

Prikaz empirijskih metoda za određivanje vremena koncentracije sliva

PETAR R. PRAŠTALO, Institut za građevinarstvo „IG“, Banja Luka,
Bosna i Hercegovina

MILENA S. SLAVNIĆ, „Ekodozvola“ d.o.o, Banja Luka,
Bosna i Hercegovina

Pregledni rad

UDC: 551.435.11(282.2)

DOI:10.5937/tehnika1903351P

Vrijeme koncentracije sliva predstavlja važniji parametar za predviđanje odgovora sliva na datu količinu padavina, i stoga je bitan u izradi hidroloških modela. Vrijednosti vremena koncentracije se određuju na osnovu empirijskih jednačina različitih autora. U radu su prikazane različite empirijske metode koje su korištene na jednom hidrološki neizučenom slivu. Na osnovu sračunatih vrijednosti vremena koncentracija sliva, određeni su hidrogrami velikih voda stogodišnjeg povratnog perioda. Na ovaj način su ocenjene neizvjesnosti u određivanju vršnog proticaja i zapremine hidrograma oticaja sa sliva usled proračuna vremena koncentracije sliva.

Ključne riječi: *vrijeme koncentracije sliva, hidrološki neizučeni sliv, empirijske metode, NRCS metoda, hidrogram oticaja*

1. UVOD

Vrijeme koncentracije se najčešće definiše kao vrijeme potrebno djeliću vode da dospije od najudaljenije tačke sliva do izlaznog profila sliva [1], mada ima i drugih definicija. Zbog same nemogućnosti direktnog mjerenja vremena koncentracije, ono se obično određuje na osnovu različitih empirijskih jednačina koje su nastale tokom raznih istraživanja. Ova istraživanja bazirana su na analizi podataka sa različitih slivova iz različitih klimatskih područja.

Vrijeme koncentracije nekog sliva zavisi od više faktora kao što su topografija sliva, tip zemljišta, namjena površina, tip vegetacije, i niza geomorfoloških parametara, čije vrijednosti se određuju na osnovu topografskih karata ili u novije vrijeme analizom DMT-a (Digitalnog modela terena).

Iz navedenog je jasno da veliki broj faktora utiče na određivanje vremena koncentracije sliva.

Vrijeme koncentracije sastoji se iz vremena tečenja po padinama i tečenja u stalnom vodotoku [2].

U ovom radu prikazuju se različite empirijske jednačine za određivanje vremena koncentracije, koje su primjenjene na jednom malom hidrološki neizučenom

slivu. Vrijeme koncentracije, sračunato prema razmatranim metodama, poređeno je sa vrijednošću dobijenom primjenom NRCS (Natural Resources Conservation Service) metode. Ova metoda je razvijena od strane Odjeljenja za poljoprivredu Sjedinjenih Američkih Država (US Department of Agriculture USDA) odnosno Victora Mockusa još 1957. godine, najčešće koristi u hidrološkoj praksi [12] i stoga je odabrana kao referentna u ovom radu. Takođe, analizirane su i neizvjesnosti u proračunima mjerodavnih velikih voda usljed odabira metode za proračun vremena koncentracije.

2. METODOLOGIJA

Kao primjer izabran je sliv rijeke Jablanice, na kojem nema mjerenja hidroloških veličina. Ovaj sliv se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine koji ujedno pripada neposrednom slivu rijeke Save.

2.1 Karakteristike sliva

Rijeka Jablanica je desna pritoka rijeke Save. Dužina glavnog toka je oko 35 km, sa ukupnom površinom sliva od oko 371 km². Nastaje od vrlo razgranatog izvorišta u južnim padinama planine Prosare. U istraživanju je tretirano slivno područje do profila brane Brđani, sa površinom sliva od 17 km².

Na slici 1, prikazano je korištenje zemljišta na slivu rijeke Jablanice dobijeno iz Corine (EEA, 2006), gdje je prisutno 5 različitih tipova korištenja zemljišta. Prema namjeni zemljišta koje je zastupljeno na slivu, kao i na osnovu hidrogeoloških karakteristika tla,

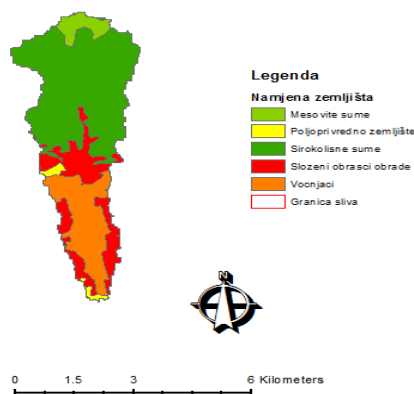
Adresa autora: Petar Praštalo, Institut za građevinarstvo „IG“, Banja Luka, Kralja Petra I Karadorđevića 92-94, Bosna i Hercegovina

e-mail: petarprastalo@gmail.com

Rad primljen: 21.01.2019.

Rad prihvaćen: 05.04.2019.

kojem odgovara hidrološka grupa D prema NRCS metodi. Za ovu hidrološku grupu tla procjenjena je vrijednost CN (Curve number) broja, i iznosi 80, što odgovara normalnim uslovima vlažnosti tla.



Slika 1 - Korišćenje zemljišta u slivu prema CLC (EEA, 2006)

Osnovne geomorfološke karakteristike sliva rijeke Jablanice određeni su korištenjem softvera ArcGIS, gdje je korišten DMT sa veličinom ćelije od 20x20 m. Hidrografska mreža, digitalni model terena i nagibi sliva prikazani su na slici 2. Vrijednosti geomorfoloških karakteristika sliva koji su prikazani u tabeli 1, neophodni su ulazni podatak za primjenu empirijskih jednačina za određivanje vremena koncentracije sliva.

Tabela 1. Geomorfološke karakteristike sliva rijeke Jablanice

Redni broj parametra	Naziv parametra	Vrijednost
1	Površina sliva A [km ²]	16.84
2	Nagib sliva [%]	17.35
3	Dužina glavnog toka [km]	8.62
4	Dužina najdužeg puta tečenja [km]	11.14
5	Nagib glavnog toka [%]	1.086
6	Nagib najdužeg puta tečenja [%]	1.84
7	Uravnati nagib sliva [%]	0.78
8	Maksimalna visina sliva [mmm]	362.60
9	Minimalna visina sliva [mmm]	159.25
10	Srednja visina sliva [mmm]	239.81

2.2 Pregled metoda za određivanje vremena koncentracije i geomorfološke karakteristike potrebne za proračun

U radu je prikazano 10 jednačina za proračun vremena koncentracije. Izbor metoda bio je uslovljen

karakteristikama sliva rijeke Jablanice. Prikazane jednačine sa opisom pojedinih geomorfoloških parametara koji se koriste u proračunu vremena koncentracije prikazani su u tabeli 2, sa nazivima autora. Metoda su birane tako da se mogu primjeniti za predmetni sliv.

U nastavku se prikazuju dodatni opisi jednačina koji su prikazani u tabeli 2. NRCS metoda, koja se koristi kao referentna metoda, nastala na osnovu podataka sa 24 prirodna sliva. Bazira se na slivovima u kojima je dominantno površinsko tečenje, vrijednosti maksimalnih proticaja proporcionalni su efektivnim padavinama.

Jednačina Bransby Williams, preporučena je uglavnom za prirodne slivove u jednačini koristi tri geomorfološka parametra. California Culverts Practice i Picking jednačine imaju sličan uticaj na određivanje vremena koncentracije sliva, dosta su slične jednačine. Koriste isti broj geomorfoloških parametara. Jednačina Corps of Engineers je prilagođena prirodnim slivovima. Jednačina je nastala na malim poljoprivrednim slivovima. Jednačine Passini i Ventura koriste iste geomorfološke parametre, nastale na prirodnim slivovima u Italiji. Temes, jednačina koristi samo dva geomorfološka parametra, nastala na prirodnim slivovima u Španiji. Williams, jednačina nastala na prirodnim slivovima u Indiji. Pickering, jednačina nastala na osnovu Kirpich-ove jednačine, koristi dva geomorfološka parametra. Johnstone and Cross jednačina nastala na osnovu podataka sa 19 prirodnih slivova u Americi.

Najzastupljeniji parametri korišteni u metodama su: dužina glavnog toka, nagib glavnog toka i površina sliva. Vrijednosti geomorfoloških parametara koji su definisani u samom opisu uz jednačinu dati su u tabeli 1.

Ovdje je potrebno napomenuti da prilikom definisanja granice sliva i analize DMT-a u softveru ArcGIS postoji razlika u odnosu na uobičajeno definisanje karakteristika sliva u hidrološkoj praksi. Kada se radi analiza nagiba sliva u softveru, pod samim nagibom podrazumjeva se definisanje i analiza samih ćelija unutar DMT-a. Ovo se odnosi na formiranje pojedinačnih vektora nagiba i njegovom osrednjavanju kako bi se za svaku visinsku predstavu terena dobio nagib terena. Zaključuje se da ovakvom analizom sliv ima veći nagib u odnosu na nagib glavnog toka što predstavlja ukupni nagib terena na osnovu DMT-a. Vrijednost dobijena preko ovakve analize nagiba je uslovljena tačnošću samog DMT-a. U uobičajenoj hidrološkoj praksi pod nagibom sliva podrazumjeva se nagib glavnog toka (od izvora do ušća), međutim najduži put tečenja na slivu kao i njegov nagib je takođe još jedan parametar koji ima drugačije tumačenje. U ovom

slučaju radi se o veličini koja se sastoji od dvije komponente, od tečenja po samoj padini do vodotoka kao i tečenja u samom vodotoku. U uvodnom dijelu je napomenuto da se vrijeme koncentracije sastoji od vremena tečenja po padinama kao i vremena tečenja u glavnom vodotoku, pa se ne može zanemariti prema literaturi [2] kada su u pitanju mali slivovi.

2.3 Način poređenja metoda

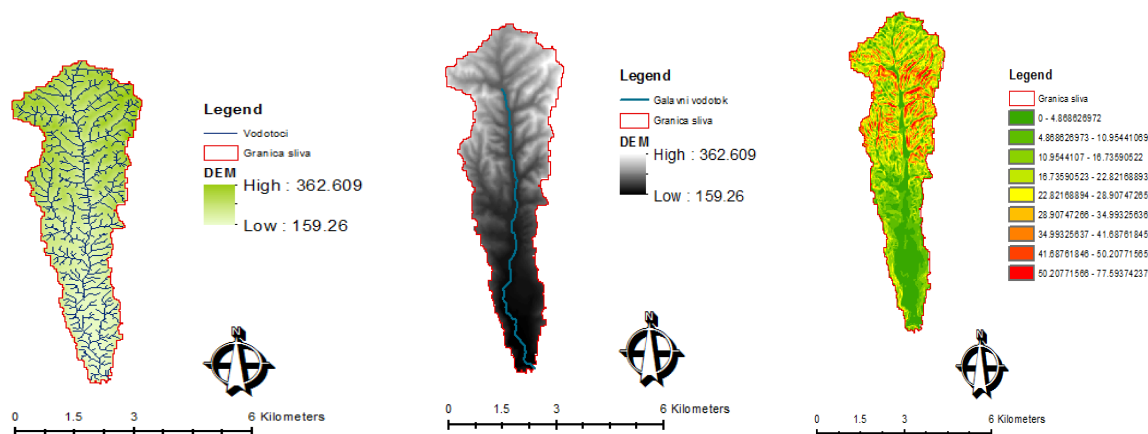
Na osnovu NRCS metode određeno je vrijeme koncentracije sliva i poređeno je sa vrijednostima koje se dobijaju na osnovu empirijskih jednačina.

Vrijeme koncentracije je važno za proračun maksimalnog proticaja. Maksimalni proticaj određenog povratnog perioda predstavlja osnovni ulazni podatak za projektovanje podužnih i poprečnih građevina na vodotocima od interesa. Neizučena područja su relativno mala tako da mjerodavne kiše koje izazivaju pojavu maksimalnih protoka su reda veličine od nekoliko časova, a svakako manja od 24 časa [13]. Međutim, mjerodavnih meteoroloških stanica za razmatrano slivno područje nema, tako da se koriste podaci sa

obližnje meteorološke stanice. Podaci su korišteni za MS Banja Luka i to u vidu dostupnih HTP krivih. Korištene su kiše koje su ravnomjerno raspoređene po površini sliva, konstantnog intenziteta, čije vrijeme trajanja jednako vremenu koncentracije sliva.

Za svaku empirijsku jednačinu određeno je vrijeme koncentracije sliva, gdje je pomoću HTP krivih određena visina kiše na osnovu čega su određeni hidrografi oticaja.

Poređene su vrijednosti mjerodavnih proticaja za stogodišnju veliku vodu, takođe poređene su i vrijednosti zapremine oticaja i koeficijenti oticaja. Oblik hidrograma oticaja je bitan element u određivanju dimenzija retencionih prostora za ublažavanje poplavnih talasa na slivovima od interesa. Oblik izlaznog hidrograma određen je pomoću NRCS-ovog bezdimenzionalnog hidrograma oticaja [3]. Na osnovu vrijednosti vremena koncentracije koje su određene primjenom metoda iz tabele 2, sračunate su vrijednosti vršnog proticaja koje predstavljaju proticaj stogodišnjeg povratnog perioda.



Slika 2 - Hidrografska mreža, visinska predstava terena i nagib sliva rijeke Jablanica

Tabela 2. Tabelarni prikaz empirijskih jednačina za proračun vremena koncentracije sliva (T_c [h])

Naziv jednačine	Jednačina	Opis primjene formule
NRCS metoda [1], [3]	$T_c = 0.0136 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} (1000/CN - 9)^{0.7}$	Za male ruralne slivove; L-najduži put tečenja na slivu [m], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%], CN-broj krive [-]
Bransby Williams (1995) [7]	$T_c = 0.605L(100S)^{-0.2}A^{-0.1}$	Bazirana na prirodnim slivovima; L-dužina glavnog vodotoka [km], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%], A-površina sliva [km ²]
California Culverts Practice (1960) [7]	$T_c = 0.95L^{1.155}H^{-0.385}$	Formula za male planinske slivove u USA; L-dužina glavnog vodotoka [km], H-srednja visina sliva [m],

Naziv jednačine	Jednačina	Opis primjene formule
Corps of Engineers (1977) [12]	$T_c=0.191L^{0.76}S^{-0.19}$	Formula za prirodne slivove u USA ($A \leq 12\,000\text{km}^2$); L-dužina glavnog vodotoka [km], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%],
Passini (1914) [8]	$T_c=0.108A^{0.332}L^{0.332}S^{-0.5}$	Za prirodne slivove u Italiji; L-dužina glavnog vodotoka [km], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%], A-površina sliva [km^2]
Williams (1922) [8],[12]	$T_c=0.272A^{0.4}LD^{-1}S^{-0.2}$	Za slivove u Indiji ($A \leq 129.5\text{km}^2$); L-najduži put tečenja na slivu [km], S-nagib sliva [%], A-površina sliva [km^2], D-ekvivalentni prečnik sliva [km]
Picking (2005) [8]	$T_c=0.0883L^{0.667}S^{-0.332}$	Za prirodne slivove; L-dužina glavnog vodotoka [km], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%],
Pickering (2007) [7]	$T_c=0.9482L^{1.155}H^{-0.385}$	Bazira se na formuli Kirpich-a; L-dužina glavnog vodotoka [km], H-srednja visina sliva [m]
Johnstone and Cross (1949) [11]	$T_c=0.4623L^{0.5}S^{-0.25}$	Prirodni slivovi u USA ($64.8-4206.1\text{km}^2$); L-dužina glavnog vodotoka [km], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%],
Temes (1987) [12]	$T_c=0.3L^{0.76}S^{-0.19}$	Za prirodne slivove u Španiji; L-dužina glavnog vodotoka [km], S-nagib sliva (glavnog vodotoka) [%],
Ventura (2007) [11], [12]	$T_c=4A^{0.5}L^{0.5}H^{-0.5}$	Za prirodne slivove u Italiji; L-dužina glavnog vodotoka [km], H-srednja visina sliva [m], A-površina sliva [km^2]

3. PRIKAZ REZULTATA

Vrijednosti vremena koncentracije dobijena na osnovu navedenih empirijskih jednačina prikazani su u tabeli 3.

Rezultati u tabeli 3, pokazuju da vreme koncentracije značajno varira u zavisnosti od odabrane jednačine. Vrijednosti se kreću u granicama od 1.4 sata (California Culverts Practice, 1960) do 5.4 sata (Passini, 1914).

Jednačina Corps of Engineers (1977) daje približno isto vrijeme koncentracije kao i referentna NRCS metoda, i ono iznosi 2.5 sata. Na slici 3 je prikazan odnos vrijednosti vremena koncentracije za različite jednačine.

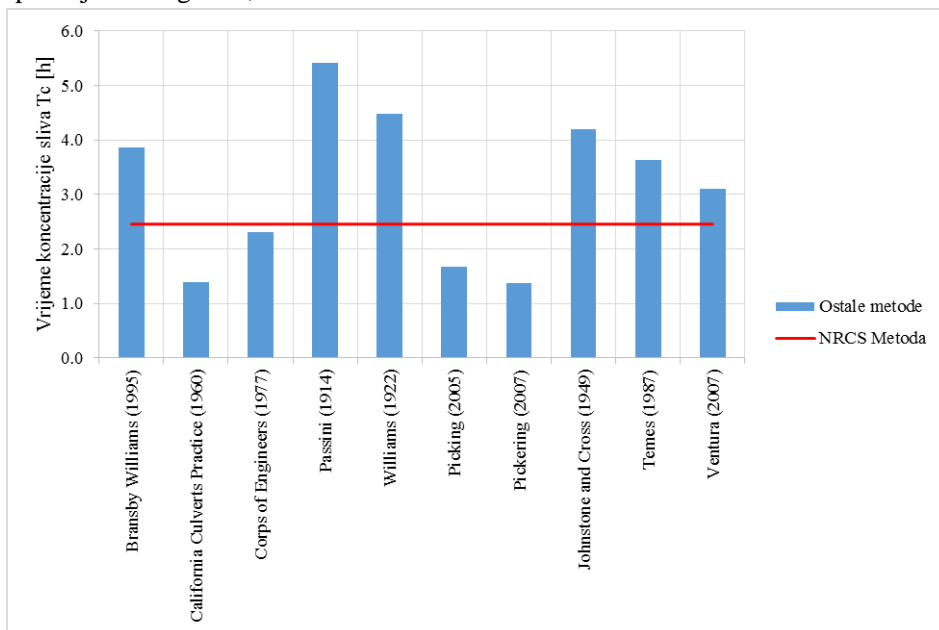
Na slici 4, su prikazani hidrogrami određeni na osnovu vrijednosti vremena koncentracije sliva, prema svim jednačinama iz table 2.

Tabela 3. Vrijednost vremena koncentracije na osnovu prikazanih jednačina

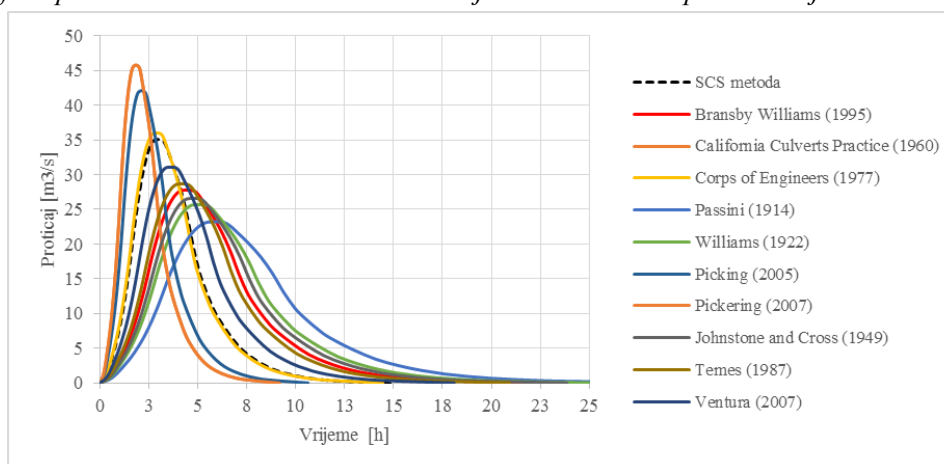
Naziv jednačine	Vrijednost-Tc [h]
NRCS metoda	2.46
Bransby Williams (1995)	3.87
California Culverts Practice (1960)	1.39
Corpus of Engineers (1977)	2.32
Passini (1914)	5.41
Williams (1922)	4.48
Picking (2005)	1.67
Pickering (2007)	1.38
Johnstone and Cross (1949)	4.20
Temes (1987)	3.64
Ventura (2007)	3.11

Karakteristične veličine dobijenih hidrograma (vrjednosti vršnog proticaja, zapremine oticaja, vremena podizanja i opadanja hidrograma, vremenska baza

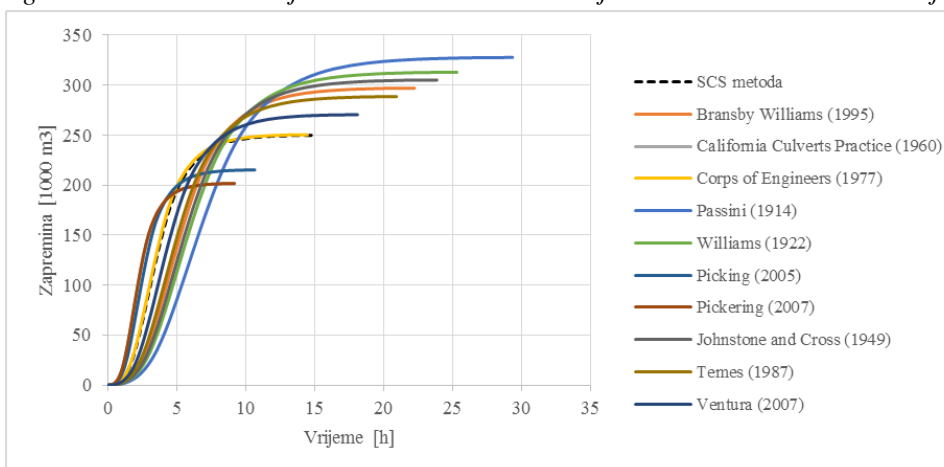
hidrograma i vrijednost koeficijenta oticaja) date su u tabeli 4. Prikaz sumarnih krivih zapremine oticaja prikazane su na slici 5.



Slika 3 - Grafički prikaz rezultata vremena koncentracije sliva na osnovu prikazanih jednačin



Slika 4 - Hidrogrami velikih voda dobijeni na osnovu različitih vrijednosti vremena koncentracije sliva



Slika 5 - Prikaz sumarnih krivih zapremine oticaja

Tabela 4. Tabelarni prikaz vršnog proticaja, vremena porasta i opadanja hidrograma, baze hidrograma, zapremine i koeficijenta oticaja

Naziv jednačine	Proticaj $Q_{1/100}$ [m ³ /s]	Vrijeme porasta hidrograma T_p [h]	Vrijeme opadanja hidrograma T_r [h]	Vremenska baza hidrograma T_b [h]	Zapremina oticaja V_d [1000 m ³]	Koeficijent oticaja η [-]
NRCS metoda	35.02	2.97	11.89	14.87	250.39	0.31
Bransby Williams (1995)	27.79	4.45	17.78	22.23	297.05	0.34
California Culverts Practice (1960)	45.79	1.83	7.33	9.16	201.69	0.28
Corps of Engineers (1977)	36.02	2.89	11.56	14.45	250.39	0.31
Passini (1914)	23.22	5.87	23.48	29.35	327.76	0.36
Williams (1922)	25.71	5.06	20.25	25.32	312.98	0.35
Picking (2005)	42.12	2.13	8.50	10.63	215.25	0.29
Pickering (2007)	45.82	1.83	7.32	9.15	201.69	0.28
Johnstone and Cross (1949)	26.60	4.77	19.09	23.86	288.59	0.34
Temes (1987)	28.68	4.18	16.74	20.92	288.59	0.33
Ventura (2007)	31.09	3.62	14.47	18.09	270.46	0.33

4. DISKUSIJA REZULTATA

Na osnovu rezultata možemo da primjetimo da vrijeme koncentracije varira u širokom opsegu u zavisnosti od primijenjenih jednačina. Vrijednosti prikazane u tabeli 3 se značajno razlikuju, što se donekle i očekivalo upravo zbog različitih uslova za koje su formirane predmetne jednačine, kao i zbog različitih geomorfoloških karakteristika koji se koriste u jednačinama.

Prema preporukama iz literature [1], [2], [7], u našem regionu se najčešće primjenjuju jednačine Bransby Williams (1995), Passini (1914) i Pickering (2007). Ako izdvojimo ove tri navedene jednačine, vidimo da i ove vrijednosti nisu u uskim granicama tako da inženjer iz prakse se nalazi u problemu koju vrijednost izabrati.

Vrijemena koncentracije dobijena na osnovu svih navedenih metoda, poređena su sa rezultatima dobijenim na osnovu NRCS metode. Najveće odstupanje u odnosu na vrijednost dobijene preko NRCS metode jeste vrijednost dobijena jednačinom Passini-ja (1914). Interesantno je da vrijednost koja najmanje odstupa od referentne metode dobijena preko jednačine Corps of Engineers (1977). Vrijednosti se razlikuju za cca 5% od NRCS metode.

Geomorfološki parametri koji se koriste u jednačinama, a koji utiču na oblik hidrograma su površina sliva, dužina glavnog toka i nagib glavnog toka. Uticaj slivne površine ogleda se u produženju vremenske baze hidrograma oticaja [10]. Prema ovom imamo da je uticaj površine sliva dominantan u jednačinama Bransby Williams (1995), Passini (1914), Williams (1922), Johnstone and Cross (1949), Temes (1987) i Ventura (2007). Uticaj slivne površine je uslovio da

dođe do povećanja baze hidrograma oticaja. Vrijednost za navedene jednačine su u rasponu vrijednosti od 18 do 30 časova.

Dužina glavnog toka, utiče na način da vrijeme potrebno da voda pređe određen put na slivnoj površini direktno proporcionalan dužini toga puta [10]. Što je duži put tečenja po slivu to je i vrijeme veće, odnosno potrebno je više vremena djeliću vode da dospje do izlaznog profila sliva.

Nagib glavnog toka ima veliki uticaj na formiranje hidrograma oticaja sa sliva. Pored toga on je i bitan parametar i kod određivanja vremena koncentracije sliva. U jednačinama Corps of Engineers (1977) i Picking (2005) nagib glavnog toka ima dominantan uticaj. Prema tome vidimo da u ovom slučaju imamo manje vrijeme porasta hidrograma. U skladu s tim, sa porastom nagiba toka, nagib recesione grane hidrograma će rasti, a vremenska baza hidrograma opadati [10].

U jednačinama California Culverts Practice (1960), Pickering (2007) parametri koji figurišu u jednačinama su dužina glavnog toka i srednja nadmorska visina sliva. Imaju isti oblik hidrograma, tako da je na slici 4 prikazan istom bojom. Iz samog oblika jednačina nije moguće doći do zaključka koji od ova dva geomorfološka parametra ima veći uticaj na oblik hidrograma oticaja.

Sa većom vremenskom bazom hidrograma oticaja imamo kao što je to dobijeno sa jednačinom Passini (1914), manji vršni proticaj a pri tome imamo veću zapreminu hidrograma oticaja. Za veće vrijednosti vršnog proticaja imamo manju zapreminu hidrograma oticaja, što je izraženo pomoću jednačina California Culverts Practice (1960) i Pickering (2007).

Jednačine koje daju veće vrijednosti vremena koncentracije rezultuju i manjim vršnim proticajima, i obratno. Prema ovom možemo da vidimo da za precizno određivanje vršnog proticaja zavisi precizno procjenjeno vrijeme koncentracije sliva.

Interesantno je u tabeli 4, vidjeti da se koeficijenti oticaja nalazi u rasponu bliskih vrijednosti. Za manje vrijednosti vršnog proticaja imamo veće vrijednosti koeficijenta oticaja, kao što je to za slučaj jednačine Passini (1914). Za veće vrijednosti vršnog proticaja imamo manju vrijednost koeficijenta oticaja, prema jednačini Pickering (2007).

Odstupanje maksimalne vrijednosti koeficijenta oticaja od referentne vrijednosti, kreće se od oko 15%, dok za odstupanje minimalne i referentne vrijednosti, iznosi oko 9%.

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazano deset jednačina za ocjenu vremena koncentracije, i referentna NRCS metoda, sa kojom su poređeni rezultati ostalih jednačina. Na osnovu dobijenih rezultata vremena koncentracije sliva određeni su hidrogrami i sumarne linije oticaja, koje su takođe poređeni sa hidrogramom i sumarnom linijom oticaja dobijenim preko NRCS metode.

Prema prikazanim rezultatima, vrijeme koncentracije varira u širokim granicama, a jednačina Corps of Engineers (1977), ima najbolje slaganje sa referentnom metodom. Na osnovu iste jednačine dobijamo istu vrijednost vršnog proticaja kao i oblik hidrograma oticaja.

Veliki uticaj vremena koncentracije na mjerodavne proticaje može se vidjeti i na slici 4, gdje za manju vrijednost vremena koncentracije imamo veću vrijednost vršnog proticaja. Prema ovom većem vršnom proticaju odgovara manja zapremina oticaja, kao što se može zaključiti i na osnovu slike 5.

Predviđanje hidrograma poplavnog talasa na hidrološki neizučeni slivovima je jedan od zahtevnijih zadataka u hidrologiji zbog velikih grešaka u procjeni vremena koncentracije sliva [12]. Na osnovu poređenja hidrograma oticaja, u zavisnosti od jednačine, geomorfološki parametri površina sliva i nagib glavnog toga, imaju uticaj na formiranje oblika hidrograma oticaja. Prema tome ovi parametri trebaju da budu što preciznije određeni kako bi odgovarali stvarnom stanju po pitanju formiranja oticaja sa sliva.

Preporuka za naredna istaživanja bila bi da se ovakva razmatranja primjene na hidrološki izučeni sliv. Sa mogućnostima verifikovanja rezultata moglo bi se provjeriti koja jednačina je pouzdana za ocjenu vremena koncentracije sliva u širem regionu.

LITERATURA

- [1] Petrović J, *Uvod u hidrologiju – skripta*, Građevinski fakultet Beograd, 2001.
- [2] Prohaska S, *Hidrologija I deo*, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, 2003.
- [3] *Natural Resources Conservation Service, National Engineering Handbook*, Chapter 15 Time of Concentration, United States Department of Agriculture, 2010.
- [4] Ristić R, Vreme koncentracije na bujičnim slivovima u Srbiji, broj 93, str 7-21, *Glasnik Šumarskog fakulteta*, Beograd, 2006.
- [5] Bajat i Blagojević, *Principi geografskih informacionih sistema*, Građevinski fakultet Beograd, 2006.
- [6] Merwade V, *HMS Model Development using HEC-GeoHMS*. Indianapolis: School of Civil Engineering, 2010.
- [7] David R, Maidment, *Handbook of Hydrology*, University of Texas at Austin, 1993.
- [8] Chow V. T, Maidment, D. R, Mays, L. W, *Applied hydrology*, New York, McGraw-Hill, 570 p, 1988
- [9] Hydrology report from the Sava river basin analysis, international Sava river basin commission, 2009.
- [10] Husno H, *Inženjerska hidrologija*, Građevinski fakultet Sarajevo, 2007
- [11] Ray K. L, Max A. K, Joseph L. H. R., *Hydrology for engineers*, New York 1958.
- [12] Perdikaris J, Gharabaghi B, Rudra R, Reference Time of Concentration Estimation for Ungauged Catchments, 48-73p, *Earth Science Research*; Vol 7, No.2; 2018.
- [13] Ilić A, Plavšić J, Blagojević B, Mjerodavno trajanje kiše za proračun velikih voda na hidrološki neizučeni slivovima. *16 Savetovanje SDHI i SDH – Donji Milanovac*, Srbija 2012.

SUMMARY

OVERVIEW EMPIRICAL METHODS FOR DETERMINING THE TIME CONCENTRATION BASIN

The time of the concentration of the basin is a more important parameter for forecasting the response of a river basin to a given amount of precipitation, and therefore it is important in the development of hydrological models. The values of the concentration time are determined based on the empirical equations of different authors. The paper presents various empirical methods used on a hydrologically non - isolated basin.

On the basis of the calculated values of the time concentration of the basin, hydrographs of large waters of the centennial return period were determined. In this way, estimates of uncertainty in determining the peak flow and volume of the hydrograms of the outflow from the basin due to the budget of the river basin concentration were estimated.

Key words: *Time of basin concentration, hydrologically ungauged basin, empirical methods, NRCS method, hydrograph*