

REŽIM KAMENIČKE REKE (SLIV REKE VISOČICE) THE FLOW REGIME OF KAMENIČKA RIVER (CATCHMENT AREA OF VISOČICA RIVER)

Nenad Janačković¹, Vesna Ristić Vakanjac², Veljko Marinović³, Jugoslav Nikolić⁴,
Boris Vakanjac⁵, Zoran Nikić⁶

¹Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7, 11000 Beograd. E-mail: nenad.janackovic@rgf.rs

²Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7, 11000 Beograd. E-mail: vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs

³Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7, 11000 Beograd. E-mail: veljko.marinovic@rgf.bg.ac.rs

⁴Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Kneza Višeslava 66, 11000 Beograd. E-mail:

jugoslav.nikolic@hidmet.gov.rs

⁵Vojnogeoografski institut "General Stevan Bošković", Mije Kovačevića 5, 11000, Beograd, E-mail:

boris.vakanjac@vgi.gov.rs

⁶Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11000, Beograd, zoran.nikic@sfb.bg.ac.rs

APSTRAKT: Kamenička reka je desna pritoka reke Visočice. Svoj tok formira na donjotrijaskim sedimentnim stenama (alevroliti, peščari, konglomerati) i u ovom delu je razvijen dendritičan tip hidrografske mreže. Po prelasku na srednjotrijaske karbonatne stene ovaj tok postaje povremen, tačnije sukcesivno gubi vodu u delovima gde rasedne strukture presecaju korito ove reke, tako da tokom pojedinih godina i dužih sušnih perioda korito ove reke ostaje suvo. U radu je izvršena analiza režima proticaja Kameničke reke za 15-to godišnji osmatrački period (1964-1978), na osnovu kog se može konstatovati da je srednjegodišnji proticaj Kameničke reke 646 l/s, s tim da tokom aprila i maja rekom protekne oko 50% a da tokom avgusta i septembra protekne samo 3% ukupnih godišnjih voda. Indeks baznog oticaja za ukupni period iznosi svega 25%, što je rezultat činjenice da najveći deo baznog oticaja Kameničke reke ponire i prihranjuje Jelovičko vrelo. Pretpostavlja se da je to u minimumu oko 411 l/s.

Ključne reči: režim, bilans, bazni oticaj, poniranje, Kamenička reka

ABSTRACT: The Kamenička River is the right tributary of the Visočica River. Its course forms on the Lower Triassic sedimentary rocks (siltstones, sandstones, conglomerates) and in this part a dendritic type of hydrographic network is developed. After transitioning to Middle Triassic carbonate rocks, flow becomes intermittent, or more precisely, it successively loses water in parts where fault structures cut the river bed, so that during certain years and longer dry periods, the river bed remains dry. The paper analyze the flow regime of the Kamenička River for observation period from 1964-1978 (in total 15 years). Regarding to mentioned period, the average annual run off of the Kamenička River is 646 l/s, so that during April and May runoff is about 50%, and during August and September about 3% of the total annual water volume. The index of the base flow for the entire period is only 25%, which is the result of the fact that the largest part of the Kamenička River base flow sinks and recharge the Jelovičko spring. It is assumed that it is at least about 411 l/s.

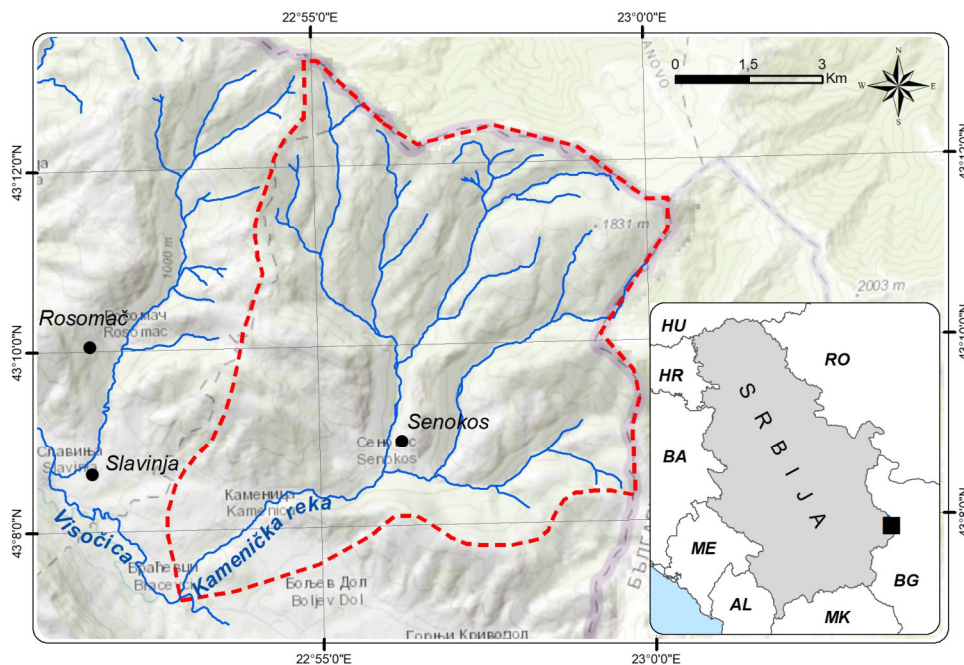
Key words: regime, water balance, base flow, sinking, Kamenička river

UVOD

"Specifični geološki i hidrogeološki uslovi u oblasti sliva reke Visočice, a pre svega široko rasprostranjenje karbonatnog srednje trijaskog kompleksa stena, kao i donjo trijasko šarene serije (alevroliti, peščari, konglomerati) imali su za posledicu formiranje specifičnog tipa drenažne mreže kao i specifičnog režima oticaja reke Visočice i njenih značajnijih pritoka"¹. Opšta karakteristika sliva reke Visočice je njena nesimetričnost. Leva dolinska strana je skoro u potpunosti odsutna, tako da reka Visočica ima samo desne pritoke u delu do Pakleštice, odnosno do trenutka kada se ova reka uliva u Zavojsko jezero (Ristić Vakanjac i dr. 2017). Izvorišni deo reke Visočice nalazi se na teritoriji Republike Bugarske. Smešten je između planinskih vrhova Koma i Krastaveca na nadmorskoj visini od oko 1640 m (oblast Berovih planina). Od desnih pritoka, Visočica po ulasku na teritoriju Republike Srbije prihvata vode Krivodolštice, zatim Kameničke, Rosomačke i Dojkinačke reke. Kod sva četiri pomenuta vodotoka karakteristično je i to da gornji

¹ Ristić Vakanjac i dr. (2018). Prilog poznavanju režima voda reke Visočice, str. 505

delovi njenih pritoka se formiraju u okviru donjotrijaskih sedimenata, a nakon toga prelaze na srednjotrijaske karbonatne stene (Slika 1). Zajednička karakteristika im je još i da po prelasku na srednjotrijaske krečnjake, vode ovih reka poniru sukcesivno (Dojkinačka i Kamenička) ili najvećim delom koncentrično (Rosomačka reka, Krivodolštica). Tačnije, Dojkinačka i Kamenička reka svoje tokove su formirale na rasednim strukturama, tako da u delu gde postoje mlađe rasedne strukture upravne na pomenute rasede koje prate ovi tokovi, u ovim delovima dolazi do poniranja površinskih voda, a pomenuti rečni tokovi ostaju delimično ili u potpunosti bez vode. Sa druge strane, Rosomačka i Krivodolštica u delovima gde njihovi tokovi prelaze preko rasednih struktura postavljenih pod nekim uglom u odnosu na formirana korita ovih reka, ove reke gube delimično ili u potpunosti vodu (Ristić Vakanjac i dr. 2018).



Slika 1. Geografski položaj Kameničke reke; Granica sliva predstavljena je crvenom linijom
Figure 1. Geographical position of the Kamenička reka River; The watershed boundary is represented by a red line

Vode koje poniru u svim pomenutim vodotocima prihranjuju karstnu izdan, a pravci kretanja ovih voda prate pravce pružanja lokalnih rasednih struktura koje ukazuju na to da ove vode prihranjuju najvećim delom Jelovičko vrelo koje je ujedno i najjače i najznačajnije vrelo u ovom delu Srbije (Nikić 2003, Milanović i Vasić 2015, Ristić Vakanjac et al. 2016). Na žalost, monitoring vodostaja i proticaja na pritokama reke Visočice uglavnom ne postoji. Preciznije, režimska osmatranja postoje samo na Dojkinačkoj reci (uspostavljena 1981. godine i traju do danas), a postojala su i na Kameničkoj reci u vremenskom trajanju od 15 godina (otpočelo sa osmatranjima 1964. godine i trajala su do zaključno sa 1978. godinom). Na reci Visočici, postoje tri vodomerna profila uspostavljena od strane Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ) (https://www.hidmet.gov.rs/ciril/hidrologija/povrsinske/sliv.php?hm_sliv_id=6):

- profil Izatovac, otpočeo sa radom 1963. godine, i kontroliše slivnu površinu u iznosu od 156 km² a srednje godišnji proticaj za razmatrani period iznosi 1.206 m³/s (Ristić Vakanjac i dr. 2016),
- profil Bračevci, otpočeo sa radom 1963. godine, i kontroliše slivnu površinu u iznosu od 227 km²,
- profil Visočka Ržana, otpočeo sa radom 1958. godine i bio aktivan do 2005. godine, dok 2011. godine prelazi u nadležstvo HE Piroto koji nastavlja sa monitoringom vodostaja i proticaja do danas. Ovaj profil kontroliše slivnu površinu u iznosu od 403 km², $Q_{sr, 1964-1978} = 6.267 \text{ m}^3/\text{s}$ (Ristić Vakanjac i dr. 2016).

METODOLOGIJA

Podaci neophodni za izradu ovog rada su preuzeti iz baze podataka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za ukupni period kada su na pojedinim stanicama vršena merenja. U radu su podaci obrađeni izvršene za period 1964 - 1978. godina, odnosno za period kada je vršen monitoring Kameničke reke u profilu Kamenica. U tabeli 1 date su vrednosti srednjemesečnih i godišnjih

proticaja Kameničke reke, profil Kamenica za razmatrani period. Za potrebe prikaza pluviografskog režima slivnog područja odabrana je kišomerna stanica Kamenica dimitrogradska koja se nalazi na samom slivnom području. I ovde je izdvojen i analiziran period 1964-1978. godina, odnosno period kada je bio uspostavljen monitoring na Kameničkoj reci, v.s. Kamenica. Rezultati koji su dobijeni prikazani su grafički (vidi slike 2 i 3). Razdvajanje hidrograma na direktni i bazni oticaj izvršen je primenom metode lokalnog minimuma (engl. *Local Minimum Method* – LMM) u okviru softverskog paketa BFI (Hydro Office, 2020), koja se zasniva na određivanju broja dana nakon pika hidrograma kada teoretski prestaje bazni oticaj, uz korišćenje parametra f od 0,9, odnosno parametra N za koji je iskorišćena komparacija promene indeksa baznog oticaja za vrednosti N od 1 do 10, gde je kao konačna vrednost za N uzeta tačka nakon koje se ublažava nagib krive indeksa baznog oticaja (Wahl & Wahl, 1995).

PRIKAZ DOBIJENIH REZULTATA SA DISKUSIJOM

Na osnovu sumarnih dnevnih padavina koje su osmotrene na k. s. Kamenica dimitrogradska dobijene su mesečne, sezonske i godišnje sume, odnosno sračunate su srednje mesečne, sezonske i godišnje sume padavina za osmatrački period. Srednje godišnja vrednost padavina iznosila je za razmatrani period 746,7 mm, dok su vrednosti srednje mesečnih i sezonskih padavina (%) date grafički i to u vidu subastih dijagrama (Slike 2 i 3). Na osnovu slike 2 se može zaključiti da se vrednosti srednjegodišnjih padavina kreću od 6% (januar i mart) pa do 11% (maj), odnosno 13,53% (juni). Što se tiče sezonskih padavina, najviše kiše padne tokom proleća (31,56%) dok najmanje padne tokom zime (20,67%) (Slika 3).

Isto tako na osnovu sistematizovanih rezultata prikazanih u tabeli 1 može se konstatovati da je srednjegodišnji proticaj Kameničke reke za osmatrački period 1964-1978. godina bio 0,646 m³/s, da je apsolutni maksimum u iznosu od 21,6 m³/s zabeležen 4. juna 1966. godine, dok je suvo korito tokom perioda 1964-1968. godina zabeleženo svake godine u trajanju od minimalnih 9 dana (1964. godina) pa do 85 dana (1968. godina). U periodu 1964-1978. godine apsolutni minimumi su se kretali u intervalu od 2 l/s (od 29. oktobra do 1. novembra 1970. i 16 - 22. septembra 1974.) pa do 12 l/s (28 - 31. decembra 1975. godine). Što se tiče unutargodišnje raspodele, na slici 4 dat je histogram srednje mesečnih proticaja, a na slici 5 srednje sezonski proticaji. Sa slike 4 može se zaključiti da su najvodniji meseci april (skoro 27% od ukupnih godišnjih količina proteklih voda) i maj (oko 21.5%), odnosno, tokom ova dva meseca u profilu Kamenica, koritom Kameničke reke protekne oko 50% ili polovina ukupne godišnje zapremine voda. Mesec najsiromašniji vodom je avgust (1,3%) i septembar (1,9%). Kada posmatramo raspodelu voda po sezonama, 60% ukupne godišnje zapremine vode protekne tokom proleća dok tokom leta koritom ove reke protekne svega 7%.

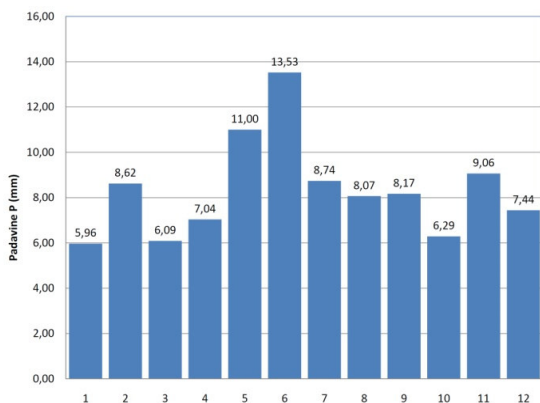
Tabela 1. Srednje mesečne i godišnje vrednosti kao i apsolutne godišnje vrednosti proticaja zabeležene u profilu Kamenica, reka Kamenička

Table 1. Mean monthly and annual values as well as absolute annual run off values recorded on the gauging station Kamenica, Kamenička river

	Jan	Feb	Mart	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Q _{sr}	Q _{max}	Q _{min}
1964	0,010	0,198	0,567	1,737	1,346	0,814	0,041	0,026	0,364	0,446	1,117	0,481	0,593	4,99	0
1965	0,242	0,644	0,986	1,617	1,629	0,455	0,008	0,003	0,000	0,000	0,011	0,302	0,490	3,97	0
1966	0,447	1,925	1,154	2,407	1,296	3,035	0,015	0,059	0,012	0,015	0,034	0,143	0,864	21,6	0
1967	0,238	0,554	1,449	3,502	2,209	0,593	1,061	0,005	0,021	0,046	0,037	0,036	0,812	11,3	0
1968	0,007	0,335	0,850	2,319	0,013	0,050	0,000	0,011	0,049	0,022	0,121	0,100	0,320	7,67	0
1969	0,087	0,776	1,097	2,683	2,092	0,858	0,211	0,013	0,029	0,024	0,028	0,084	0,662	6,43	0,004
1970	0,717	0,849	1,688	2,970	2,857	0,869	0,666	0,027	0,012	0,023	0,009	0,036	0,893	7,67	0,002
1971	1,041	0,439	0,838	2,009	1,061	0,855	0,169	0,008	0,065	0,015	0,030	0,024	0,545	7,05	0,007
1972	0,109	0,252	0,332	0,640	0,458	0,083	0,196	0,068	0,826	2,723	0,736	0,533	0,582	7,6	0,007
1973	0,318	0,021	0,456	3,085	2,013	0,183	0,565	0,027	0,031	0,129	0,039	0,315	0,601	7,6	0,005
1974	0,249	0,222	0,856	1,261	2,891	0,362	0,069	0,024	0,017	0,079	0,094	0,022	0,515	7,05	0,002
1975	0,025	0,026	0,848	1,965	3,718	1,487	0,278	0,429	0,430	0,419	0,573	0,159	0,867	9,12	0,012
1976	0,093	0,041	0,022	0,732	1,395	1,220	0,663	0,778	0,129	0,065	1,622	0,859	0,635	5,29	0,004
1977	0,222	1,197	1,039	1,572	0,435	0,869	0,204	0,026	0,005	0,007	0,408	0,400	0,524	3,2	0,004
1978	0,176	1,081	1,885	2,825	1,582	0,894	0,236	0,038	0,196	0,089	0,103	0,367	0,785	7,9	0,005
Q _{sr}	0,265	0,571	0,938	2,088	1,666	0,842	0,292	0,103	0,146	0,274	0,331	0,257	0,646	21,6	0

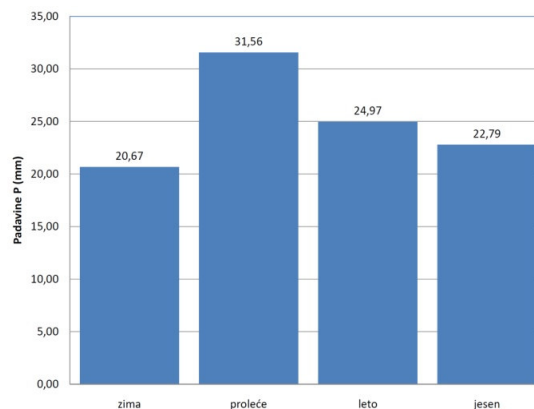
Ovde se može primetiti potpuna nesaglasnost količina voda koje proteknu po mesecima i količina vode koje su u vidu padavina zabeležene na slivu Kameničke reke. Prva nesaglasnost je vezana za prolećne mesece. Razlog ove nesaglasnosti je hipsometrijska visina sliva koja se kreće od kote ušća Kameničke reke u Visočicu (755 mm) pa do 1719 mm (vrh Mučibaba), odnosno 1716 mm (vrh Adžijina kapija) (Ristić Vakanjac i dr. 2017). Dakle, padavine tokom zimskih meseci su u vidu snega koji formira snežni pokrivač koji tokom aprila i maja počinje da se otapa i da učestvuje u formiranju oticaja sa sliva Kameničke reke (Nikić 2003). Druga velika nesaglasnost je leto, a najviše avgust i septembar, kada u proseku padne oko 8%

ukupnih padavina po mesecu a kada je u pitanju oticaj, manje od 2 % po mesecu su količine vode koje proteknu kroz osmatrački profil u Kamenici. Jedan od razloga ove razlike je taj da su ovo topli meseci i da sigurno je evapotranspiracija izraženija nego tokom zimskih meseci, a drugi razlog je što najveći deo ovih voda ponire prihranjujući karstnu izdan, dok korito reke ostaje suvo ili sa količinama voda manjim od 20 l/s. U daljem tekstu biće dato objašnjenje o kojim se količinama vode radi.



Slika 2. Srednje mesečne padavine, kišomerna stanica Kamenica dimitrovgradska, sračunate za osmatrački period 1964-1978. godina

Figure 2. Average monthly precipitation, rain gauge station Kamenica Dimitrovgradska, calculated for the observation period 1964-1978



Slika 3. Srednje sezonske padavine, kišomerna stanica Kamenica dimitrovgradska, sračunate za osmatrački period 1964-1978. Godina

Figure 3. Mean seasonal precipitation, rain gauge station Kamenica Dimitrovgradska, calculated for the observation period 1964-1978

Ako se posmatraju srednje godišnji proticaji Kameničke reke, i Visočice u profilima Izatovac i Visočka Ržana, kao i slivne površine koje kontrolišu razmatrani hidrološki profili, mogu se dobiti sledeći specifični oticaji ($q = Q/F$)

- Kamenička reka, vodomerni profil Kamenica $q = 0,646/68 = 9,5 \text{ l/s/km}^2$,
- reka Visočica, vodomerni profil Izatovac $q = 1,206/156 = 7,7 \text{ l/s/km}^2$,
- reka Visočica, vodomerni profil Visočka Ržana $q = 6,267/403 = 15,5 \text{ l/s/km}^2$.

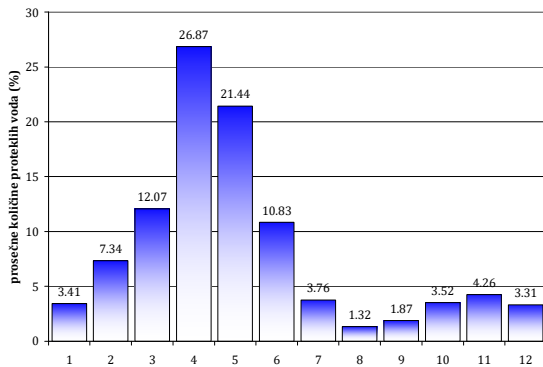
Na osnovu dobijenih specifičnih oticaja može se konstatovati da uzvodni profili na Visočici kao i na Kameničkoj reci imaju manje specifične oticaje od nizvodnih. Dakle, dobijaju se suprotne vrednosti od očekivanih. Razlog je taj što jedan deo voda Visočice kao i njenih pritoka, gde spada i Kamenička reka, ponire tokom tečenja preko srednjetrojaskih krečnjaka. Već je rečeno da ove vode prihranjuju karstne vode čiji pravci kretanja ukazuju da se one opet pojavljuju ali sada na Jelovičkom vrelu (sliv Dojkinačke reke) (Nikić 2003, Milanović i Vasić 2015, Ristić Vakanjac et al. 2016). Kako Dojkinačka reka pripada slivu Visočice (poslednja značajnija desna pritoka Visočice pre njenog ulivanja u Zavojsko jezero), a profil Visočka Ržana se nalazi nizvodno od ulivanja Dojkinačke reke, može se reći da je specifični oticaj Visočice, v.s. Visočka Ržana vrednost koja se može uzeti kao reperna za ceo uzvodni sliv, pa samim tim i merodavna za Kameničku reku.

Dakle, ukoliko je pretpostavljeni specifični oticaj sliva Kameničke reke $15,5 \text{ l/s/km}^2$, može se, na osnovu definisane površine sliva u iznosu od 68 km^2 , sračunati koliki bi najverovatnije bio proticaj Kameničke reke da ne dolazi do poniranja voda, odnosno:

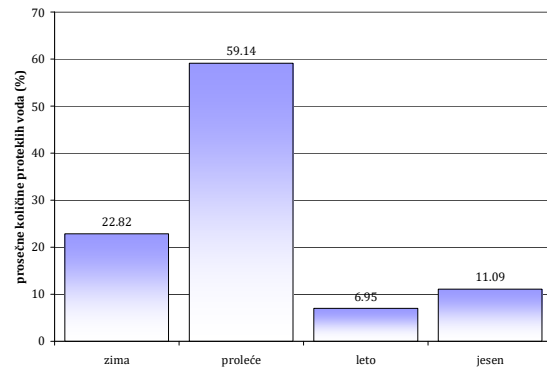
$$Q = q \times F = 0,0155 \times 68 = 1,057 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Kako je za razmatrani period srednje godišnji proticaj Kameničke reke iznosio $0,646 \text{ m}^3/\text{s}$, razlika između pretpostavljenog/sračunatog ($1,057 \text{ m}^3/\text{s}$) i dobijenog bi predstavljala količinu vode ($1,057 - 0,646 = 0,411 \text{ m}^3/\text{s}$) koja ponire tokom tečenja Kameničke reke preko srednjetrojaskih krečnjaka. Izraženo u zapremini vode, ovo bi iznosilo $12,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vode u proseku na godišnjem nivou.

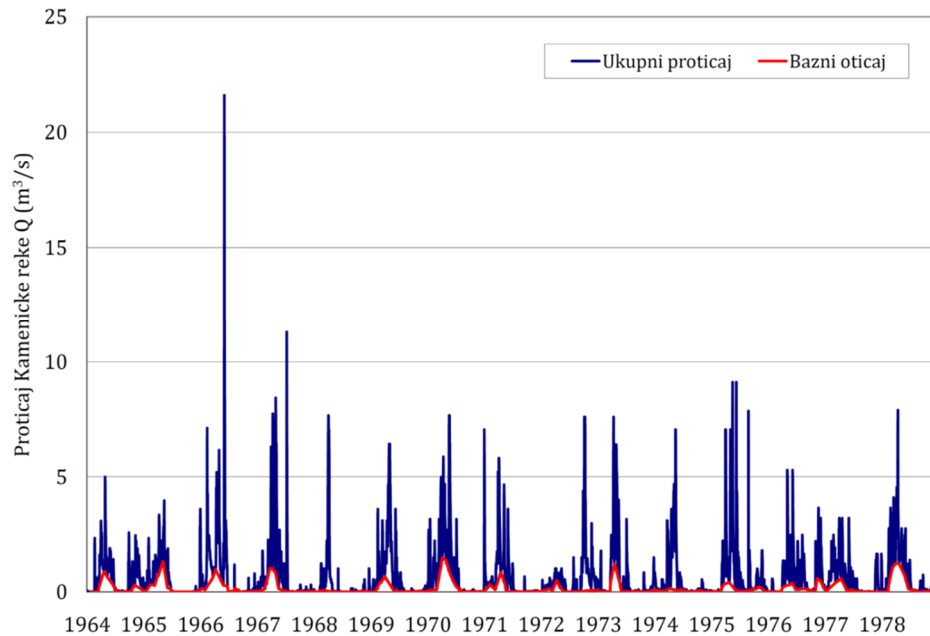
U svrhu analize režima oticaja Kameničke reke izvršeno je i odvajanje direktnog i baznog oticaja sa ciljem sračunavanja IBP (indeks baznog proticaja) koji se dobija korišćenjem jednačine $IBP = V_b/V_{uk}$, gde je V_b zapremina baznog oticaja, dok je V_{uk} zapremina ukupno otekle vode. Prilikom proračuna usvojena je vrednost parametra N od 9 dana. Hidrogram ukupnog proticaja kao i sračunati hidrogram baznog oticaja dat je na slici 6.



Slika 4. Unutargodišnja raspodela proticaja izražena u % ukupnih srednje godišnjih proticaja Kameničke reke
Figure 4. Intra-annual runoff distribution expressed in % of the Kamenica River total mean annual runoff



Slika 5. Raspodela proticaja po sezonama izražena u % ukupnih srednje godišnjih proticaja Kameničke reke
Figure 5. Seasonal runoff distribution expressed in % of the Kamenica River total mean annual runoff



Slika 6. Hidrogram ukupnog i baznog oticaja Kameničke reke zabeležen u profilu Kamenica
Figure 6. Hydrograph of the Kamenica River total and base run off, gauging stations Kamenica

Za ukupni period kada je vršen monitoring vodostaja i proticaja Kameničke reke u profilu Kamenica dobijen je IBP u iznosu od 0,25, s tim da se za pojedine godine kreće od svega 0,05 (1968. godina), zatim 0,09 (1974. godina) pa do 0,41 (1978. godina) odnosno 0,46 (1965. godina). Niske vrednosti IBP su karakteristične za sušne godine. Najniža vrednost IBP je dobijena za 1968. godinu kada je zabeležen najduži period suvog korita Kameničke reke (85 dana). Dakle, sva količina vode je tokom sušnih perioda zbog malih protoka, ponirala prelaskom na srednjetrojaskie krečnjake, čime bi korito reke ostajalo suvo. Kada su u pitanju vlažne godine, odnosno godine kada je srednje godišnji proticaj veći od srednje višegodišnjeg protoka, za ove godine je karakteristična znatno viša vrednost IBP (vrednosti veće od 0,30 i idu i do 0,46).

ZAKLJUČAK

Ukoliko se prihvati specifični oticaj reke Visočice, v.s. Visočka Ržana kao merodavan za ceo sliv, onda se u ovom slučaju dobija da bi proticaj Kameničke reke bio 1,057 m³/s. Kako je srednje godišnji proticaj Kameničke reke iznosio 0.646 m³/s, njihova razlika bi predstavljala količinu vode koja ponire tokom tečenja Kameničke reke preko srednjetrojaskih krečnjaka. Ovde bi trebalo napomenuti da je generalno karakteristika svakog sliva za slučajeve da poniranje vode u slivu odsustvuje, ta da vrednosti

specifičnog oticaja rastu ako se posmatra od izlaznog profila ka izvorišnom delu. Ukoliko se prihvati ova konstatacija, to bi značilo da Kamenička reka bi trebalo da ima veći specifični oticaj od onog koji je dobijen za Visočicu, v.s. Visočka Ržana, tako da se može reći da vode Kameničke reke koje poniru u njenom slivu imaju veću vrednost od sračunatih prosečnih 411 l/s.

LITERATURA

- Hydro Office, 2020: *Software for hydrology, meteorology, geoscience & data science*. [Online] Available from: <https://hydrooffice.org>
- Milanović S., Vasić Lj. 2015: *Hidrogeološka istraživanja karstnih vrela - Jelovičko vrelo*, Pirotski zbornik, br. 40, 227-241 УДК: 556.3(497.11) DOI: 10.5937/pirotzbor1540227M
- Nikić Z., 2003: Hidrogeološka analiza formiranja i regionalizacija malih voda, str. 155, Zadužbina Andrejević. ISBN 978-86-7244-341-1, Beograd.
- Prohaska S., 2003: Hidrologija I, Hidrometeorologija, hidrometrija i vodni režim, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 428 str.
- Ristić Vakanjac V., Nikolić J., Čokorilo Ilić M., Polomčić D., Bajić D., Hajdin B., Ratković J., 2018: *Prilog poznavanju režima voda reke Visočice*, 17. Kongres geologa Srbije, Srpsko geološko društvo, urednik Ganić M., ISBN 978-86-86053-20-6, Vrnjačka banja, Vol. 2. pp 505-510
- Ristić Vakanjac V., Čokorilo Ilić M., Polomčić D., Bajić D., Ratković J., 2017: *Hydrographic and hydrological characterization of the Vodenička and Rosomačka rivers*, Pirotski zbornik 42, pp.1-24. Narodna biblioteka Pirot, Pirot 2017 DOI:10.5937/pirotzbor1742001R
- Ristić Vakanjac V., Marinović V., Nikić Z., Čokorilo Ilić M., Polomčić D., Bajić D., 2016: *Verification of catchment size using the water balance equation*, III Congress of geologist of Republic Macedonia with international participant, (ed Sonja Lepitkova and Blažo Boev), Macedonia, Struga, pp. 191-198
- https://www.hidmet.gov.rs/ciril/hidrologija/povrsinske/sliv.php?hm_sliv_id=6
- Wahl K. L. & Wahl T. L. 1995: *Determining the flow of Comal Springs at New Braunfels, Texas*. Proceedings of Texas Water, '95, a component conference of the first Int. Con. on water res. Eng. American Society of Civil Eng. San Antonio, Texas pp. 77-86