

Osnovne značajke režima tekućica poriječja Krapine

Danijel Orešić*

U članku se razmatra režim tekućica poriječja Krapine. Korišteni su podatci iz razdoblja 1994.–1973. za koje postoje korigirani nizovi za postaje na Krapini i Krapinčici. Ovaj 30-godišnji niz uspoređen je s podacima iz posljednjeg desetljeća na svim vodomjernim postajama unutar poriječja Krapine. Istaknut je položaj mjerneog mjesta Kupljenovo, najnižvodnijeg s duljim nizom novijih podataka (25-godišnji iz 1966.–1990.). Zaključno je utvrđen tip riječnog režima koji vlada u poriječju Krapine.

Ključne riječi: poriječje Krapine, riječni režim, vodostaj, protoka

Basic Characteristics of River Regimes in Krapina Catchment Area

The paper deals with the regime of the rivers in Krapina catchment area. The available corrected data from 1994.–1973. period have been used for Krapina and Krapinčica rivers, main rivers in the system. The data were compared with the data from the last decade from hydrological stations in the catchment. The Kupljenovo station data were separately presented for this is the station nearest to the outlet with adequate period of observation. Finally, the type of river regime for the Krapina catchment area was determined.

Key Words: Krapina catchment area, river regime, water level, channel flow

UVOD

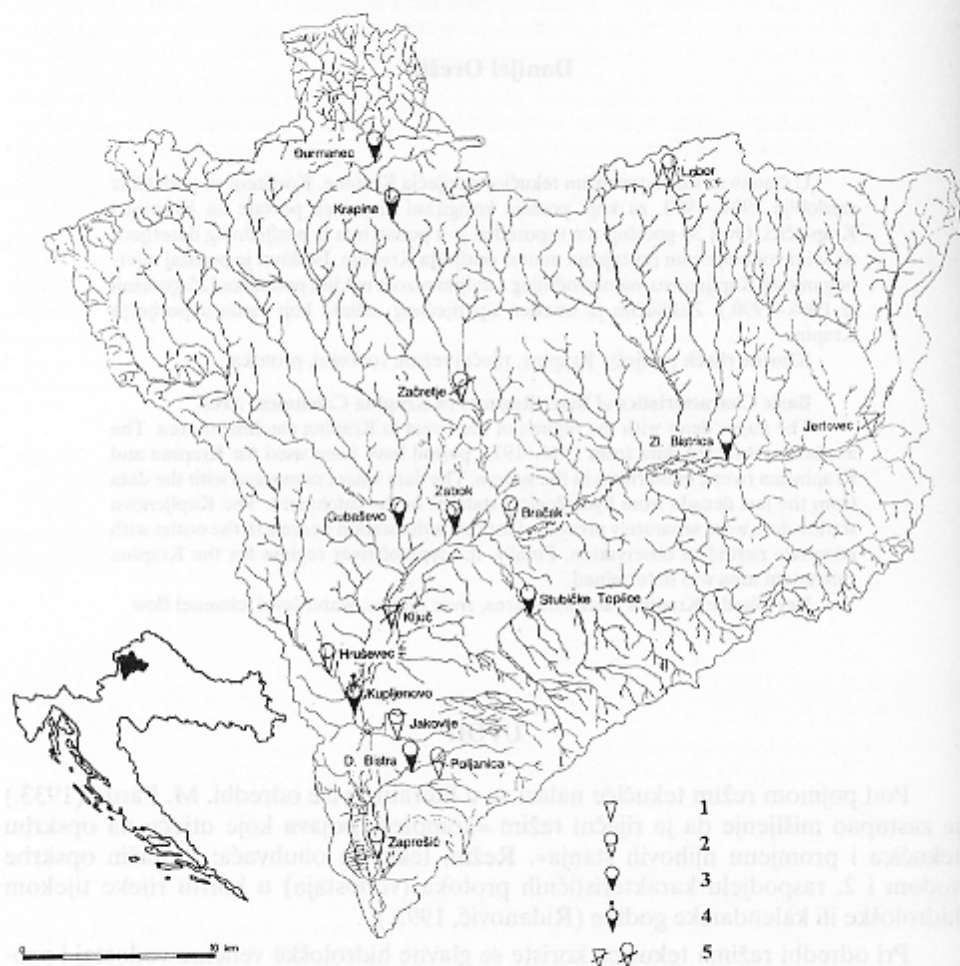
Pod pojmom režim tekućice nalazi se u literaturi više odredbi. M. Pardé (1933.) je zastupao mišljenje da je riječni režim »kompleks pojava koje utječu na opskrbu tekućica i promjenu njihovih stanja«. Režim tekućice obuhvaća: 1. način opskrbe vodom i 2. raspodjelu karakterističnih protoka (vodostaja) u koritu rijeke tijekom hidrološke ili kalendarske godine (Ridanović, 1993.).

Pri odredbi režima tekućica koriste se glavne hidrološke veličine vodostaj i protoka. Ove veličine mjere se hidrološkim postajama. Vodostaj može poslužiti za utvrđivanje režima, kada nema podataka o protocima. Protoci, za razliku od vodostaja, omogućuju uvid u količinu vode i stoga je moguće uspoređivati promjene iz mjeseca u mjesec.

* Mr. sc., asistent, Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Marulićev trg 19, 10 000 Zagreb, Hrvatska.

PODATCI

Za utvrđivanje režima potrebni su podatci s hidroloških postaja. U poriječju Krapine prije Drugoga svjetskog rata obavljana su mjerenja samo na tri postaje (na Krapinčici Krapina, na Krapini Bračak i Ključ). Nakon Drugog svjetskog rata osnivaju se nove postaje, ali se neke i ukidaju. Od 1945. do 1960. godine osnovane su Začretje, Zlatar Bistrica, Jertovec i Stubičke Toplice. Od 1961. do 1970. godine osnovana je samo



Sl. 1. Vodomjerne postaje u poriječju Krapine. 1) Mjerenje vodostaja letvom; 2) Mjerenje vodostaja i protoke letvom; 3) Mjerenje vodostaja i protoke limnigrafom; 4) Mjerenje lebdećeg nanosa, vodostaja i protoke limnigrafom; 5) Ukinuta vodomjerna postaja.

Fig. 1. Watergauge stations in Krapina catchment area. 1) Water level measuring; 2) Water level and channel runoff measuring; 3) Water level automatic recording and channel runoff measuring; 4) Water level automatic recording, channel runoff measuring and measuring of suspended material; 5) Abandoned water gauge station.

postaja Kupljenovo, a ukinute su Jertovec i Ključ. Do 1975. godine raspolagalo se s podacima iz 8 postaja (2 ukinute). Nizovi podataka su bili dugi 11 godina (Kupljenovo), 12 g. (Jertovec), 16 g. (Stubičke Toplice), a za svega 5 postaja je niz bio 30 i više godina dug. Budući da je to bilo razmjerno malo postaja za područje cijeloga poriječja (1 236 km²), te da je na samo jednom mjestu bio limnigraf, narasta potreba za gušćom mrežom opažачkih mjesta te za boljim prikupljanjem podataka. Godine 1977. postavljaju se nove hidrološke postaje u razmjerno kratkim razmacima: Zabok (1977.), D. Bistra (1979.), Gubaševo (1980.), D. Pušča, Poljanica i Jakovlje (1982.), Đurmanec (1985.), Zaprešić (1987.) i Lobar (1990.). Međutim, postaja Začretje ukinuta je 1986. godine. Ovim je dostupan niz dug desetak i manje godina za najnovije postaje, iako su neke stradale u poplavi 2. 7. 1989. godine.

Može se zaključiti da je hidrološki donedavno bilo razmjerno malo hidroloških postaja u poriječju Krapine. Osim toga, mjerenja su bila prekidana i kakvoća mjerenja nije uvijek zadovoljavala. Uobičajene slabosti proizlazile su iz lošeg nadzora visokog vodnog režima, kada je, za visokih vodostaja, znatno otjecanje ekspanzijskim prostorima. Posebne slabosti nastaju ljudskim djelovanjem, najčešće na radovima zaštite od poplave. Poteškoće proizlaze i iz činjenice da su u poriječju Krapine obavljani opsežniji radovi na obrani od poplave i uređenju nasipa početkom šezdesetih godina. Pri raščlambi duljih nizova podataka u poriječju potrebna je, stoga, posebna opreznost.

METODA RADA

Osnovne značajke režima tekućica mogu se ustanoviti iz raspodjele mjesečnih protoka u modularnim koeficijentima srednjih godišnjih protoka (M. Pardé, 1933.). To se izražava ovim hidroobrascem:

$$Mk \text{ (modulni koeficijent)} = \frac{SQ - \text{srednji protok svakog mjeseca}}{SQ - \text{srednji godišnji protok}}$$

Za suvremeni prikaz i tipizaciju režima tekućica obavljena je računalna obrada prema programiranom hidroobrascu »šest karakterističnih veličina« (R. Keller, 1968.).

Pri razmatranju režima tekućica u poriječju Krapine uvodno su korišteni hidrološki podatci iz elaborata Z. Srebrenovića i suradnika (1985.), gdje je posebna pozornost posvećena korekciji duljih nizova. Obradene su postaje na Krapini (Zlatar Bistrica, Bračak i Ključ), te na Krapinčici (Krapina i Začretje). Za prikaz novijega stanja pridodani su i podatci iz hidrološke postaje u poriječju iz razdoblja 1981.–1990. (posljednje desetljeće). Iako taj niz nije dovoljno dug može se pomoći boljem upoznavanju osnovnih značajki režima tekućica u poriječju Krapine.

Dobiveni rezultati provjeravani su i potvrđeni na terenu metodom hidrogeografskog kartiranja u različito doba godine.

REZULTATI I RASPRAVA

Z. Srebrenović (1985.) konstruirao konsumpcijske krivulje, prema podacima hidrometrijskih mjerenja profila (presjeci korita) koji su obavljani desetak, do nekoliko desetaka puta na profilima tijekom razmatranog razdoblja. Na temelju obrade

hidrometrijskih mjerenja, ne ulazeći u podrobnosti proračunavanja odnosa vodostaja i protjecaja (konsumpcijski odnos) za svaki vodokazni profil, Z. Srebrenović daje mogućnost da se iz konsumpcijskih jednadžbi utvrde protjecaji iz vodostaja. Pri tom su u obzir uzete i korekcije prema utvrđenim trendovima promjene. Prema tim podatcima izračunati su isti statistički pokazatelji za 30-godišnji niz (1944.–1973.) za koji postoje podatci na svim postajama osim na Ključu (niz od 25 godina) budući da je to mjesto ukinuto 1968. U tablici 1 pregledno su prikazani prosječni mjesečni protoci, prosječni godišnji protok, te koeficijenti varijacije mjesečnih i godišnjih protoka koji poboljšavaju prikaz režima. Na sl. 2 prikazani su podatci u usporedbi. Bolja usporedba omogućena je logaritamskim mjerilom y-osi, budući da su na logaritamskom mjerilu jednake relativne promjene iz mjeseca u mjesec izražene jednakim nagibima krivulje.

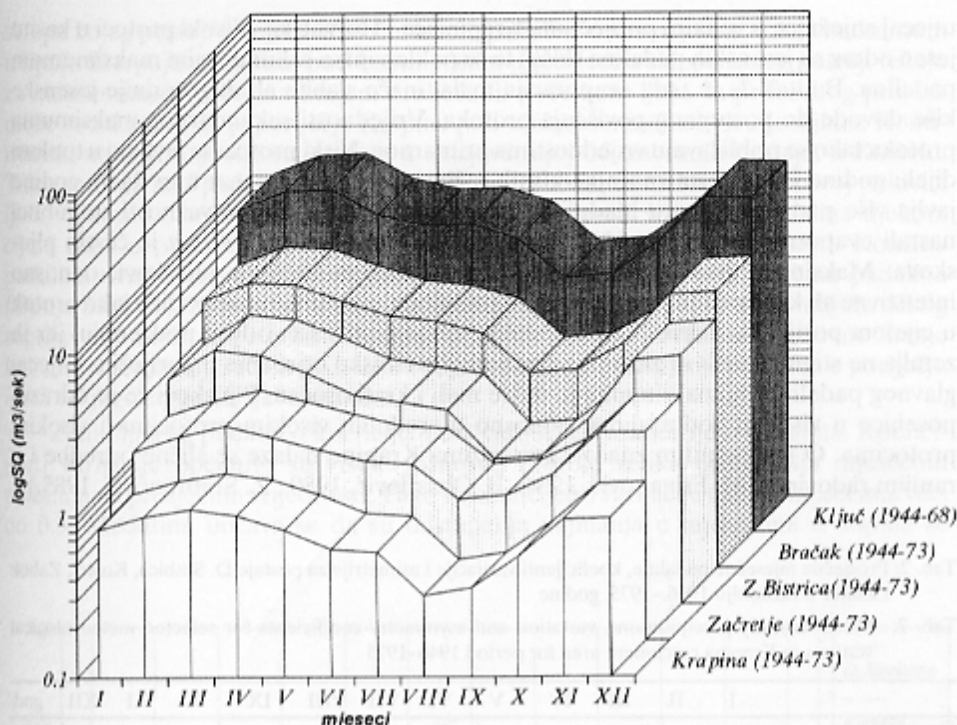
Tab. 1: Prosječni protoci (m^3/sec), standardne devijacije (m^3/sec), koeficijenti varijacije te prosječno godišnje specifično otjecanje (q) u $l/sec/km^2$

Tab. 1: Mean runoff, standard deviation and variation coefficient for selected profiles on Krapina and Krapinčica river

mj.	tekućica: KRAPINA									tekućica: KRAPINČICA					
	Zlatar Bistrica 1944–1973 (N = 30)			Bračak 1944–1973 (N = 30)			Ključ 1944–1968 (N = 25)			Krapina 1944–1973 (N = 30)			Začretje 1944–1973 (N = 30)		
	SQ	st. dev.	Cv	SQ	st. dev.	Cv	SQ	st. dev.	Cv	SQ	st. dev.	Cv	SQ	st. dev.	Cv
I	2.50	1.26	0.503	4.66	2.49	0.534	10.22	5.04	0.494	0.83	0.67	0.808	1.50	0.99	0.660
II	3.81	2.63	0.691	5.99	3.03	0.506	13.06	7.39	0.566	0.98	0.61	0.626	1.86	1.22	0.654
III	3.52	3.51	0.997	5.83	3.85	0.660	13.47	8.54	0.634	1.09	0.87	0.797	2.16	1.83	0.845
IV	2.76	1.72	0.623	4.58	2.77	0.604	9.51	4.89	0.514	0.99	0.74	0.745	1.81	1.13	0.622
V	2.01	1.58	0.784	3.72	2.55	0.687	8.10	5.40	0.667	0.81	0.78	0.959	1.53	1.05	0.686
VI	1.79	1.44	0.805	3.41	2.47	0.724	8.27	5.61	0.678	0.61	0.65	1.055	1.28	1.17	0.909
VII	1.62	1.84	1.139	2.87	2.26	0.788	6.68	5.28	0.790	0.59	0.63	1.068	1.24	1.08	0.867
VIII	0.80	0.54	0.674	1.64	0.94	0.575	3.82	3.02	0.789	0.32	0.31	0.972	0.75	0.63	0.844
IX	0.84	0.46	0.556	1.71	0.92	0.535	4.06	2.73	0.671	0.35	0.27	0.755	0.79	0.53	0.667
X	1.39	1.48	1.062	2.46	2.20	0.894	6.35	5.39	0.849	0.54	0.69	1.278	1.06	1.05	0.994
XI	3.30	3.96	1.200	5.01	3.40	0.679	11.95	7.30	0.611	0.95	0.63	0.667	1.94	1.35	0.695
XII	3.43	3.46	1.008	5.12	3.64	0.711	11.92	7.89	0.662	0.95	0.75	0.792	1.94	1.65	0.850
god.	2.30	1.09	0.471	3.90	1.13	0.290	8.93	2.39	0.267	0.75	0.27	0.356	1.48	0.56	0.381
q	10.09			8.15			8.59			9.63			9.26		

izvor: tablični podatci iz Z. Srebrenović i suradnici (1985)

Srednji mjesečni protoci na Krapini i na Krapinčici, dvijema tekućicama okosnicama poriječja, pokazuju jasne osnovne odnose: Nizvodnije postaje imaju veće protoke, te se količina vode izrazitije povećava u Ključu (naselje Ženici). To je stoga što se nakon postaje Bračak ulijeva nekoliko pritoka. Za istaci su Horvatska i Krapinčica, s dva najveća poriječja među glavnim pritocima. S obzirom na izraženiju konvergenciju tekućica u području nešto južnije od Zaboka nalazi se hidrološko težište poriječja. Nadalje, kretanje krivulja na oba prikaza pokazuju iste značajke na Krapinčici kao i na Krapini. Iz prikaza se iščitavaju osnovne značajke režima tekućica u poriječju. Raspod-



Sl. 2. Odabrani hidrogrami u poriječju Krapine – usporedba godišnjeg hoda

Fig.2. Selected hydrograms in Krapina catchment (drainage) area

jela srednjih protoka tijekom godine pokazuje da su tijekom godine općenito viši protoci u hladnijem dijelu godine, a niži u toplijem. To je posljedica većih gubitaka evapotranspiracijom u toplom dijelu godine. Na svim krivuljama izražena su dva maksimuma: glavni u ožujku ili veljači, a sporedni u studenom ili prosincu. Izražen je minimum u kolovozu, a niske vrijednosti zadržavaju se i u rujnu. Od glavnog maksimuma do glavnog minimuma vrijednosti opadaju, no, u rano ljeto sve krivulje protoka pokazuju usporeniji pad. Drugi minimum nastupa zimi, u siječnju.

Prema godišnjem hodu protoka na obradenim postajama može se zaključiti **da je režim Krapine i Krapinčice kišno-sniježni (pluvio-nivalni) s naglašenijom ulogom kišnice u opskrbi tekućice vodom** (izraženija kišna ili pluvijalna komponenta u režimu). Glavni maksimum srednjih protoka (a tako i srednjih visokih i srednjih niskih protoka) posljedica je zimske smanjene evapotransporacije i kopnjenja snijega u drugoj polovici zime, odnosno uloge snježnice. Ovdje valja istaći da je na Krapini prije utoka Krapinčice i Horvatske glavni maksimum u veljači, dok je nakon toga (hidrološka postaja Ključ) maksimum u ožujku, jednako kao i na Krapinčici. Uzrok tomu je veći utjecaj snježnice u brojnim, razmjerno kraćim protocima s Ivančice, odnosno manji

utjecaj snježnice u velikim poriječjima Krapinčice i Horvatske. Visoki protoci u kasnu jesen odraz su jesenskih padalina (kiša) te se poklapaju sa sekundarnim maksimumom padalina. Budući da je tada evaporacija mala, inače slabije ali dugotrajnije jesenske kiše dovode do postupnog povišenja protoka. Vrijednosti sekundarnog maksimuma protoka tako se približavaju vrijednostima primarnog. Niski protoci se javljaju u toplom dijelu godine što je česta značajka kišnih režima. Naime, iako se u tom dijelu godine javlja više padalina nego u hladnijem dijelu godine, od iznimne važnosti su gubitci nastali evapotranspiracijom. Usporenje pada protoka u srpnju odraz je čestih pljuskova. Maksimum padalina u srpnju velikim dijelom oblikuju pljuskovi, odnosno intenzivne ali kratkotrajne padaline, na ograničenoj površini, pa ne podižu jako protok u cijelom poriječju. Takve padaline slabije će utjecati i na vodu u podzemlju, jer ih zemlja ne stigne upiti s obzirom na izraženo površinsko otjecanje u poriječju. Utjecaj glavnog padalinskog maksimuma je dakle mali i kratkoročan. Pljuskovi će se odraziti posebice u visokim vodostajima, odnosno u srednjim visokim protocima i visokim protocima. O spomenutim značajkama režima Krapine nalaze se slične odredbe i u ranijim radovima (M. Friganović, 1964., B. Obradović, 1980., Z. Srebrenović, 1985.).

Tab. 2: Prosječne mjesečne padaline, koeficijenti varijacije i asimetrije za postaje D. Stubica, Kostel, Zabok i Zlatar u razdoblju 1946.–1975. godine

Tab. 2: Mean monthly precipitations, variation and asymmetry coefficients for selected meteorological stations in Krapina catchment area for period 1946–1975

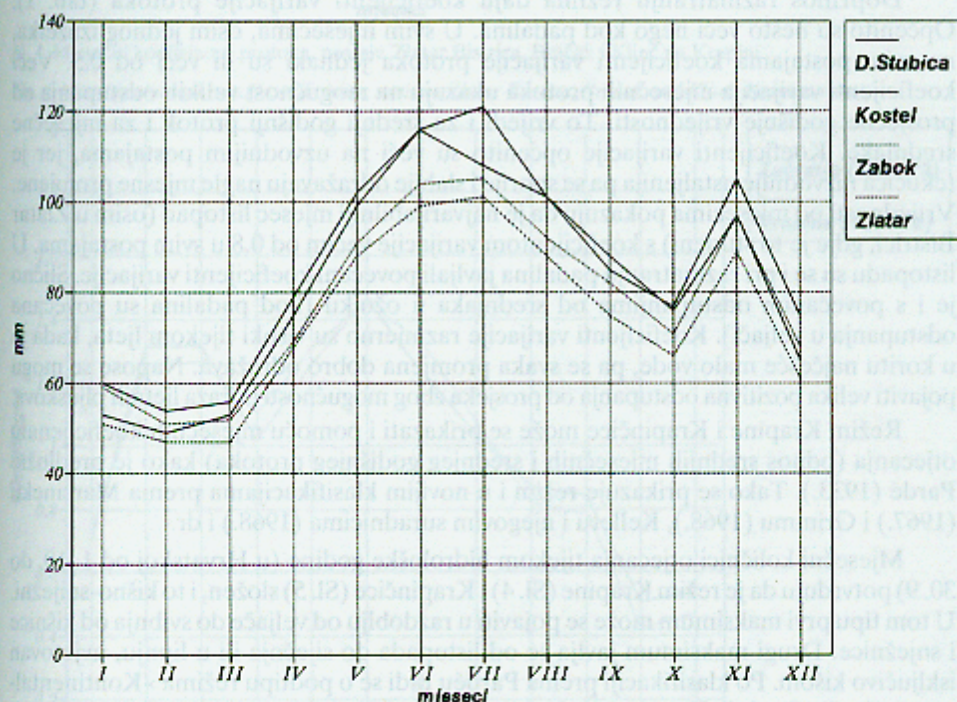
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Donja Stubica													
prosječno (mm)	60	54	56	79	102	116	108	101	85	77	105	75	1018
koef. varijacije	0.573	0.612	0.604	0.618	0.434	0.437	0.537	0.507	0.591	0.804	0.535	0.609	0.183
koef. asimetrije	0.868	1.052	0.102	0.680	0.259	0.491	0.966	0.439	-0.037	1.239	0.712	1.119	
Kostel													
prosječno (mm)	53	49	53	75	99	116	121	101	88	76	97	65	986
koef. varijacije	0.630	0.762	0.647	0.516	0.469	0.380	0.436	0.507	0.502	0.807	0.481	0.604	0.168
koef. asimetrije	1.121	1.330	0.317	0.272	0.217	0.353	0.244	0.419	0.032	1.174	0.903	1.202	
Zabok													
prosječno (mm)	59	51	52	69	91	104	105	92	82	71	97	68	941
koef. varijacije	0.570	0.712	0.610	0.511	0.452	0.367	0.474	0.460	0.583	0.800	0.504	0.646	0.162
koef. asimetrije	0.745	1.333	0.062	0.434	0.336	0.228	0.519	0.458	0.138	1.020	0.678	1.309	
Zlatar													
prosječno (mm)	51	47	47	68	88	99	101	88	75	66	89	61	885
koef. varijacije	0.518	0.700	0.630	0.512	0.446	0.394	0.507	0.511	0.569	0.813	0.548	0.601	0.175
koef. asimetrije	0.566	1.048	0.110	0.605	0.271	0.180	0.794	0.690	0.147	1.206	0.879	1.361	

Izvor: DHMZ RH

Nadalje se razmatra raspoloživi niz (1946.–1975.) podataka o padalinama na odabranim meteorološkim postajama unutar poriječja (Tab. 2, Sl. 3). U godišnjem hodu jasno se opažaju dva maksimuma: glavni u lipnju ili srpnju i sporedni u studenom. Maksimum u studenom oblikovan je dijelom pod maritimnim utjecajem u

sklopu kojeg postoji težnja za maksimumom padalina u kasnu jesen, dok je maksimum u lipnju ili srpnju oblikovan pod kontinentskim utjecajem u sklopu kojeg postoji težnja za maksimumom padalina krajem proljeća ili početkom ljeta. Iz priloženog prikaza može se zaključiti da je poriječje Krapine pod većim kontinentskim utjecajima. Kontinentski utjecaji najbolje su izraženi u najsjevernijoj od izabranih postaja, u Kostelu. Tako godišnji hod padalina za Kostel pokazuje istaknutiji maksimum u prvoj polovici ljeta, odnosno manje istaknuti maksimum u kasnu jesen. Manje je padalina tijekom cijele zime u odnosu na ostale postaje. Povećan je i razmah vrijednosti. Količina padalina ovisi o blizini planina, pod čijim se utjecajem povećava količina padalina (Donja Stubica). Nasuprot tome, u širokim riječnim dolinama se zbog adijabatičkog zagrijavanja količina padalina smanjuje (Zabok, Zlatar). Zlatar ima sustavno manje količine srednjih mjesečnih padalina, s obzirom na opće smanjenje padalina u poriječju idući od jugozapada k sjeveroistoku.

Zanimljivi su podaci o koeficijentima varijacije i asimetrije u padalina. Koeficijenti varijacije općenito su visoki, odnosno postoje velika odstupanja mjesečnih padalina od prosječnih vrijednosti. Tako su koeficijenti varijacije u svim mjesecima veći od 0.3. Međutim, uočava se da su odstupanja najmanja u mjesecima u kojima se



Sl. 3. Srednje mjesečne padaline 1946.–1975. za postaje Donja Stubica, Kostel, Zabok i Zlatar.

Fig. 3. Mean monthly precipitations in 1946–1975 period, stations Donja Stubica, Kostel, Zabok and Zlatar.

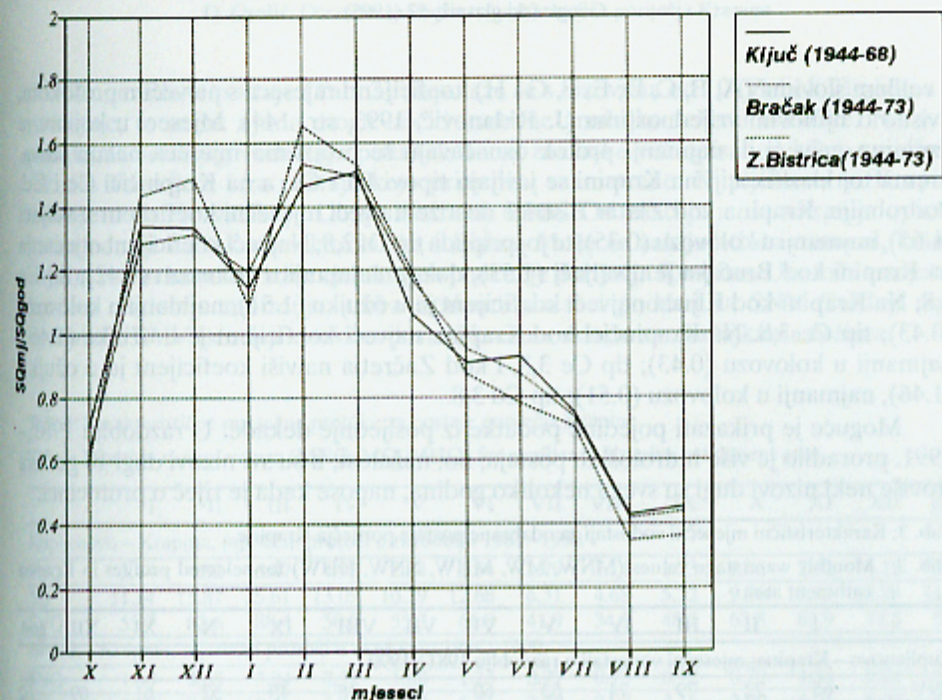
oblikuju maksimumi padalina, te se, drugim riječima možemo više pouzdati u količine padalina u tim mjesecima, odnosno u karakterističnim mjesecima maksimuma za godišnji hod padalina mogu se očekivati veće količine padalina. U ostalim mjesecima odstupanja su veća, napose u hladnijem dijelu godine. Koeficijent asimetrije (Cs) pokazuje utoliko veću nesimetričnost krivulje razdiobe, ukoliko je njegova vrijednost udaljenija od nule. Ukoliko je vrijednost Cs negativna, tada je mod (najčešća vrijednost) veći od prosjeka. U hidrologiji se pozitivni Cs češće javlja, jer su odstupanja u negativnom smjeru od prosjeka češća, ali obično i manja (Z. Srebrenović, 1986). Prema vrijednostima koeficijenata asimetrije, nesimetričnost je, uz jednu iznimku, pozitivna. Dakle, odstupanja od prosjeka u negativnom smjeru češća su od odstupanja u pozitivnom (što ništa ne govori o veličini odstupanja!). Raspodjela odstupanja pokazuje veću pravilnost u toplom dijelu godine (nešto je povećana u VII. i/ili VIII. mjesecu) kada su vrijednosti koeficijenta asimetrije bliže ničisti (Cs = 0 = simetričnost). Češća su negativna odstupanja od prosječne mjesečne količine padalina mogu se očekivati napose u veljači, listopadu i prosincu. Moglo bi se reći da maritimni maksimumi razmjerno češće budu ispod prosjeka, a ponekad izrazito jače dolaze do izražaja u odnosu na prosjek. Kontinentalni utjecaji koji se odražavaju u maksimumu u prvoj polovici ljeta razmjerno su ustaljeniji, budući da su u proljeće i rano ljetu manji koeficijenti varijacije i koeficijenti asimetrije bliži nuli.

Doprinos razmatranju režima daju koeficijenti varijacije protoka (tab. 1). Općenito su nešto veći nego kod padalina. U svim mjesecima, osim jednog izuzetka, na svim postajama koeficijenti varijacije protoka jednaki su ili veći od 0.5. Veći koeficijenti varijacija mjesečnih protoka ukazuju na mogućnost velikih odstupanja od prosječne godišnje vrijednosti. To vrijedi i za srednji godišnji protok i za mjesečne srednjake. Koeficijenti varijacije općenito su veći na uzvodnijim postajama, jer je tekućica nizvodnije ustaljenija pa se sporije i slabije odražavaju nagle mjesne promjene. Vrijednosti po mjesecima pokazuju da je najvarijabilniji mjesec listopad (osim u Zlatar Bistrici, gdje je to studeni) s koeficijentom varijacije većim od 0.8 u svim postajama. U listopadu su se i pri razmatranju padalina javljali povećani koeficijenti varijacije. Slično je i s povećanim odstupanjima od srednjaka u ožujku (kod padalina su povećana odstupanja u veljači). Koeficijenti varijacije razmjerno su visoki tijekom ljeta, kada je u koritu najčešće malo vode, pa se svaka promjena dobro odražava. Napose se mogu pojaviti velika pozitivna odstupanja od prosjeka zbog mogućnosti odraza ljetnih pljuskova.

Režim Krapine i Krapinčice može se prikazati i pomoću mjesečnih koeficijenata otjecanja (odnos srednjih mjesečnih i srednjeg godišnjeg protoka) kako je predložio Pardé (1933.). Tako se prikazuje režim i u novijim klasifikacijama prema Marcineku (1967.) i Grimmu (1968.), Kelleru i njegovim suradnicima (1968.) i dr.

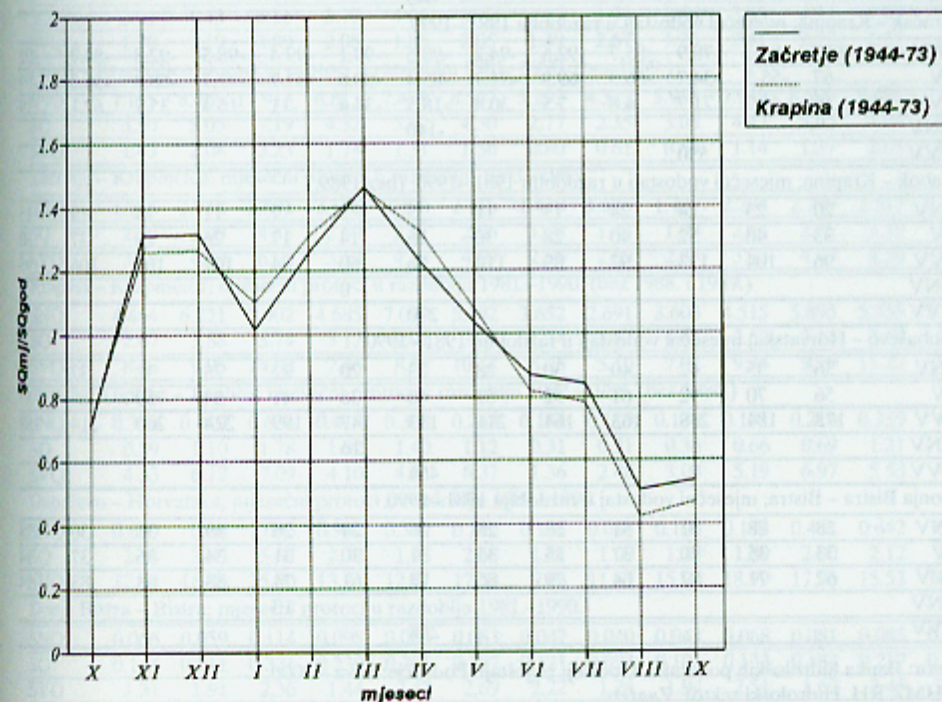
Mjesečni količnici otjecanja tijekom hidrološke godine (u Hrvatskoj od 1. 10. do 30. 9) potvrđuju da je režim Krapine (Sl. 4) i Krapinčice (Sl. 5) složen, i to kišno-snježni. U tom tipu prvi maksimum može se pojaviti u razdoblju od veljače do svibnja od kišnice i snježnice. Drugi maksimum javlja se od listopada do siječnja ili u lipnju, uvjetovan isključivo kišom. Po klasifikaciji prema Pardéu radi se o podtipu režima »Kontinentalnog područja Srednje Europe i gorja Appalachian«.

J. Ridanović (1993.) navodi suvremenu mogućnost tipiziranja režima tekućica prema Kelleru. Polazište u toj klasifikaciji su mjesečni koeficijenti otjecanja. Malim slovima (a, b, c, d, e, f, g, i h) označavaju se koeficijenti mjeseca s najmanjim protokom,



Sl. 4. Mjesečni koeficijenti protoka, postaje Zlatar Bistrica, Bračak i Ključ na Krapini.

Fig. 4. Monthly channel runoff coefficients, stations Zlatar Bistrica, Bračak and Ključ, Krapina river



Sl. 5. Mjesečni koeficijenti protoka u razdoblju 1944.–1973., postaje Začretje i Krapina na Krapinčici

Fig. 5. Monthly channel runoff coefficients in 1944–1973 period, stations Začretje and Krapina, Krapinčica river.

a velikim slovima (A, B, C, D, E, F, G i H) koeficijenti mjeseca s najvećim protokom, ovisno o njihovim vrijednostima (J. Ridanović, 1993, str. 144). Mjeseci u kojima je izmjeren najveći ili najmanji protok označavaju se brojkama mjeseca nakon slova. Prema toj klasifikaciji na Krapini se javljaju tipovi Df i Ce, a na Krapinčici Ce i Cd. Podrobnije, Krapina kod Zlatar Bistrice dostiže najveći mjesečni koeficijent u veljači (1.65), najmanji u kolovozu (0.35), te joj pripada tip Df 2,8; Najveći koeficijent otjecanja na Krapini kod Bračaka je u veljači (1.53), dok je najmanji u kolovozu (0.42); tip Ce 2,8; Na Krapini kod Ključa najveći koeficijent je u ožujku (1.51), najmanji u kolovozu (0.43); tip Ce 3,8. Na Krapinčici kod Krapine najveći koeficijent je u ožujku (1.46), najmanji u kolovozu (0.43); tip Ce 3,8, i kod Začretja najviši koeficijent je u ožujku (1.46), najmanji u kolovozu (0.51); tip Cd 3,8.

Moguće je prikazati pojedine podatke iz posljednje dekade. U razdoblju 1981.–1991. proradilo je više hidroloških postaja, no, nažalost, nisu svi nizovi dugi 10 godina štoviše neki nizovi dugi su svega nekoliko godina, napose kada je riječ o protocima.

Tab. 3: Karakteristični mjesečni vodostaji za odabrane postaje poriječja Krapine

Tab. 3: Monthly waterstage values (MNW, MW, MHW, NNW, HHW) for selected profiles in Krapina catchment area

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Kupljenovo – Krapina; mjesečni vodostaji u razdoblju 1981.–1990.													
SNV	65	72	79	74	63	60	54	48	48	52	61	69	62
SV	97	113	148	104	92	101	73	67	69	87	93	113	96
SVV	253	268	359	234	240	281	171	176	227	279	273	306	256
NNV										14			
VVV							643						
Bračak – Krapina; mjesečni vodostaji u razdoblju 1981.–1990.													
SNV	-87.9	-84.1	-78.9	-85.7	-92.6	-94.2	-98.5	-99.1	-99.4	-98.5	-92.8	-84.7	-91
SV	-67	-55.5	-34.7	-66.3	-69.9	-71.7	-85.4	-89.6	-87.7	-77.7	-68.4	-56.3	-69
SVV	16	46.2	71.7	4.8	7.5	30.4	-18.5	-34.4	-11	16.4	35.7	62.1	19
NNV								-140					
VVV			550										
Zabok – Krapina; mjesečni vodostaji u razdoblju 1981.–1990. (bez 1989.)													
SNV	20	23	24	24	13	11	5	5	7	11	14	19	15
SV	33	40	52	40	28	30	16	14	17	26	29	37	30
SVV	96	104	133	92	89	110	56	60	84	107	102	106	95
NNV										0			
VVV							270						
Gubaševo – Horvatska; mjesečni vodostaji u razdoblju 1981.–1990.													
SNV	36	35	42	40	30	28	23	20	22	25	32	37	31
SV	56	70	92	61	52	61	40	36	41	54	59	66	57
SVV	173	184	258	163	164	211	123	147	199	224	200	214	188
NNV										16			
VVV							464						
Donja Bistra – Bistra; mjesečni vodostaj u razdoblju 1981.–1990.													
SNV	28	28	31	31	28	28	26	24	26	29	31	30	28
SV	33	35	40	37	35	35	31	30	31	34	36	37	34
SVV	62	71	82	64	79	86	72	61	74	83	68	83	74
NNV										10			
VVV							258						

Izvor: Banka hidroloških podataka. Godišnji izvještaji. Područje: Sava – 3000.

DHMZ RH, Hidrološki sektor, Zagreb

Za navedene postaje (Tab. 3) raspolaže se s nizovima od 10 (Zabok 9) godina za vodostaje, te se na njima mogu uočiti osnovne značajke režima tekućice. Na svim podatcima srednjeg vodostaja pokazale su se značajke već opisanog kišno-sniježnog režima. To vrijedi i za postaje koje prije nisu razmatrane: Kupljenovo na Krapini, Gubaševo na Horvatskoj i Donja Bistra na Bistri. Od značaja je da se ranije opisani režim odnosi na tekućice Horvatska i Bistra. **Može se zaključiti da osnovni, kišno-sniježni režim karakterizira cjelokupno područje poriječja Krapine.** Unatoč razmjerno kraćem razdoblju motrenja, treba istaknuti da se i podatci za SNV (srednji niski vodostaj) i SVV (srednji visoki vodostaj) kreću u skladu sa značajkama režima.

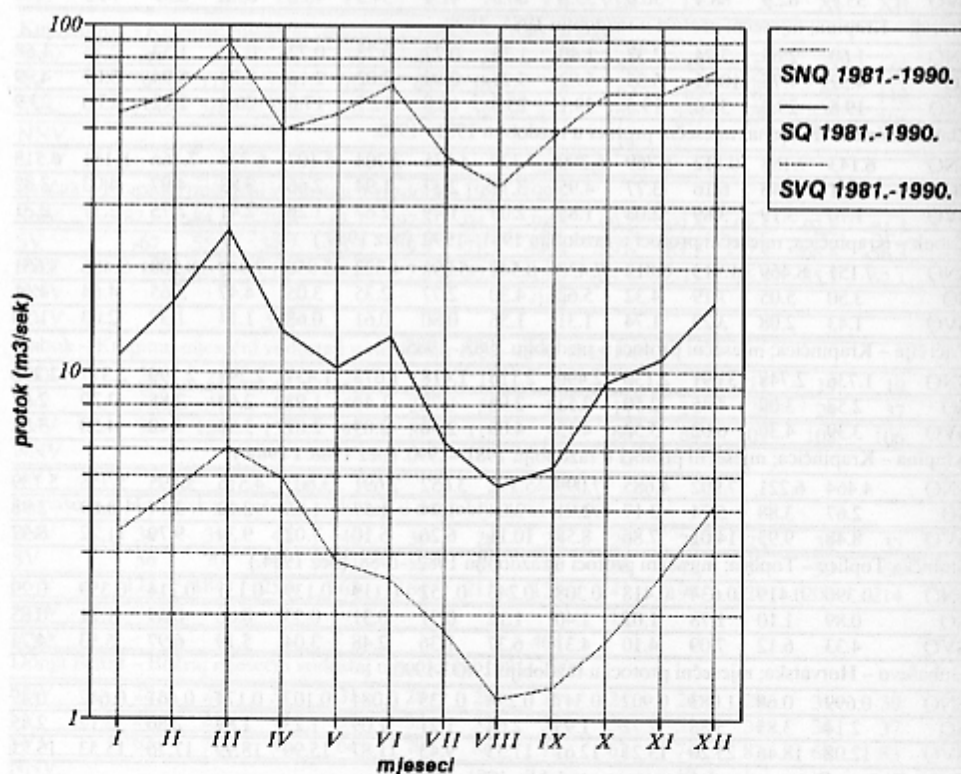
Tab. 4: Karakteristične mjesečne protoke za postaje poriječja Krapine

Tab. 4: Monthly runoff values (MNO, MO, MHO) for profiles in Krapina catchment area

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Kupljenovo – Krapina; mjesečni protoci u razdoblju 1981.–1990.													
SNQ	3.44	4.52	6.07	4.92	2.84	2.54	1.79	1.14	1.23	1.66	2.60	4.11	3.07
SO	11.14	15.87	25.61	13.09	10.29	12.68	6.31	4.68	5.32	9.36	10.89	15.86	11.75
SVQ	55.7	62.6	88.4	50.0	55.3	66.8	41.9	34.5	48.2	63.8	63.9	74.5	58.8
Bračak – Krapina; mjesečni protoci u razdoblju 1984.–1990.													
SNQ	1.60	2.65	3.24	2.32	1.40	1.23	0.77	0.73	0.72	0.79	1.33	2.24	1.58
SO	4.57	7.75	10.41	5.35	5.82	5.21	2.89	2.02	2.16	2.99	5.94	5.07	4.99
SVQ	19.6	29.3	34.6	19.5	39.1	23.8	18.0	12.7	17.0	20.0	28.2	25.0	23.9
Zlatar Bistrica – Krapina; mjesečni protoci u razdoblju 1981.–1990.													
SNQ	6.143	7.188	10.112	5.769	6.209	7.329	4.535	3.704	5.107	6.776	7.166	8.151	6.513
SO	3.01	4.43	6.16	3.77	4.95	3.72	2.37	1.94	2.66	3.83	4.97	4.03	3.82
SVQ	1.70	3.19	3.89	2.08	1.85	2.05	1.49	2.67	1.26	2.41	2.75	2.31	2.31
Zabok – Krapinčica; mjesečni protoci u razdoblju 1981.–1990. (bez 1989.)													
SNQ	7.151	8.469	11.913	6.813	7.438	8.547	5.293	4.323	5.958	7.949	8.509	9.486	7.651
SO	3.50	5.05	7.19	4.32	5.62	4.30	2.77	2.35	3.05	4.47	5.65	4.64	4.41
SVQ	1.43	2.08	3.23	1.74	1.31	1.56	0.80	0.61	0.68	1.14	1.37	2.03	1.50
Začretje – Krapinčica; mjesečni protoci u razdoblju 1983.–1985.													
SNQ	1.736	2.748	3.691	2.136	2.490	2.116	1.418	1.675	1.437	2.294	2.799	2.317	2.238
SO	2.52	3.09	4.45	2.50	2.51	2.96	1.78	1.44	1.93	2.64	2.85	3.39	2.67
SVQ	3.39	4.30	6.02	3.53	4.13	4.09	2.56	2.09	2.87	3.93	4.49	4.50	3.82
Krapina – Krapinčica; mjesečni protoci u razdoblju 1981.–1990. (bez 1988. i 1989.)													
SNQ	4.464	6.221	7.902	4.685	7.099	5.192	3.652	2.691	3.603	4.515	5.895	5.755	5.139
SO	2.67	3.88	5.74	3.17	2.91	3.04	1.74	1.57	1.65	2.62	3.14	3.69	2.98
SVQ	8.48	9.95	14.02	7.86	8.58	10.11	6.26	5.10	7.02	9.34	9.79	11.22	8.97
Stubičke Toplice – Toplica; mjesečni protoci u razdoblju 1982.–1988. (bez 1984.)													
SNQ	0.396	0.419	0.634	0.418	0.308	0.243	0.152	0.119	0.139	0.131	0.214	0.359	0.29
SO	0.89	1.10	1.78	1.02	1.40	1.12	0.31	0.31	0.33	0.66	0.69	1.21	0.85
SVQ	4.33	6.12	7.09	4.10	4.31	6.37	1.36	2.48	3.04	5.19	6.97	5.53	4.74
Gubaševo – Horvatska; mjesečni protoci u razdoblju 1983.–1990.													
SNQ	0.699	0.68	1.083	0.902	0.347	0.296	0.135	0.084	0.103	0.174	0.461	0.642	0.47
SO	2.14	3.85	5.88	2.72	1.95	2.68	1.21	1.09	1.23	1.89	2.80	2.12	2.45
SVQ	12.08	18.46	25.20	13.21	12.61	17.53	9.43	11.87	15.90	18.99	17.76	15.53	15.71
Donja Bistra – Bistra; mjesečni protoci u razdoblju 1981.–1990.													
SNQ	0.066	0.059	0.114	0.098	0.064	0.063	0.047	0.040	0.043	0.068	0.081	0.085	0.069
SO	0.148	0.211	0.321	0.239	0.205	0.197	0.121	0.093	0.101	0.132	0.184	0.217	0.182
SVQ	1.31	1.91	2.36	1.44	2.42	2.69	2.22	1.24	1.94	2.51	1.67	2.45	2.01

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
Hruševac – Vučelnica; mjesečni protoci u razdoblju 1983.–1990.													
SNQ	0.319	0.330	0.283	0.329	0.129	0.124	0.086	0.065	0.100	0.124	0.168	0.179	0.186
SQ	0.599	0.869	1.267	0.696	0.504	0.622	0.361	0.360	0.504	0.591	0.683	0.574	0.571
SVQ	2.50	4.35	7.13	3.33	3.19	3.33	5.20	3.30	4.74	6.22	5.68	3.96	4.41
Donja Pušća – Pušća; mjesečni protoci u razdoblju 1983.–1990.													
SNQ	0.033	0.046	0.059	0.045	0.027	0.021	0.023	0.011	0.018	0.019	0.027	0.045	0.031
SQ	0.124	0.182	0.308	0.140	0.149	0.120	0.064	0.065	0.068	0.106	0.147	0.152	0.131
SVQ	1.074	1.307	1.828	0.960	0.999	1.551	0.798	0.838	1.139	1.792	1.109	1.786	1.265
Jakovlje – Decina; mjesečni protoci u razdoblju 1984.–1990.													
SNQ	0.026	0.045	0.047	0.027	0.013	0.014	0.010	0.009	0.010	0.012	0.016	0.025	0.021
SQ	0.131	0.177	0.179	0.114	0.077	0.069	0.040	0.022	0.028	0.046	0.087	0.091	0.087
SVQ	0.618	0.724	0.930	0.572	0.289	0.404	0.340	0.136	0.229	0.242	0.251	0.544	0.440
Durmanec – Ravničica (Ravninska); mjesečni protoci 1986.–1988. i 1990.													
SNQ	0.059	0.099	0.136	0.060	0.034	0.030	0.013	0.012	0.021	0.017	0.035	0.042	0.046
SQ	0.150	0.377	0.505	0.204	0.124	0.252	0.050	0.126	0.066	0.159	0.256	0.151	0.225
SVQ	1.520	3.599	4.180	1.573	1.526	4.258	1.433	4.255	2.048	5.245	4.024	1.787	2.954

Izvor: Banka hidroloških podataka. Godišnji izvještaji. Područje: Sava – 3000.
DHMZ RH. Hidrološki sektor, Zagreb



Sl. 6. Protoci (SNQ, SQ i SVQ) u razdoblju 1981.–1990., postaja Kupljenovo na Krapini

Fig.6. Runoff (MNQ, MQ, and MHQ) in 1981–1990 period, station Kupljenovo, Krapina river

Potrebno je da se, gdje postoji dulji niz podataka, obrade podatci o protocima u dekadi 1981.–1990. (Tab. 4). Najzanimljivija je postaja Kupljenovo, najnižvodnija postaja s uporabljivim podatcima (nižvodnije je jedino postaja Zaprešić). Iz godišnjeg hoda SQ (srednjeg protoka), SNQ (srednjeg niskog protoka) i SVQ (srednjeg visokog protoka) potvrđuju se značajke režima. To je još jasnije ukoliko se uopori logaritamsko mjerilo i promotre razmjernu promjenu na sve tri krivulje (Sl. 6).

Tab. 5: Kupljenovo – Krapina; karakteristični mjesečni protoci u razdoblju 1966.–1990.

Tab. 5: Kupljenovo station – Krapina river; mean monthly runoff values 1966.–1990.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
SNQ	4.87	6.42	6.32	5.17	3.42	2.61	1.96	1.50	1.75	2.53	3.09	5.02	3.72
SQ	13.53	18.57	19.18	15.36	10.56	9.21	7.49	5.27	5.93	10.18	15.11	15.87	12.15
SVQ	59.4	70.7	71.8	68.3	56.0	51.4	46.9	37.7	44.2	57.5	78.5	76.2	59.9

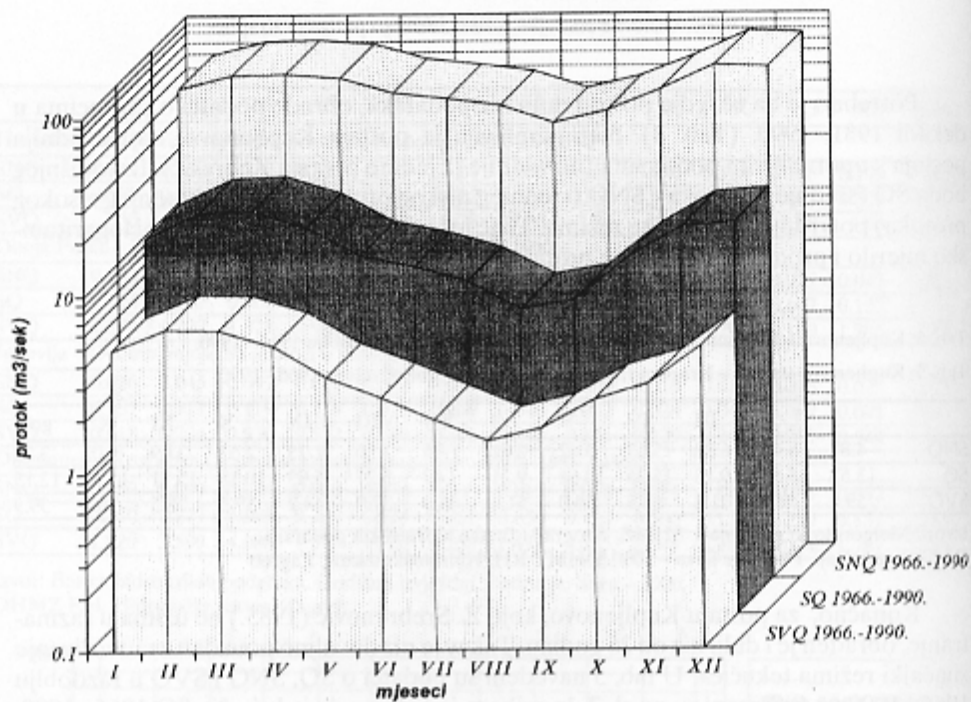
Izvori: Meteorološki godišnjaci. SHMZ, Beograd i Banka hidroloških podataka. Godišnji izvještaji. Područje Sava – 3000. DHMZ RH, Hidrološki sektor, Zagreb

Konačno, za postaju Kupljenovo, koju Z. Srebrenović (1985.) ne uzima u razmatranje, obrađen je i dulji niz od 25 godina. Takav je niz dovoljno pouzdan za utvrđivanje značajki režima tekućica. U tab. 5 navedeni su podatci o SQ, SNQ i SVQ u razdoblju 1966.–1990., a prikazani su na sl. 7. Iz prikaza je vidljivo da je krivulja SQ 1966.–1990. u skladu s krivuljama SQ sa sl. 2. Oba prikaza su data u istom mjerilu, što olakšava njihovu usporedbu. Krivulja srednjih protoka se dobro uklapa prema položaju postaje, nižvodnije od Ključa. Budući da je niz dovoljno dug, za Kupljenovo je dan prikaz mjesečnih koeficijenata otjecanja (Tab. 6, Sl. 8), te se može utvrditi da postaju Krapina kod Kupljenova karakterizira režim tekućice tip Ce 3,8 prema Kelleru. Isti tip određen je za Krapinu i nešto uzvodnije, u postaji Ključ. Dakle, oznake Ce dodijeljene su svim postajama, osim Zlatar Bistrice.

Tab. 6: Mjesečni koeficijenti otjecanja

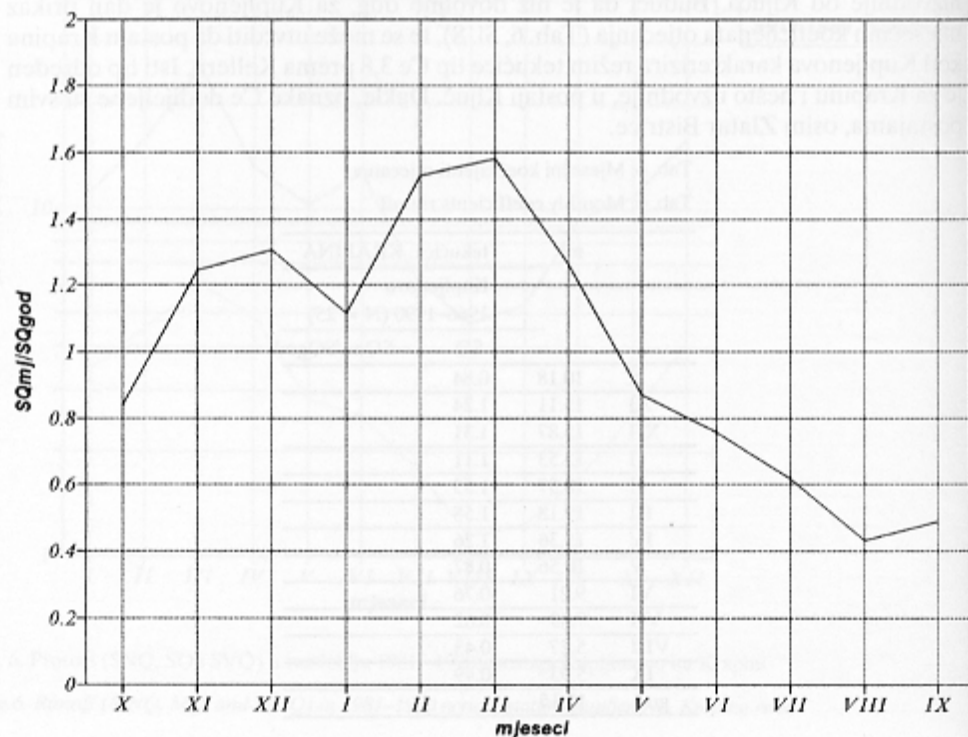
Tab. 6: Monthly coefficients runoff

mj	tekućica: KRAPINA	
	Kupljenovo 1966–1990 (N = 25)	
	SQ	SQmj/SQgod
X	10.18	0.84
XI	15.11	1.24
XII	15.87	1.31
I	13.53	1.11
II	18.57	1.53
III	19.18	1.58
IV	15.36	1.26
V	10.56	0.87
VI	9.21	0.76
VII	7.49	0.62
VIII	5.27	0.43
IX	5.93	0.49
god.	12.15	



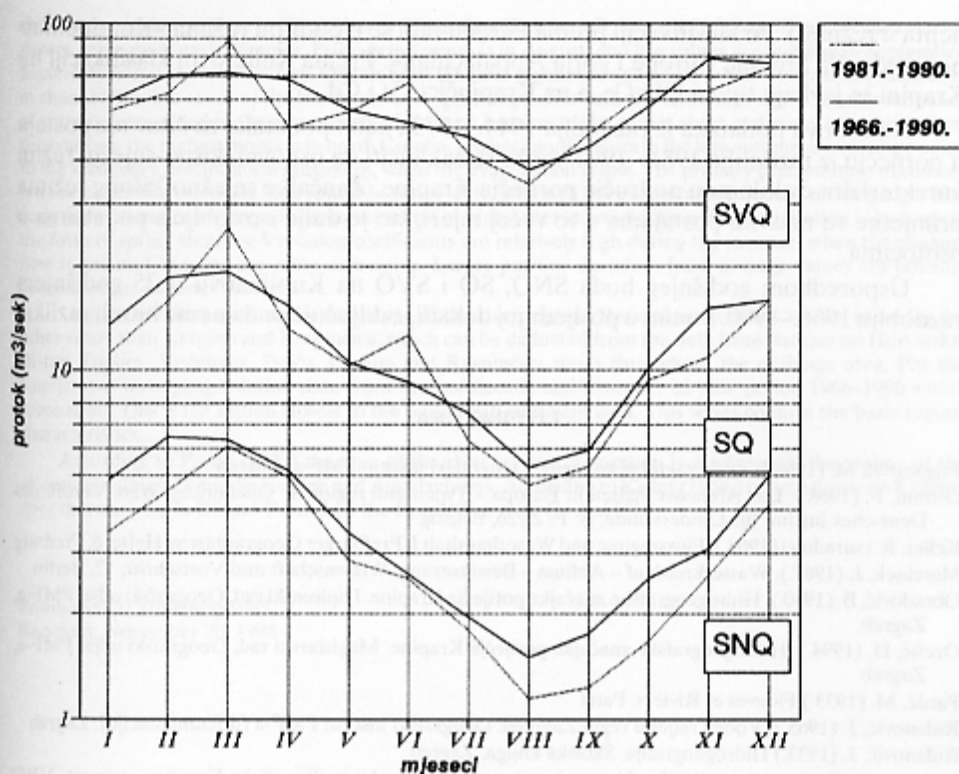
Sl. 7. Protoci (SNQ, SQ i SVQ) u razdoblju 1966.–1990., postaja Kupljenovo na Krapini.

Fig. 7. Runoff (MNQ, MQ and MHQ) in 1966–1990 period, station Kupljenovo, Krapina river



Sl. 8. Mjesečni koeficijenti protoka, postaja Kupljenovo na Krapini (1966.–1990.)

Fig. 8. Monthly channel runoff coefficients, station Kupljenovo, Krapina river (1966–1990)



Sl. 9. Protoci u razdobljima 1981.–1990. i 1966.–1990., postaja Kupljenovo na Krapini.

Fig. Runoff in 1981–1990 and 1966–1990 periods, station Kupljenovo, Krapina river.

Usporedbom godišnjeg hoda SNQ, SQ i SVQ na Kupljenovu u navedenom 25 godišnjem razdoblju s onim u posljednjoj dekadi (Sl. 9), zaključuje se da nema bitnih razlika. Krivulje iz kraćeg razdoblja su nemirnije, dok su one iz duljeg stabilnije. Na primjer, u zadnjoj dekadi više je padalina (u odnosu na klimatske prosjeke) bilo u ožujku i lipnju. To se može zaključiti i iz klimatskih podataka za isto razdoblje (1981.–1990.) na više meteoroloških postaja u poriječju (D. Orešić, 1994.). Ovakva pozitivna odstupanja odrazila su se na krivuljama protoka, napose SQ i SVQ.

Značajke snježno-kišnog režima primjetne su i na drugim postajama (Tab. 4), u to većoj mjeri, ukoliko je dulje razdoblje s podatcima o protocima.

ZAKLJUČAK

Prema godišnjem hodu vodostaja i protoka na obradenim postajama može se zaključiti da je režim Krapine i Krapinčice kišno-snježni (pluvio-nivalni) s naglašenijom ulogom kišnice u opskrbi tekućice vodom (izraženija kišna ili pluvijalna kompo-

nenta u režimu). Po klasifikaciji prema Pardéu radi se o podtipu režima »Kontinentalnog područja Srednje Europe i gorja Appalachian«. Prema Kellerovoj klasifikaciji na Krapini se javljaju tipovi Df i Ce, a na Krapinčici Ce i Cd.

Na osnovu podataka iz razdoblja 1944.–1973., kao i podataka za čitav niz postaja u poriječju iz razdoblja 1981.–1990. može se zaključiti da osnovni, kišno-snežni režim karakterizira cjelokupno područje poriječja Krapine. Značajke snježno-kišnog režima primjetne su na svim postajama u to većoj mjeri, što je dulje razdoblje s podatcima o protocima.

Usporedbom godišnjeg hoda SNQ, SQ i SVQ na Kupljenovu u 25 godišnjem razdoblju 1966.–1990. s onim u posljednjoj dekadi, zaključuje se da nema bitnih razlika.

LITERATURA:

- Friganović, M. (1964.): Vode zagrebačke regije. Geografski institut PMF-a, Zagreb
- Grimm, F. (1968.): Das Abflussverhalten in Europa - Typen und regionale Gliederung. Wiss. Veröff. des Deutsches Institut für Landerkunde, N. F. 25/26, Leipzig
- Keller, R. i suradnici (1968.): Flussregime und Wasserhaushalt I. Freiburger Geographische Hefte, 6, Freiburg
- Marcinek, J. (1967.): Wasserkreislauf - Abfluss - Bewässerung. Wissenschaft und Vortschritt, 17, Berlin
- Obradović, B. (1980.): Hidrogeografske značajke poriječja Krapine. Diplomski rad, Geografski odjel PMF-a, Zagreb
- Orešić, D. (1994.): Hidrogeografske značajke poriječja Krapine. Magistarski rad, Geografski odjel PMF-a, Zagreb
- Pardé, M. (1933.) Fleuves et Rivières. Paris
- Ridanović, J. (1965.): Vode i reljef u regiji Zagreba. Geografski institut PMF-a (dokumentacija), Zagreb
- Ridanović, J. (1933.) Hidrogeografija. Školska knjiga, Zagreb.
- Srebrenović, Z., i suradnici (1985.): Vodoprivredno rješenje uređenja sliva rijeke Krapine, elaborat, VRO Zagreb, OOUR »Projekt«, Zagreb
- Srebrenović, D. (1986.): Primjenjena hidrologija. Tehnička knjiga, Zagreb.

SUMMARY

Basic Characteristics of River Regimes in Krapina Catchment Area

by
Danijel Orešić

For the determination of the river regimes major hydrological values are water level and, especially channel flow values. These data are measured at watergauge stations. In the Krapina catchment (drainage) area before World War II there are only three stations (on two main rivers: Krapina and Krapinčica). After the World War II new stations are established, but some were abandoned. Until 1975 there were available data from 8 hydrological stations, from them 5 with 30 years observation periods. This was not satisfactory for the drainage area of 1,236 sq. km. Furthermore only one station had automatic water level recorder. Since 1977 new hydrological stations were established, however most of them have data from about a decade of observation period. Some stations suffered from the flood in 1989. There are some weaknesses in the observation in the afterwar period and during river regulation works in the 60's. In the light of this, in the first part of the paper corrected data (Z. Srebrenović et al., 1985) from 1944–1973 were used for the river regime determination. This is the 30-year period common for five hydrological stations on the two main rivers in the system.

Mean monthly runoffs (channel flow) are greater in the colder part of the year and lesser in the warmer part of the year due to larger evapotranspiration losses. All series show two maximums: primary in March

or February and secondary in November or December. Besides, all the series of channel runoff data show a slower decrease in early summer. Primary minimum is in August, and low values are ongoing in September. Secondary minimum is in January. On this basis the river regimes are all pluvio-nival. The primary maximum in channel flow is a result of the lower winter evapotranspiration and also snow melting. A greater influence of snow is determined in the upper parts of Krapina because of the rather short and many tributaries from the Ivančica, the highest mountain in north Croatia. Higher runoff values in the late autumn are corresponding to the secondary precipitation maximum, when the evaporation is low. The primary precipitation maximum is a reason for the relatively high runoff in June – July, although the evapotranspiration is already high. The early summer increase is expressive in the series of high water values because the precipitation is by large in the form of spring showers. Variation coefficients are relatively high during the summer, when the channel flow is low and changes are more expressive. Larger positive deviation from average values are possible because of the summer showers.

Last decade data confirm the same type of the river regime. Basic characteristics are the same for the other rivers than Krapina and Krapinčica, which can be deduced from the data from stations on Horvatska, Bistra, Toplica, Vučelnica, Pušća, Dedina and Ravninčica rivers throughout the drainage area. For the Kupljenovo watergauge station data from the last decade and from the 25-year period 1966–1990 were considered. This is the station closest to the outlet with sufficient data. This series confirm the basic regime characteristics.

According to Pardé (1933) the type of the river regime in question is a subtype of the regime of the »Continental area of middle Europe and Appalachian«. According to Keller (1968.) regime types, on Krapina river there are types Df and Ce and on the Krapinčica river Ce and Cd.

Primljeno: 20. studenog 1995.
Received: November 20, 1995

UVOD

U razvoju razvoja geografije, kao i uostalom i druge znanstvene discipline, nastala je promjena. One su izražene u teorijskim konceptu i metodologiji. To se da se u razvoju moderne geografije najupečativnije promjena vidjeti u razvoju stavova. Toje vrijeme kritike »tradicionalne« i razvoja »nove geografije«. »Nova geografija« izražava interes za imala u regionalnoj geografiji, koja se razvijala u skladu s razvojem Rittersa, Hartmana, Vidasa de la Blachea i drugih geografa. »Nova geografija« izražava ovaj interes stavila na prvi plan razmišljajući pritom prostorom, te potom i ekološki koncept. Svaka moderna geografija temelji na filozofiji pozitivizma i primjeni Znanstvenih metoda.

Prof. dr. sc. Geografski institut, Prirodoslovno-matematički fakultet, Maribor, ul. 20. 11. 1995.