvori nemaju profiliranih otvora, već voda izbija na površinu iz šljunka, kamenja ili pukotina. Neki od njih djeluju i kao estavele.

Od 1994. godine sustavnije se prati podzemno otjecanje u blizini kaptaza (sanitarna zaštita), kao otjecanje one vode koja nestaje u ponorima. U pojedinim slučajevima ustanovljena je neposredna veza između ponora i izvora kao što je primjerice veza između ponora Rupa i izvora Zvir (više autora, 1994.).

Površinsko otjecanje se odvija padinama i koritima tekućica. Otjecanje padinama najprisutnije je na flišu koji izgrađuje srednji dio poriječja. Naglašenijom vertikalnom, od bočne erozije, formirane su brojne jaruge strmih strana. Njihova lokalna erozijska baza jesu Zala, Sušica i Rječina. Prilikom terenskog istraživanja poriječja u dolini Zale ustanovljeno je 11, Sušice 6 i Rječine 3 jasno prepoznatljive bujične plavine. Uslijed stalne tendencije taloženja vučenog nanosa dna bujičnih plavina često se nalaze iznad razine same doline. Unatoč podignutim retencijama na pojedinim jarugama, a zbog velikog dotoka vode bujicama te malog proticajnog profila Sušice, visoke vode redovno poplavljuju okolne površine. U površinskom otjecanju glavnina protoka odvija se koritima Zale, Sušice i Rječine.

Zala (12.2 km) izvire ispod Plesišća, u blizini kote 785. U gornjem dijelu toka, koji se nalazi na flišnom terenu uočava se mjestimično jačanje erozije i pokretanje nanosa. Vode Zale koje se na zaravni Ravno gube poniranjem ponovo se kao izvorske pojavljuju u Potkilavcu na izvoru Gonjuša (grupa autora, 1987.).

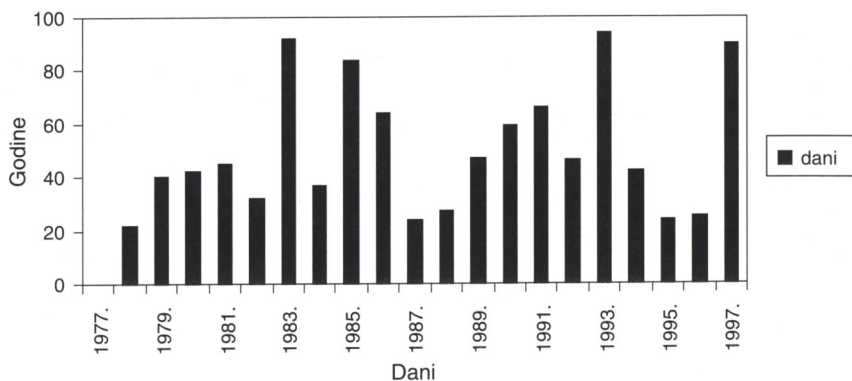
Glavni tok **Sušice** (6.3 km) usječen je u pleistocenskim naslagama Grobničkog polja. Zbog malog uzdužnog pada korita, pri gibanju vode prisutno je njeno vrtloženje i bočna erozija. Zbog toga je urušavanje obala na Sušici učestalije od urušavanja obala na drugim tekućicama poriječja.

Glavninu protoka Rječine (18.6 km) čine vode njezina krškog izvora, a tijekom vlažnog dijela godine i vode tekućica Zale i Sušice. Izvire na nadmorskoj visini od 325 m u podnožju vapnenačke litice kojoj je nagib oko 60° i visina 300 m. Izvor Rječine tip je uzlaznog krškog vrela preljevnog oblika (STRAŽIČIĆ, 1999.). U morfologiji podzemnog prostora izvora razlikuju se akumulirajući bazeni i dovodni kanali (BOŽIČEVIĆ, 1974.). Kad podzemna retencija naraste do razine izlazne jame, voda se prelijeva u obliku izvora. Izdašnost izvora tijekom godine varira kao i dani bez preljeva (sl. 3).

U danima bez preljeva korito je suho do istjecanja Rječine iz kanjona i stalno ispunjeno vodom u daljnjem dijelu korita. Stalnost vode u donjem koritu održava se utjecajem uspora mora te izvorom Zvir.

Prirodnost mehanizma tekućica u oblikovanju gornjeg, srednjeg i donjeg uzdužnog profila korita, a time i brzine otjecanja, nije moguće primijeniti i na morfologiju korita Rječine. To je zbog toga što svi sektori korita nisu jednake geološke starosti. Korito od izvora Rječine do Grohova meandrirajućeg je oblika i malenog nagiba (5-7‰) te U izraza poprečnog profila.

Od Grohova do izlaska iz kanjona Rječine korito ima V izraz poprečnog profila i veliki nagib (20-30‰). Nanosi u njemu su krupni i vučeni, a pregibi česti (pregib Žakanj sa slapištem). Od kanjona Rječine pa



Sl. 3. Broj dana s presušivanjem preljeva Izvora Rječine

Fig. 3 Number of days with no outflow from Rječina river spring.

do ušća u more, nagib korita je smanjen (4-6 ‰), a korito je usječeno u sedimente fliša i karbonata.

Prema rezultatima protoka, koji odgovara hidrometrijskom profilu Grohova (194.3 m), s ukupnog poriječja koritom Rječine otječe više od 75 % svih padalina. To bi odgovaralo prosječnoj količini padalina za slivno područje od 2250 mm (RIDAHOVIĆ, 1975.).

Hidrotehničke zahvate, koji su režim otjecanja vode znatno izmjenili, moguće je podijeliti u dvije skupine. Prvu bi činili hidrotehnički objekti namijenjeni stabilizaciji protoka, a drugu hidrotehnički objekti namijenjeni stanovništvu i gospodarstvu.

Hidrotehnički objekti prve skupine podignuti su kao brane za retenciju protoka (Zala, Sušica) ili kao akumulacije za održivost ekosustava (Rječina). Prvoj skupini pripadao bi i prokopani kanal između Dubokog jarka i tekućice Boška. Prije prokopa vododjelnice visoke vode Boške plavile su polje kod Studene, a poslije prokopa prebacuju se u poriječje Rječine. Zbog problema zasipanja luke nanosima i poplava prelocirano je 1852.-1855. godine i ušće Rječine u zonu

Brajdice. Dotadašnji najdonji dio toka Rječine postao je mrtvi rukavac.

Sukladno periodu nastanka, izgradnju hidrotehničkih objekata namijenjenih stanovništvu i gospodarstvu, opravdano je podijeliti na tri etape. U prvoj etapi, do 19. stoljeća, voda je korištena kao mehanička snaga, a voda do korisnika (mlinovi, pilane, stupe) skretana je zagatima.

U drugoj etapi, u 19. i 20. stoljeću, uz korito Rječine podignuti su industrijski pogoni kojima je za tehnološke procese trebala protočna voda (Tvornica papira 1821., Gradska klaonica 1850., Tvornica tjestenine 1871., Tvornica ljepila i umjetnih gnojiva 1876. i Tvornica kože 1887. godine).

Treća etapa korištenja počela je izgradnjom hidrotehničkog objekta Valić (1968.) te rekonstrukcijom kaptaze izvora Zvir (1990.). Hidroakumulacija Valić služi za dnevno izravnavanje voda HE Rijeka. Pri punoj razini vode (kota preljeva je na visini od 229,5 m) akumulacija se proteže u duživi od 1,3 km, a njen volumen je 0,7 mil. m³. Kad prestane dotok Rječinom u akumulaciji se održava razina biološkog minimuma, a u tok nizvodno ispuštaju se minimalne

količine vode. Dužina fosiliziranog toka Rječine od brane Valić do ponovnog utoka voda iz strojarnice HE Rijeka u korito iznosi 6,4 km (34,4 % ukupne dužine Rječine).

Rekonstrukcija kaptaza Zvir potaknuta je sve češćim redukcijama vode na Kvarneru nakon 1980. godine. (Prva kaptaza Zvira obavljena je 1894., a rekonstruirana kaptaza je nakon dovršetka uklopljena u vodoopskrbni sustav 1997. godine). Hidrološka i socio-ekonomska uloga Zvira je značajna jer je jedini izvor na porječju Rječine koji ne presušuje.

Prilikom **analize protoka** Rječine Rubinić (1997.) i Ožanić (1999.) se koriste podacima o protoku za 1987.-1994. godinu jer ga smatraju razdobljem najpovoljnijeg istovremenog praćenja. Prema tim istraživanjima srednji godišnji protok za postaju Izvor Rječine iznosi 5,73, Martinovo Selo 6,05, Grohovo 9,24, Zvir 4,39 i Sušak 13,3 m^3s^{-1} . Takvi rezultati dijelom se razlikuju od rezultata, koji su za potrebe ovog rada, dobivenih analizom razdoblja najdužeg mogućeg praćenja (tab. 2).

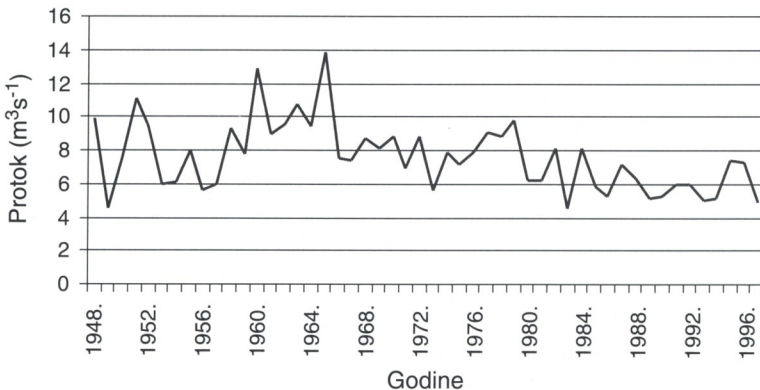
Iz hoda srednjih godišnjih protoka na primjeru izvora Rječine uočava se trend

opadanja protoka koji je dijelom uzrokovan nešto sušnijim hidrološkim prilikama kao i sve većom potrošnjom vode, što nije na odgovarajući način i evidentirano. Odnos prosječnih godišnjih protoka u vodnim i sušnim godinama je kao 1:3. Primjeri za sušne godine bile bi 1949., 1983. i 1997. godina, a za mokre 1948., 1951., 1952. i 1979. godina (sl. 4).

U prihrani Rječine vodom izvori su značajniji od pritoka. Pritoci koji su navedeni u tablici 3 u bilanci srednjeg godišnjeg otjecanja Rječinom sudjeluju s približno 6 %.

U sušnom razdoblju određene količine vode gube se u estavelama, koje su u vlažnom razdoblju funkcionirale kao izvori.

Temeljne značajke **režima** otjecanja vode mogu se najbolje upoznati prema godišnjem hodu protoka na određenim postajama. Mjeseci pojave ekstremnih koeficijenata odgovaraju sredozemnom varijetetu kišno-snježnog (pluvio-nivalnog) režima (tab. 4). Primarni maksimum protoka najčešće je u studenom i prosincu (kišnica), a sekundarni u ožujku ili travnju (sniježnica). Najniža stanja protoka su u kolovozu.



Sl. 4. Srednji godišnji protoci (m^3s^{-1}) postaje Rječine-izvor
 Fig. 4 Mean annual discharge (m^3s^{-1}) on Rječina river spring

Tab. 2. Srednji (SQ), srednji najniži (SNQ) i srednji najviši (SVQ) protoci (m^3s^{-1}) na mjernim profilima RječineTab 2 Mean (SQ), mean low (SNQ) and mean high (SVQ) monthly water discharge (m^3s^{-1}) on water stage gauges on Rječina river

POSTAJA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	SRED
IZVOR	SQ	7,07	6,68	7,04	12,0	10,1	5,07	1,43	3,77	7,81	11,3	9,51	6,94
	SNQ	1,07	1,03	1,58	4,31	3,34	1,3	0,36	0,12	1,11	1,25	1,51	0,035
	SVQ	25,6	24,3	25	28,3	24,9	17,6	6,36	9,25	19,4	28,6	36	44,7
KUKULJANI (1948-1975)	SQ	9,32	8,96	8,88	13,7	10,4	4,85	2,45	1,37	4,63	8,61	15,4	8,45
	SNQ	1,2	0,52	0,24	4,08	3,51	0,69	0	0	0	6,12	1,42	5,06
	SVQ	31,0	26,6	22,7	23,2	21,9	14,8	9,81	4,48	22,2	28,8	32,1	12,5
MARTINOVO	SQ	7,82	7,47	7,85	12,8	10,4	5,34	1,64	1,53	4,48	8,75	12,1	7,91
	SNQ	1,3	1,17	1,77	4,52	3,48	1,13	0,49	0,27	0,42	1,1	1,25	0,089
	SVQ	35	32,4	31,3	33,5	28,8	21,2	6,17	5,64	25,4	40	48,2	69,0
DRASTIN (1987-1997)	SQ	12,2	9,73	8,38	15,1	12,3	7,11	2,44	2,67	5,8	15,8	22,6	10,9
	SNQ	2,98	2,81	2,59	6,36	4,04	2,09	0,53	0,64	1,64	2,68	3,05	0,479
	SVQ	44,5	43,7	35,9	40,5	36,8	26,2	7,78	12,7	23,3	61	81,6	109
GROHOVO (1948-1967)	SQ	10,9	8,72	8,29	13,2	9,26	4,68	2,81	1,65	5,68	11,1	17,2	9,11
	SNQ	2,12	1,51	2,18	4,86	3,31	1,79	0,78	0,79	0,47	1,3	2,59	0,029
	SVQ	45,1	46,8	31,2	34,8	25,9	18,8	12,6	6,96	38,9	48,9	57,3	86,1
ZVIR (1979-1991)	SQ	5,66	5,33	4,23	6,28	5,08	7,59	1,74	1,59	2,41	5,73	6,32	4,54
	SNQ	2,43	2,28	2,08	3,39	2,74	2,01	1,21	1,11	1,17	1,9	2,44	0,935
	SVQ	10,8	9,65	8,95	9,37	8,43	6,09	2,69	3,5	5,63	10,3	11,2	15,1
SUSAČ (1949-1965)	SQ	16,1	12,4	12,1	16,2	12,9	6,77	4,35	3,13	9,08	15,6	24,2	13,1
	SNQ	4,14	3,81	4,03	7,33	5,54	2,5	1,83	1,51	1,78	3,81	5,24	1,09
	SVQ	54,7	40,7	37,8	35	28,3	18,5	13,1	7,52	43,6	52,7	68,1	118

Izvor: Vodoprivreda-Rijeka, Rijeka, razdoblje 1948.-1997.

Tab. 3. Srednji mjesečni protoci (m^3s^{-1}) hidroloških postaja na pritocima Rječine
 Tab. 3 Mean monthly discharge (m^3s^{-1}) on water stage gauges on Rječina tributaries

POSTAJA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
ZALA-RAVNO (1975-1983)	0,03	0,02	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,05	0,01
ZALA-POTKILAVAC (1975-1983)	0,03	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0,01	0,02	0,02	0,09	0,02
POTKILAVAC-IZVORIŠTE (1975-1981)	0,08	0,17	0,01	0,02	0	0	0	0	0,01	0,05	0,05	0,11	0,04
GONJUŠA (1975-1981)	0,27	0,39	0,16	0,19	0,06	0,08	0	0,03	0,07	0,24	0,31	0,43	0,19
LUŽAC-POTKILAVAC (1975-1981)	0,90	1,16	0,63	0,72	0,27	0,29	0	0,11	0,29	0,68	0,99	1,28	0,61
SUŠICA-POTKILAVAC (1977-1983)	1,51	1,73	0,65	0,40	0,31	0,15	0,01	0,05	0,08	0,90	1,54	1,14	0,71
SUŠICA-DRAŽICE (1990-1994)	0,89	0,08	0,10	0,12	0,04	0	0	0	0	1,48	2,34	1,21	0,52
SUŠICA-LUKEŽI (1975-1981)	1,52	2,34	0,60	0,73	0,12	0,22	0	0,09	0,28	1,04	0,87	2,08	0,82

Izvor: J. Rubinić, 1997.

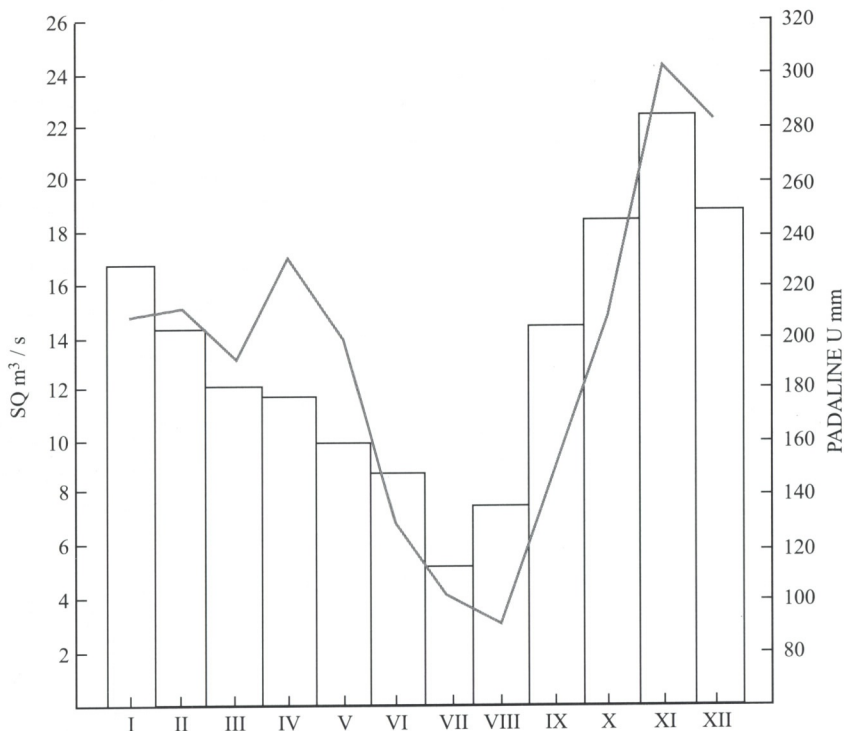
Tab.4. Mjesečni koeficijenti protoka
 Tab 4 Discharge coefficients

POSTAJA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Izvor Rječine (1948-1997)	1,02	0,96	1,01	1,73	1,46	0,73	0,25	0,20	0,54	1,13	1,63	1,37
Kukuljani (1948-1975)	1,1	1,06	1,05	1,62	1,23	0,57	0,29	0,16	0,55	1,02	1,82	1,50
Martinovo Selo (1965-1994)	0,99	0,94	0,99	1,62	1,31	0,67	0,21	0,20	0,57	1,11	1,53	1,29
Drastin (1987-1997)	1,12	0,89	0,77	1,39	1,13	0,65	0,22	0,24	0,53	1,45	2,07	1,52
Grohovo (1948-1967)	1,20	0,96	0,91	1,45	1,02	0,51	0,31	0,18	0,62	1,22	1,89	1,75
Zvir (1979-1991)	1,25	1,17	0,93	1,38	1,12	1,67	0,38	0,35	0,53	1,26	1,39	1,48
Sušak (1949-1965)	1,23	0,95	0,94	1,23	0,98	0,52	0,33	0,24	0,69	1,19	1,85	1,87

Izvor: Vodoprivreda – Rijeka, Rijeka, godine 1948-1997.

Iako pripadaju istom varijetetu režima koeficijenti otjecanja nisu na svim mjernim profilima istovjetni. Najmanja godišnja fluktuacija koeficijenta otjecanja je na Zviru (1,13), te na dijelu toka od Izvora Rječine

pa do Martinova Sela (1,42), na kojem nema pritoka, a najveća na profilu Drastina (1,75). Velike fluktuacije na profilu Drastina rezultat su periodičnog pritoka Sušice. U Kellerovom hidroobrascu mala slova g i h oznake



Sl. 5. Režim protoka (Rječina - Sušak) i padalina (teorijska na h 578 m) u poriječju Rječine (1961.-1990.)

Fig. 5. River regime (Rječina - Sušak) and precipitation (theoretical on 578 m) in Rječina river basin (1961 - 1990)

su ekstremno niskih, a E i F ekstremno visokih protoka pa se iz tablice 5. može isčitati izrazit bujični karakter Rječine.

Odnos godišnjeg hoda protoka na Rječini i godišnjeg hoda padalina koji gravitira izohipsi od 578 m (izračunato za meteorološke postaje Rijeka, Klana, Mrzle Vodice i Benkovac u razdoblju 1961.-1990.) uvijek se ne podudara (sl. 5).

Razlike su manje u sušnom i veće u vlažnom dijelu godine. Ljetni minimalni protok, koji kasni oko jedan mjesec za padalinskim minimumom, posljedica je nešto sporijeg spuštanja razine vode u podzemlju. Obimnijim padalinama u kasnu

jesen i početkom zime popunjava se najprije podzemni deficit vode stoga maksimalni protok kasni za maksimumom padalina. U proljeće podloga je saturirana, pa snijeg koji se topi utječe na nastanak velikih voda.

Valjanost obilježja režima ili promjene obilježja obično se postiže usporedbom nizova podataka iz različitih razdoblja mjerenja. Na hidrološkoj postaji Grohovo to je moguće usporedbom godišnjeg hoda SNQ, SQ i SVQ kakav je bio prije izgradnje brane Valić, s razdobljem nakon toga (sl. 6). Krivulje koje predočavaju protoke nakon izgradnje brane (1979-1994) razlikuju se od

predhodnih veličinom i godišnjim hodom. Razlike uspoređenih veličina otjecanja manje su za SVQ i veće za SNQ. U izmjenjenim hidrološkim uvjetima ne postoji sekundarni maksimum koji je u prirodnim uvjetima otjecanja dolazio u travnju, što upućuje na najveću potrošnju vode baš u tom razdoblju.

Tab.5. Tipovi otjecanja na pojedinim mjernim profilima Rječine

Tab. 5 Types of river regimes on Rječina

Postaja	Period motrenja	Tip otjecanja
Izvor Rječine	1948-1997	Dg 4,8
Kukuljani	1948-1975	Eh 11,8
Martinovo Selo	1965-1994	Dg 4,8
Drastin	1987-1997	Fg 11,7
Grohovo	1948-1967	Eh 11,8
Zvir	1979-1991	Cf 12,8
Sušak	1949-1965	Eg 12,8

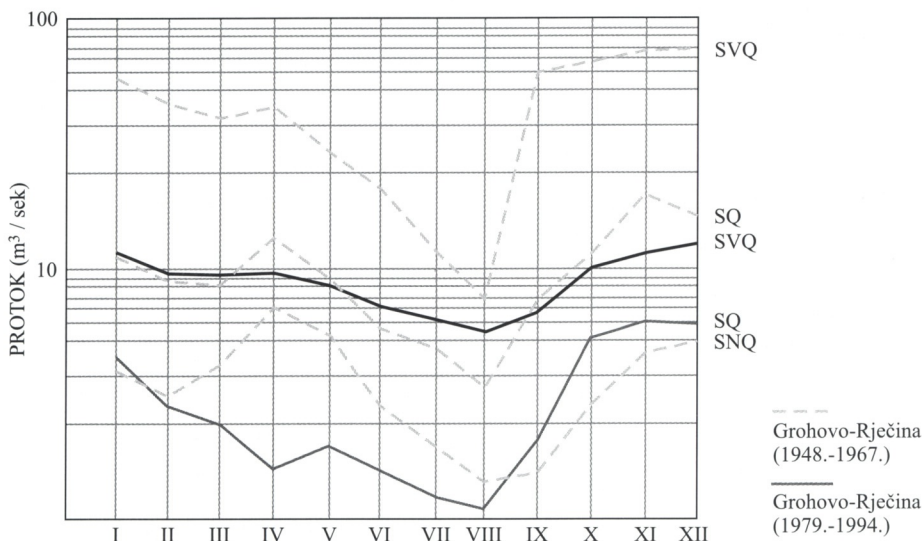
Izvor: Vodoprivreda-Rijeka, Rijeka, godine 1948-1997.

ZAKLJUČAK

Antiklinalna morfostruktura poriječja Rječine utjecala je na rubni položaj izviranja i otjecanja glavnih tekućica. Hipsometrijski položaj glavnih vrela utječe na kršku drenažu i oskudnost vodom više položenih terena poriječja.

Glavni iznosi otjecanja obavljaju se koritom Rječine. Na završetku njezina poriječja (hidrometrijski profil Rječina – Sušak) srednja godišnja protoka iznosi $13,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Prema godišnjem hodu protoka može se zaključiti da je režim Rječine kišno-snežni s izraženijom pluvijalnom komponentom u režimu. Izložena obilježja režima utječu da prema Pardéovoj klasifikaciji poriječje Rječine pripada podtipu sredozemnog varijeteta kišno-snežnog režima, a prema Kellerovom hidrobrascu tipovima od Cf do Dg. Režimi koji su na takav način okarakterizirani imaju bujično otjecanje.



Sl. 6. Režim protoka i padalina u poriječju Rječine

Fig. 6 River regimes and precipitation

Na izmjenu režima otjecanja utjecala je potrošnja vode kao i brojni hidrotehnički objekti. Iz vodnog sustava Rječine komunalnom vodom opskrbljuje se 4,2% stanovništva Hrvatske te proizvodi 90 miliona kWh električne energije godišnje. Utjecaji potrošnje vode na promjenu protoka primjereno su registrirani na hidrološkoj postaji Grohovo. Na toj postaji prije 1967. godine srednji godišnji protok

iznosio je $8,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, a nakon 1979. godine iznosi $1,38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Promjena protoka sukladna je promjeni vodostaja. Na postaji Sušak zabilježeni srednji mjesečni maksimalni vodostaj u lipnju 1949. godine iznosio je 28 cm te 430 cm u rujnu 1952. godine, dok je srednji mjesečni minimalni vodostaj u kolovozu 1964. iznosio 10 cm i u studenom 1949. godine 16 cm.

LITERATURA I IZVORI

- Bajić, A. (1986.): Prilog poznavanju maksimalnih temperatura zraka na Jadranu, Pomorski zbornik 24, Rijeka.407-427.
- Benac, Č. (1990.): Sedimentacija u području ušća Rječine. Pomorski zbornik 28, Rijeka. 593-609.
- Biondić, B. (1968.): Hidrološki radovi – Izvor Rječine. Izveštaj. Arhiv geol. instituta 4559, Zagreb.
- Biondić, B. (1981.): Hidrogeologija Like i južnog dijela Hrvatskog primorja. Disertacija, PMF Sveučilišta Zagreb, Zagreb.
- Božičević, S. (1974.): Morfologija vodenih kanala Izvora Rječine. Geol. vjesnik 27. Zagreb. 273-281.
- Čapka, M. i Zaminović, K. (1985.): Prostorna razdioba srednje godišnje temperature zraka na području SR Hrvatske. Elaborat RHMZ, Zagreb.
- Grupa autora (1987.): Vodoprivredna osnova Gorski kotar – Primorje. knjiga II, Rijeka.
- Grupa autora (1994.): Zaštitne zone izvorišta pitke vode grada Rijeke, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
- Kirigin, B. (1976.): Klimatske i snježne prilike na području Bjelolasice i Gorskog kotara. RHMZ, Zagreb.
- Knežević, R. (1992.): Kvaliteta prirodne sredine u planiranju razvoja turizma Gorskog kotara, Zbornik Hotelijerskog fakulteta, Opatija, 86-95.
- Lorenz, J. (1860.): Die Rečina Hydrographische Skizze, Programm des k.k. Obergymnazium in Fiume, Fiume.
- Ožanić, N. (1999.): Hidrotehnička istraživanja na području sliva Rječine, Elaborat Vodoprivrede-Rijeka, Rijeka.
- Penzar, B. (1959.): Razdioba godišnjih količina oborina u Gorskom kotaru. Rasprave i prikazi IV, Zagreb.
- Riđanović, J. (1975.): Vode; Geografija SR Hrvatske knjiga V, Školska knjiga, Zagreb. 35-42.
- Riđanović, J. (1993.): Hidrogeografija. Školska knjiga, Zagreb.
- Roglić, J. (1975.): Prirodna osnova; Geografija SR Hrvatske knjiga V, Školska knjiga, Zagreb. 5-35.
- Rubinić, J. (1997.): Prirodne hidrološke značajke površinskih vodnih pojava. Elaborat Vodoprivrede-Rijeka, Rijeka.
- Stražičić, N. (1999.): Riječki izvori i vodotoci. Biblioteka Fluminensia, Rijeka.
- Šikić, D. (1972.): Osnovna geološka karta 1:100 000, list Ilirska Bistrica, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Šikić, D. (1975.): Osnovna geološka karta 1:100 000, tumač za list Ilirska Bistrica, Savezni geološki zavod, Beograd.

Summary
BASIC CHARACTERISTICS OF THE RIVER REGIMES
IN THE RJEČINA RIVER BASIN

by RADE KNEŽEVIĆ

This paper studies the physical geographic conditions of runoff in the Rječina river basin and the characteristics of the river regimes, especially of the Rječina river as it is the main channel in the river basin.

The area of the Rječina topographic river basin is 53,8 sq.km and its hydrogeological area is 163,9 sq. km.

The value of an average annual precipitation (2346 mm) for ten stations, and the river network density (0,2 km/sq.km) have been calculated. The disproportion between the amount of precipitation and the density of the river network can be explained by the prevailing participation of carbonates in the river basin, in other words by the outflow on the developed karst.

The hydrographic river basin network consists of the Rječina, its confluents the Zala, the Borovica, the Sušica, the Lužac and the Duboki jarak, as well as springs that are most common where carbonates and flysh are in contact. The riverbed of the Rječina drains out approximately 75% of all precipitation. The remaining amount flows to the sea by brackish coastal springs and submarine springs or it evaporates.

River regimes of Rječina and its tributaries are presented through the

available data on water stage gauges in the basin. The determined types of river regimes clearly exhibit the torrential characteristic of Rječina river.

The average annual outflow on the most downstream water stage gauge on the river Rječina was 13,1 m³/s. The maximal outflow has been recorded in December (rain-water), and the second maximal outflow was recorded in March (snow water). The minimal outflow has been recorded in August.

Rječina provides its water from rain water and snow water, with extreme drain outs in November and August. It belongs to the Mediterranean variety of pluvio-nival (rainy-snowy) river regime.

The natural discharge regime of the Rječina river has been principally altered by the construction of the hydroelectric power station Rijeka. The changes are analysed by the comparison of the monthly discharges on the water stage gauge Grahovo, for the period before and after the construction of the dam Valić. Before the construction of the dam the average annual discharge was 8.8 m³s⁻¹, and after the construction 1,38 m³s⁻¹.