

STATISTIČKA ZNAČAJNOST MESEČNIH I MAKSIMALNIH DVOMESEČNIH, TROMESEČNIH I ŠESTOMESEČNIH SUMA PADAVINA IZ PERIODA APRIL-SEPTEMBAR 2014. GODINE

Prof. dr Stevan PROHASKA¹

Dragan ĐUKIĆ, dipl. met.²

Vladislava BARTOŠ DIVAC, dipl. građ. inž.¹

Nedeljko TODORVIĆ, dipl. met.²

Nikola BOŽOVIĆ, dipl. fiz.¹

Oliver ANĐELKOVIĆ, dipl. inž. geol.¹

¹Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

²Republički hidrometeorološki Zavod Srbije, Beograd

REZIME

Ovaj rad predstavlja nastavak istraživanja karakteristika jakih i dugotrajnih kiša koje su se pojavile tokom perioda april-septembar 2014. godine na teritoriji Republike Srbije. Predmet istraživanja je analiza prostornog rasprostiranja i statističke značajnosti mesečnih i maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina. U radu su prikazani sinoptička situacija i razvoj vremena u Srbiji i na Balkanu koji su izazvali pojavu ekstremnih padavina i poplava na teritoriji Srbije. Za sve mesece unutar razmatranog perioda dat je, na bazi podataka sa oficijelnih kišomernih stanica, prostorni prikaz rasporeda ostvarenih suma mesečnih padavina u 2014. godini. Statistička značajnost suma padavina data je na glavnim meteorološkim stanicama (GMS) Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Posebna pažnja posvećena je identifikaciji i kvantifikaciji statističkih izuzetaka u razmatranim serijama mesečnih i maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina. Za ocenu statističke značajnosti razmatranih suma padavina korišćena je klasična procedura prilagođavanja teorijskih funkcija raspodele verovatnoće realizovanim serijama podataka. Kvantitativni pokazatelji statističke značajnosti ostvarenih suma padavina u 2014. godini iskazani su preko povratnih perioda.

Ključne reči: mesečne, dvomesečne, tromesečne i šestomesečne sume padavina, statistička značajnost, statistički izuzeci, sinoptička situacija, razvoj vremena, povratni period.

UVOD

Period april-septembar 2014. godine na teritoriji Srbije karakteriše česta pojava dugotrajnih i obimnih padavina koje su prouzrokovale učestalu pojavu visokih vodostaja i poplavnih talasa na većini naših reka. Talasi koji su se pojavili u maju i septembru mesecu bili su katastrofalni, sa gubicima ljudskih života i značajnim štetama. Karakteristično je da su ti katastrofalni talasi posledica, uglavnom, kišnih epizoda trajanja od sedam do deset dana, sa ekstremnim količinama padavina, o čemu je bilo reči u drugom radu istih autora, u ovom broju časopisa Vodoprivreda. Drugi važan faktor koji je uticao na pojavu poplava su dugotrajne kiše koje su na teritoriji Republike Srbije skoro konstantno padale, sa manjim ili većim prekidima, u celom razmatranom prolećno-letnjem periodu 2014. godine. Na taj način permanentno je održavana visoka vlažnost u zemljištu, što je uticalo na smanjenje gubitaka vode na isparavanje i poniranje, pa je, uglavnom, sva kiša koja je pala i otekla površinskim putem direktno u rečne tokove.

U ovom radu je, na bazi mesečnih suma padavina sa svih glavnih meteoroloških (GMS) i padavinskih stanica Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, prikazan prostorni raspored padavina u vidu izohijeta, za svaki mesec pojedinačno.

Ocena statističke značajnosti ostvarenih mesečnih i maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina izvršena je samo na GMS, prilagođavanjem Pearson III i Log Pearson III

zakona raspodele odgovarajućim serijama suma padavina iz perioda 1946-2014. godina, vodeći računa o statističkim izuzecima. Za ocenu statističkih izuzetaka u razmatranim vremenskim serijama korišćeni su test Grubsa i Beka.

SINOPTIČKA SITUACIJA I RAZVOJ VREMENA U SRBIJI I NA BALKANU

Posle relativno toplog zimskog perioda sa malom količinom padavina, u martu se pojačao uticaj ciklonske cirkulacije tako da je količina padavina bila oko višegodišnjeg proseka.

Zatim je, u periodu od aprila do septembra, iznad područja Srbije i Balkana dominirala ciklonska cirkulacija koja je uslovljavala česta naoblachenja s velikom količinom padavina, lokalno sa rekordnim vrednostima. Uticaj anticiklona sa stabilnim i suvim vremenom retko se javljao i trajao je svega nekoliko dana.

Najkišovitiji su bili periodi od 14. do 24. aprila, od 12. do 17. maja, od 12. do 20. i od 24. do 26. juna, od 09. do 19. i od 26. do 31. jula, od 01. do 07, od 14. do 15. i od 23. do 24. avgusta i veći deo septembra. Suvi su bili periodi od 01. do 04. i od 25. do 28. aprila, od 06. do 11. i od 18. do 25. maja, od 04. do 11. juna, od 04. do 08. jula, od 07. do 13. avgusta i od 28. do 30. septembra.

U sklopu polarnog vorteksa, centri ciklonske cirkulacije od značaja za Evropu najčešće su se javljali iznad severnog Atlantika uključujući region Britanskih ostrva, Severnog mora i Skandinavije. Cikloni su se iz tog regiona, najčešće u preovlađujućem zonalnom strujanju, premeštali preko zapadne i srednje Evrope dalje ka istoku. To je i dominantni tip cirkulacije za Evropu, pogotovo za topli deo godine. U periodu od aprila do septembra 2014. godine putanje ciklona bile su u nekim periodima i južnije. U tim periodima, najčešće u sklopu ciklonske cirkulacije sa Atlantika i Skandinavije, dolazilo je do produbljivanja doline iznad zapadne i srednje Evrope, prodora velike količine hladnog vazduha, a kasnije i do odsecanja ciklona iznad južnih delova kontinenta i zadržavanja zatvorene ciklonske cirkulacije. U većini slučajeva, naročito u periodima sa veoma velikom količinom padavina iznad Srbije i Balkana, opisani razvoj sinoptičke situacije odvijao se uglavnom preko zapadne Evrope, prodori hladnog vazduha bili su sa severozapada kontinenta. Formiran ciklon iz oblasti Alpa, zapadnog

Sredozemlja, severnog Jadrana i zapadnog Balkana se zatim premeštao preko Balkana, a potom se duže zadržavao na jugoistoku kontinenta. Ovakav razvoj sinoptičke situacije bio je karakterističan za maj, jul i avgust. U manjem broju slučajeva, prodori hladnog vazduha bili su sa severa, preko Skandinavije i srednje Evrope, što je takođe za posledicu imalo stvaranje ciklonske cirkulacije u istim oblastima i na području Srbije uslovljavalo veliku količinu padavina. Ovakav razvoj bio je karakterističan za april, jun i drugu polovinu septembra.

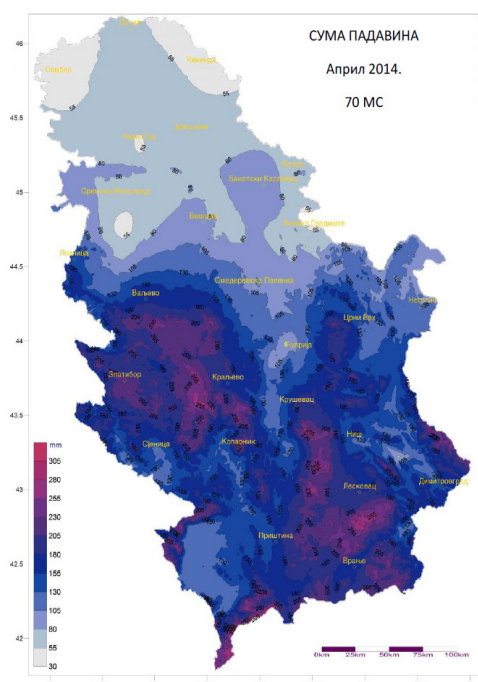
Dakle, u periodima sa najvećom količinom padavina u Srbiji, iznad juga evropskog kontinenta stvarala se zatvorena ciklonska cirkulacija koja se sporo premeštala ili duže zadržavala iznad Balkana. U sklopu tih ciklona preko Srbije su se premeštali hladni frontovi. U Beogradu ih je zabeleženo po 6 u aprilu i maju, po 9 u junu, julu i septembru i u avgustu 7, što je natprosečan broj slučajeva. U aprilu i maju najveća količina padavina bila je iz slojaste oblačnosti, a u ostalim mesecima iz konvektivne. Najzanimljiviji je podatak da su sredinom maja, u regionu gde je dvodnevna kiša izazvala poplave na velikom prostranstvu, padavine bile iz slojaste oblačnosti. Bilo je i poplava lokalnog karaktera izazvanih veoma jakim pljuskovima iz konvektivne oblačnosti. Krajem jula zabeležen je i ekstremno veliki broj munja. I pored natprosečnog broja dana sa oblačnošću i padavinama, srednja temperatura u periodu od aprila do septembra kretala se oko prosečnih vrednosti.

PROSTORNI RASPORED MESEČNIH SUMA PADAVINA U SRBIJI

Prostorni raspored ostvarenih mesečnih suma padavina na teritoriji Srbije izvršen je na bazi podataka o mesečnim sumama padavina registrovanim na GMS i na 450 padavinskih stanica RHMZ Srbije. Prostorni položaj GMS prikazan je na slikama 1-6, na kojima su prikazane karte izohijeta mesečnih suma padavina. Na kartama se jasno uočavaju oblasti sa najvećim mesečnim sumama padavina na teritoriji Republike Srbije u 2014. godini.

Karta izohijeta mesečnih suma padavina za april 2014. godine prikazana je na slici 1. Kao što se vidi, kiša je zahvatila čitav prostor Republike Srbije. Više od polovine teritorije Srbije bilo je zahvaćeno kišom čija je ukupna količina bila veća od 150 mm. Preostala teritorija, osim Vojvodine, zahvaćena je nešto slabijom kišom, čija je ukupna količina bila veća od 100 mm, što je više od višegodišnjeg proseka za april na bilo

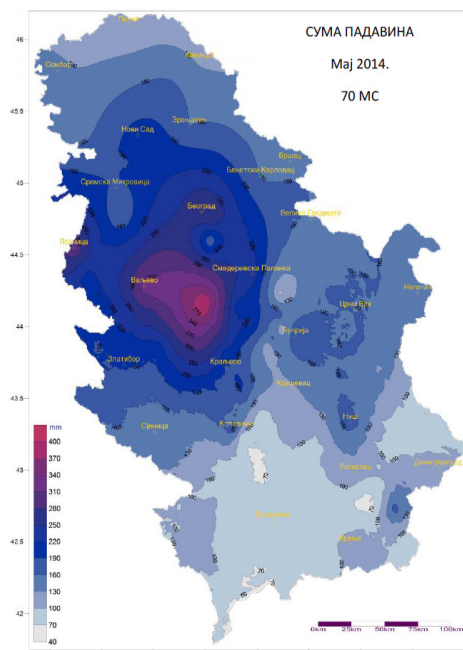
kojoj od GMS. Najveće zabeležene padavine u aprilu bile su u planinskim regionima Srbije, a GMS na kojima je registrovano najviše padavina su: Zlatibor (201,8 mm), Kruševac (177,1 mm), Kraljevo (173,5 mm), Vranje (170,0 mm), Valjevo (167,8 mm), Požega (165,7 mm) itd.



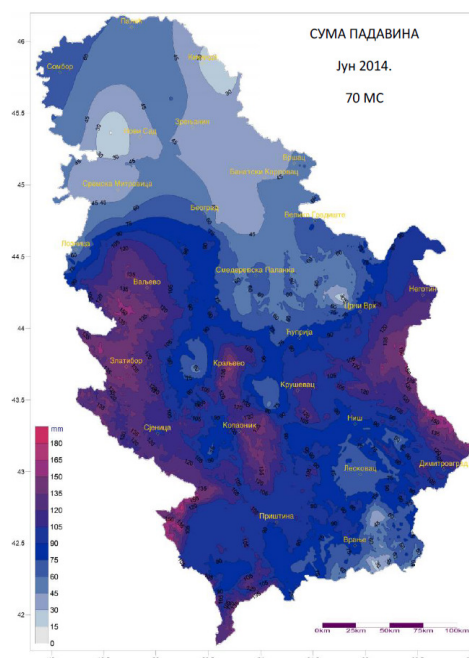
Slika 1. Mesečne sume padavina u aprilu 2014.

Na slici 2 prikazana je karta izohijeta mesečnih suma padavina za maj 2014. godine. Može se konstatovati da su na prostoru Republike Srbije u maju najintenzivnije kiše zahvatile slivove Kolubare, neposredan sliv donje Drine, zatim leve pritoke Velike Morave i područje Srema i okoline Beograda. Najveće registrovane sume padavina u periodu pojave ove kiše zabeležene su na GMS Valjevo (285,5 mm), Loznica (271,3 mm), Beograd (248,5 mm), Kragujevac (231,6 mm), Smederevska Palanka (199,6 mm) itd. Položaj izohijeta ukazuje na to da su najveće količine padavina izlučene u trouglu Valjevo, Smederevska Palanka i Kraljevo.

Prostorni položaj izohijeta mesečnih suma padavina iz juna 2014. godine, prikazan na slici 3, ukazuje na to da su padavine veće od 100 mm zahvatile uglavnom sve planinske regione na teritoriji Republike Srbije. Podaci merenja na GMS pokazuju da su najveće sume padavina zabeležene u Kraljevu (152,2 mm), Zaječaru (146,4 mm), na Zlatiboru (129,5 mm), u Valjevu (116,4 mm), Požegi (114,3 mm) itd.



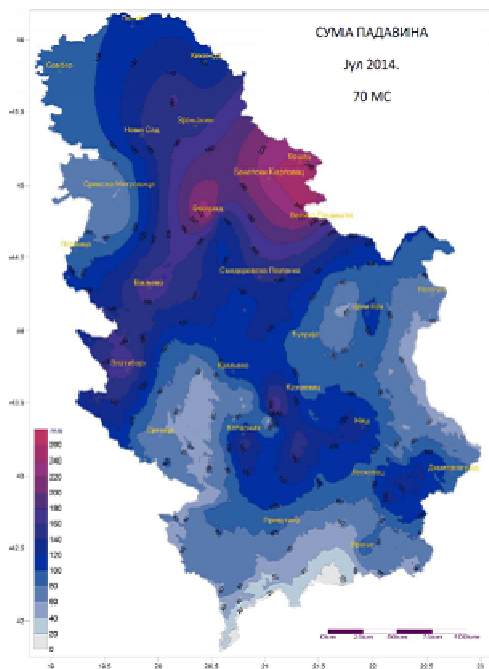
Slika 2. Mesečne sume padavina u maju 2014.



Slika 3. Mesečne sume padavina u junu 2014.

Karta izohijeta ukupnih suma padavina za mesec jul 2014. godine, data na slici 4, ukazuje na to da su najveće padavine zahvatile slivove: Kolubare, levih pritoka Velike Morave i Tise i teritoriju neposrednog sliva Dunava od Novog Sada do Kladova. Centri

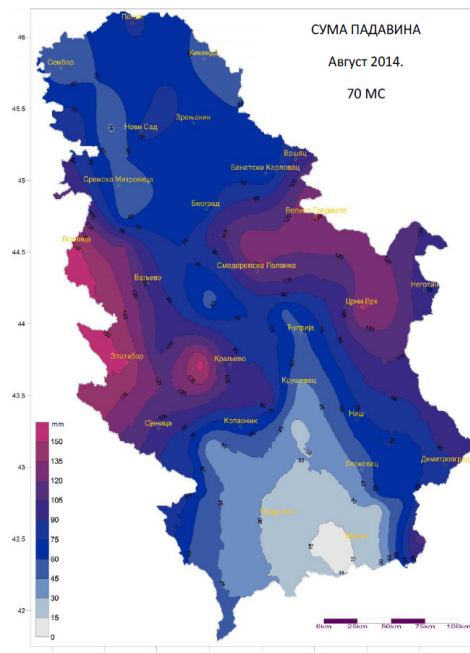
najvećih padavina bili su u južnom Banatu i u okolini Beograda. Najveće registrovane sume padavina u julu zabeležene su na GMS: Beograd (244,5 mm), Valjevo (183,9 mm), Veliko Gradište (167,2 mm), Crni Vrh (166,0 mm), Smederevska Palanka (164,1 mm) i Banatska Palanka (153,8 mm).



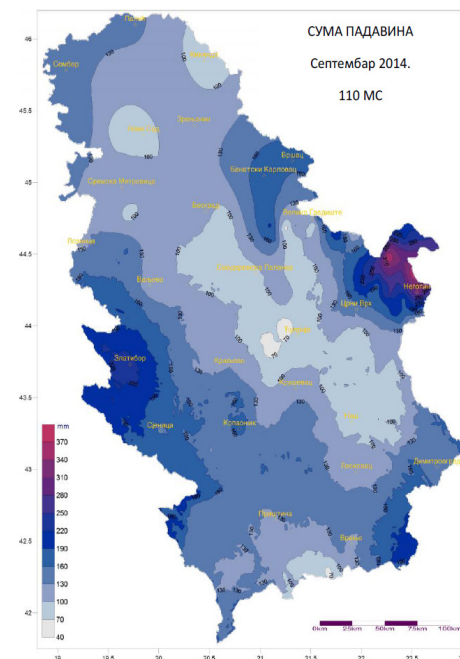
Slika 4. Mesečne sume padavina u julu 2014.

Značajne padavine u avgustu 2014. godine zahvatile su znatno manji prostor i bile su manjeg obima, što se može videti na karti izohijeta na slici 5. Centri kiše bili su u neposrednom slivu Drine od Jadra do Zaltibora, zatim u okolini Kraljeva i u donjim delovima slivova Mlave, Peka i Porečke reke. Najviše padavina zabeleženo je na GMS Loznica (114,9 mm), iako se na karti uočavaju i područja sa značajnijim padavinama zabeleženim na običnim kišomerima.

Karta izohijeta mesečnih suma padavina za septembar 2014. godine prikazana je na slici 6. Sa gledišta zahvaćenog prostora, padavine u septembru bile su skromnih razmera, pojavila su se samo tri centra kiše: u Negotinskoj niziji, na Zlatiboru i u južnom Banatu. Najintenzivnije kiše bile su na području Negotinske nizije, sa sumom padavina od 200 mm pa do preko 300 mm, dok su na Zlatiboru padavine bile reda veličine od 150 do 250 mm, a u južnom Banatu oko 150 mm. Najveće sume padavina zabeležene su na GMS: Negotin (250,7 mm), Požega (174,8 mm), Kuršumlija (1431 mm) i Sjenica (140,0 mm).



Slika 5. Mesečne sume padavina u avgustu 2014.



Slika 6. Mesečne sume padavina u septembru 2014.

Karta izohijeta ukupnih suma padavina za kišnu epizodu iz septembra 2014. godine prikazana je na slici 6. Sa gledišta zahvaćenog prostora, ova kišna epizoda bila je skromnih razmera, a pojavila su se samo tri centra kiše. Najintenzivnije kiše bile su na

području Negotinske nizije od 100 mm do 200 mm, dok je u ostala dva centra kiše suma padavina bila reda veličine oko 100 mm. Najveće sume padavina zabeležene su na GMS Negotin (157,7 mm), Palić (85,6 mm) i Banatski Karlovac (79,4 mm).

OCENA STATISTIČKE ZNAČAJNOSTI REGISTROVANIH SUMA PADAVINA

Uporedo sa analizom statističke značajnosti sume mesečnih padavina za period april-septembar 2014. godine rađena je i analiza statističke značajnosti maskimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina, na bazi serija mesečnih suma padavina na GMS iz perioda 1946-2014. godina. Preliminarnom analizom suma mesečnih padavina iz 2014. godine uočeno je da na velikom broju GMS one prevazilaze dosadašnje ekstreme iz perioda 1946-2013. godina. Zbog toga je prvo urađena statistička provera da li se ti registrovani ekstremi u 2014. godini mogu svrstati u kategoriju statističkih izuzetaka. Pri tome je korišćen statistički test Grubsa i Beka (Bobee i Ashkar, 1991). Rezultati te analize prikazani su u tabeli 1. Simboli u tabeli 1 označavaju sledeće:

- Θ - odnos mesečne sume padavina u 2014. godini i dosadašnje maksimalne sume padavina na istoj GMS
- \bar{P} - prosečna višegodišnja vrednost mesečne sume padavina na istoj GMS
- σ - standardna devijacije serije mesečnih suma padavina na GMS
- K_G - faktor frekvence stističkog izuzetka
- P_G - gornja granica statističkog izuzetka

Konstatuje se da je 17 mesečnih suma padavina iz perioda april-septembar 2014. godine na 16 GMS statistički značajan izuzetak. Do 2014. godine mesečne sume padavina u periodu april-septembar samo su dva puta bile statistički značajani izuzeci i to u aprilu 2001. godine na GMS Leskovac i u julu 1999. godine na GMS Beograd, kada je izuzetak bio za 7% veći od korespondentnog izuzetka iz 2014. godine. Ostvareni statistički izuzeci u 2014. godini su u proseku preko 30% veći od do sada registrovanih maksimalnih mesečnih suma padavina, a najveće povećanje zabeleženo je na GMS Beograd u maju i na GMS Negotin u septembru.

Tabela 1. Statistički izuzeci mesečnih suma padavina u periodu 1946-2014. godina

Mesec	GMS	Dosadašnji maksimum		2014. P mm	Θ	\bar{P} mm	σ	K_G	P_G mm	Izuzeci	
		P mm	T Godina							Prvi	Drugi
April	Dimitrovgrad	106,4	1962	142,5	1,34	53,2	26,0	2,9839	133,9	2014	
	Kragujevac	141,4	2001	173,5	1,23	62,3	31,1	2,9839	158,9	2014	
	Kruševac	132,6	2001	177,1	1,34	57,3	30,6	2,9839	152,3	2014	
	Lekovac	159,1	2001	185,1	1,16	56,0	31,1	2,9839	152,6	2014	2001
	Loznica	123,7	1973	155,9	1,26	64,1	28,6	2,9839	152,9	2014	
	Valjevo	129,0	1958	167,8	1,30	62,1	27,9	2,9839	148,3	2014	
	Vranje	129,7	2001	170,0	1,31	52,3	26,9	2,9839	135,8	2014	
	Zaječar	121,3	1958	139,4	1,15	54,3	27,2	2,9839	138,8	2014	
	Zlatibor	161,3	1994	201,8	1,25	74,6	35,3	2,9839	184,2	2014	
Maj	Kragujevac	169,7	1970	231,6	1,36	70,8	41,7	2,9839	200,3	2014	
	Loznica	207,3	1961	271,3	1,31	84,2	48,1	2,9839	233,6	2014	
	Beograd	169,0	1987	248,5	1,47	71,6	44,9	2,9839	211,0	2014	
	R. Šančevi	133,8	1957	178,9	1,34	61,4	35,7	2,9839	172,3	2014	
	S. Palanka	155,9	1987	199,6	1,28	65,7	37,6	2,9839	182,5	2014	
	Valjevo	213,2	1957	285,5	1,34	86,6	49,3	2,9839	239,7	2014	
Jul	Beograd	262,5	1999	244,5	0,93	68,5	50,4	2,9839	225,0	1999	2014
Septembar	Negotin	174,0	1972	250,7	1,44	45,6	43,2	2,9839	179,8	2014	

Ova značajna povećanja maksimalnih vrednosti mesečnih suma padavina imaju nepovoljan uticaj pri oceni njihove statističke značajnosti pri primeni klasične procedure određivanja povratnog perioda preko teorijskih krivih raspodele verovatnoća. Skoro po pravilu izuzeci znatno povećavaju koeficijent asimetrije niza podataka, što ima za posledicu smanjene vrednosti povratnog perioda ostvarenog izuzetka. Osim toga, može se postaviti pitanje da li ima smisla ocenjivati povratne periode statističkih

izuzetaka primenom klasične procedure sa teorijskim krivama raspodele verovatnoće, kada izuzeci prevazilaze do tada zabeležene ekstremne vrednosti i do 50%. U tom slučaju mogu se dobiti povratni periodi koji prevazilaze dužinu niza kome se prilagođava raspodela za više od 20 puta. S obzirom na to da autorima ovoga rada nije poznata neka druga-pouzdanija procedura za ocenu povratnih perioda ostvarenih statističkih izuzetaka, uprkos navedenim činjenicama, primenjena je klasična procedura za

Tabela 2. Povratni periodi ostvarenih mesečnih suma padavina u periodu april-septembar 2014. godine

GMS	IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	P mm	T god	P mm	T god	P mm	T god	P mm	T god	P mm	T god	P mm	T god
Kragujevac	129,5	50	231,6	250	91,3	3	79,4	3	57,4	3	75,5	5
B. Karlovac	98,0	25	131,8	13	59,5	<2	153,8	12	42,7	2	127,2	40
Crni vrh	62,5	2	71,8	2	86,0	2	166,0	15	69,3	3	55,8	2
Čuprija	96,3	10	172,6	30	83,3	3	104,7	7	33,7	<2	-	-
Dimitrovgrad	142,4	300	99,5	4	97,1	3	107,3	10	45,5	<2	114,2	18
Kikinda	35,8	<2	123,3	50	34,5	<2	116,6	13	37,7	<2	68,9	6
Kraljevo	173,5	170	184,3	30	152,2	12	137,7	10	98,1	5	127,9	17
Kruševac	177,1	300	84,9	3	111,2	5	87,8	5	33,7	<2	35,3	2
Kuršumlja	118,5	50	84,9	3	79,2	3	82,9	5	32,8	<2	143,1	50
Leskovac	185,1	250	98,0	7	77,0	3	79,4	8	25,0	<2	115,0	17
Loznica	155,9	300	271,3	150	56,2	<2	89,7	3	114,9	5	115,8	10
Negotin	95,3	7	128,8	20	92,4	5	68,5	4	51,8	3	250,7	300
Beograd	90,2	10	248,5	250	63,4	<2	244,5	110	48,3	2	117,6	17
Niš	120,3	80	168,4	70	78,8	3	147,3	90	53,5	3	81,4	6
R.Šančevi	47,9	2	178,9	125	44,3	<2	111,6	7	28,5	<2	81,1	10
Palić	65,9	7	102,0	17	13,6	1	-	-	70,5	5	112,6	40
Požega	165,7	200	183,5	70	114,3	5	97,8	3	80,8	5	174,8	100
Sjenica	103,0	25	129,7	20	70,0	2	48,3	<2	63,9	2	140,0	15
S.Palanka	83,9	10	199,6	300	63,3	<2	164,1	40	53,7	2	79,8	5
Sombor	44,0	2	136,8	30	67,5	2	76,5	3	48,2	2	132,5	60
S.Mitrovica	71,9	6	164,7	70	27,9	1	74,5	3	48,7	2	129,7	25
Valjevo	167,8	300	285,5	250	116,8	3	183,9	30	64,9	2	103,5	8
V.Gradište	50,5	2	141,1	20	85,1	3	167,2	25	36,3	<2	108,5	15
Vranje	170,0	300	122,4	25	109,1	6	72,7	4	16,7	1	122,9	20
Zaječar	139,4	250	124,8	15	146,4	125	68,7	3	68,0	5	115,8	20
Zlatibor	201,8	250	185,7	70	129,5	4	37,1	1	-	-	-	-
Zrenjanin	74,2	12	147,9	50	43,9	<2	144,0	25	67,1	5	121,1	30

ocenu povratnih perioda primenom teorijskih funkcija raspodele verovatnoća i rezultati prikazani u tabeli 2, uz napomenu da korišćenje dobijenih rezultata za identifikovane izuzetke treba uzeti sa velikom rezervom.

Konstatuje se da su najveće sume padavina registrovane u aprilu. Na razmatranim GMS u Srbiji povratni periodi ostvarenih suma mesečnih padavina u aprilu kreću se u dijapazonu od 2 godine do 300 godina. Statistički veoma značajne mesečne sume padavina, sa povratnim periodom od 300 godina, zabeležene su na GMS Loznica, Dimitrovgrad, Kruševac, Valjevo i Vranje. Mesečne sume padavina sa povratnim periodom od 250 godina registrovane su na GMS Leskovac, Zaječar i Zlatibor, zatim slede Požega sa 200-godišnjim i Kraljevo sa 170-godišnjim povratnim periodom. Generalno se može zaključiti da su u aprilu 2014. godine registrovane statistički veoma značajne padavine na veoma širokom prostoru na teritoriji Republike Srbije.

Drugi po statističkoj značajnosti obima padavina je mesec maj, kada je najveća mesečna suma padavina, sa povratnim periodom od oko 300 godina, registrovana

na GMS Smederevska Palanka. Nešto manje sume padavina, sa povratnim periodom od oko 250 godina, registrovane su na GMS Beograd, Kragujevac i Valjevo. Zatim slede GMS Loznica sa 150-godišnjim povratnim periodom, pa Rimski Šančevi sa 125-godišnjim, Niš, Požega, Sremska Mitrovica i Zlatibor sa 70-godišnjim povratnim periodom itd.

Treći po statističkoj značajnosti obima padavina je mesec septembar, ali samo na ograničenom delu teritorije u okolini Negotina, gde su registrovane mesečne sume padavina reda veličine 300-godišnjeg povratnog perioda. Statistički značajne su i padavine koje su registrovane u okolini Požege (100-godišnji povratni period). Na ostalim GMS padavine su bile znatno manjeg obima.

Tokom juna značajnije padavine zabeležene su samo u okolini Zaječara (100-godišnji povratni period), a u julu samo u okolini Beograda (11-godišnji povratni period).

U mesecu avgustu, iako su bile zastupljene padavine, ostvarene sume su se kretale oko višegodišnjeg proseka.

Rezultati analogne analize za maksimalne dvomesečne, tromesečne i šestomesečne sume padavina prikazani su u tabeli 3. U tabeli su prikazane ekstremne vrednosti padavina trajanja 2, 3 i 6 meseci u 2014. godini, period

kada su se javile, dosadašnje korespondentne maksimalne padavine, kao i godina kada su se javile. Dat je, takođe, i odnos sume padavina ostvarenih 2014. godine i dosadašnjih korespondentnih suma.

Tabela 3. Statistički izuzeci maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina u periodu 1946-2014. godina

Trajanje meseci	GMS	Dosadašnji maksimumi		2014.		Θ	$\sum \bar{P}$ mm	σ	K_G	$\sum P_G$ mm	Izuzeci	
		$\sum P$ mm	T Godina	$\sum P$ mm	Period od-do meseci						Prvi	Drugi
Dva	Kragujevac	225,4	1970	361,1	IV-V	1,60	124,2	51,6	2,9839	278,1	2014	
	Kraljevo	276,7	1957	357,8	IV-V	1,29	147,2	53,4	2,9839	306,5	2014	
	Kruševac	280,2	1957	297,4	IV-V	1,06	131,8	54,9	2,9839	295,6	2014	
	Leskovac	200,1	1970	283,1	IV-V	1,41	119,9	45,3	2,9839	255,1	2014	
	Loznica	283,1	2012	427,2	IV-V	1,51	148,4	63,6	2,9839	338,2	2014	
	Negotin	237,4	2005	302,6	VIII-IX	1,27	83,1	56,3	2,9839	251,1	2014	
	Beograd	226,2	1987	338,7	IV-V	1,50	126,2	52,1	2,9839	281,6	2014	
	Niš	246,6	2012	288,7	IV-V	1,17	120,2	44,0	2,9839	251,5	2014	
	Požega	225,0	1980	349,2	IV-V	1,55	137,4	48,1	2,9839	280,9	2014	
	S.Palanka	210,3	1987	283,5	IV-V	1,35	116,3	46,7	2,9839	255,6	2014	
	Valjevo	266,0	1970	453,3	IV-V	1,70	148,5	57,7	2,9839	320,7	2014	
	Vranje	209,5	1961	282,4	IV-V	1,35	117,1	44,0	2,9839	248,4	2014	
	Zlatibor	258,4	1994	387,5	IV-V	1,50	177,6	49,2	2,9839	324,4	2014	
Tri	Kragujevac	401,7	1970	452,4	IV-VI	1,13	203,2	65,7	2,9839	399,2	2014	1970
	Kraljevo	363,4	1970	510,0	IV-VI	1,40	236,9	68,5	2,9839	441,3	2014	
	Loznica	386,3	1956	483,4	IV-VI	1,25	249,2	72,2	2,9839	464,6	2014	
	Negotin	352,1	2005	371,1	VII-IX	1,05	131,8	73,1	2,9839	349,9	2014	2005
	Beograd	465,8	1999	556,4	V-VII	1,19	234,7	86,8	2,9839	494,7	2014	
	Niš	298,8	1969	394,5	V-VII	1,32	176,1	59,8	2,9839	354,5	2014	
	Požega	330,2	1982	463,5	IV-VI	1,40	222,4	60,6	2,9839	403,2	2014	
	Valjevo	455,6	2010	586,2	V-VII	1,29	264,5	83,7	2,9839	514,3	2014	
	Vranje	397,5	1948	385,5	IV-VI	0,97	184,3	64,6	2,9839	377,1	1948	2014
	Zaječar	324,8	1980	410,6	IV-VI	1,26	187,0	61,8	2,9839	371,4	2014	
Šest	Zlatibor	433,5	1989	517,0	IV-VI	1,19	282,5	69,6	2,9839	490,2	2014	
	Kraljevo	705,5	1957	873,7	IV-IX	1,24	429,8	121,1	2,9839	791,2	2014	
	Negotin	541,7	1957	687,5	IV-IX	1,27	317,7	99,5	2,9839	614,6	2014	
	Beograd	651,0	2001	812,5	IV-IX	1,25	393,6	113,3	2,9839	731,7	2014	
	Niš	493,2	2001	649,7	IV-IX	1,32	318,0	85,7	2,9839	573,7	2014	
	Požega	622,4	2001	816,9	IV-IX	1,31	418,0	107,1	2,9839	737,5	2014	
Valjevo	695,5	1975	921,7	IV-IX	1,33	454,5	117,8	2,9839	806,0	2014		
Zaječar	683,1	1957	663,1	IV-IX	0,97	325,2	98,5	2,9839	619,1	1957	2014	

Vidi se da se kod maskimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina iz 2014. godine javlja mnogo veći broj statističkih izuzetaka u odnosu na mesečne sume padavina iste godine. Ukupno je na svim GMS za dvomesečne, tromesečne i šestomesečne sume padavina identifikovano 35 statističkih izuzetaka, što je za 1,8 puta više nego kod mesečnih serija u periodu april-septembar, što ukazuje na to da su sume padavina za periode duže od mesec dana veće statističke značajnosti u odnosu na padavije trajanja mesec dana i kraće. Kod dvomesečnih padavina 2014. godine ukupno je identifikovano 13 izuzetaka, a odnos između ostvarenih ekstremnih suma 2014. godine i dosadašnjih

su dostizali vrednosti i do 1,70 (GMS Valjevo), što znači da je suma dvomesečnih padavina iz 2014. godine bila za 70% veća od do sada registrovane korespondentne sume padavina.

Kod serija tromesečnih suma padavina registrovano je ukupno 11 izuzetaka u 2014. godini, s tim što je na GMS Vranje ovaj izuzetak drugi po značajnosti. U serijama tromesečnih suma padavina na GMS Kragujevac i Negotin, pored izuzetka u 2014. godini, registrovani su još po jedan izuzetak, ali su oni drugi po značajnosti. Odnos ostvarenih i dosadašnjih ekstremnih suma padavina kretao se i do vrednosti 1,40 (za GMS Kraljevo i Požega).

Kod serija šestomesečnih suma padavina u 2014. godini identifikovano je ukupno sedam izuzetaka. Na GMS Zaječar postoje dva izuzetka, od kojih je izuzetak iz 2014. godine drugi po značajnosti. Odnos ostvarenih i dosadašnjih ekstremnih suma padavina je skoro konstantan i kreće se u rasponu od 1,24 do 1,33, osim na GMS Zaječar, na kojoj je oko 1.

Statistička značajnost ekstremnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina iz 2014. godine prikazana je u tabeli 4. U tabeli je prikazan i odnos šestomesečne sume padavina iz 2014. godine i prosečne višegodišnje vrednosti padavina na istoj GMS, kao i verovatnoća pojave ostvarene šestomesečne sume padavina očitana sa dijagrama verovatnoće prosečnih godišnjih suma padavina za period 1946-2014 godina.

Konstatuje se da je statistička značajnost maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina u 2014. godini veća u odnosu na statističku značajnost mesečnih suma padavina.

Najveću statističku značajnost imaju maksimalne dvomesečne padavina, koje imaju povratne periode od 1 do 1000 godina (GMS Valjevo). Slede dvomesečne sume padavina na GMS Zlatibor, povratni period 750 godina, GMS Beograd, Požega i Vranje sa povratnim periodom 500 godina, GMS Kruševac i Leskovac sa povratnim periodom 400 godina, GMS Kraljevo, Niš, Sjenica i Smederevska Palanka sa povratnim periodom 300 godina, GMS Loznica sa povratnim periodom 250 godina i GMS Negotin sa povratnim periodom 200 godina.

Na ostalim GMS ostvarene padavine nisu bile statistički značajne.

Tabela 4. Povratni periodi ostvarenih maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina u 2014. godini

GMS	dvomesečne padavine			tromesečne padavine			šestomesečne padavine			P _{sr.god} mm	$\frac{P_{\text{šestomese}}}{P_{\text{sr.god}}}$	p*(P _{IV-IX}) %
	P mm	T Godina	Period od-do	P mm	T Godina	Period od-do	P mm	T Godina	Period od-do			
Kragujevac	361,1	300	IV-V	452,4	300	IV-VI	664,7	100	IV-IX	626,3	1,06	3,0
B. Karlovac	229,8	20	IV-V	345,1	12	V-VII	613	25	IV-IX	628,1	0,98	
Crni vrh	252,0	20	VI-VII	323,8	5	V-VII	511,4	3	IV-IX	775,2	0,66	
Čuprija	268,9	70	IV-V	360,9	25	V-VII	490,6	7	IV-IX	646,2	0,76	
Dimitrovgrad	241,9	55	IV-V	339	20	IV-VI	606	100	IV-IX	631,0	0,96	
Kikinda	159,1	20	IV-V	274,4	10	V-VII	416,8	7	IV-IX	548,6	0,76	
Kraljevo	357,8	300	IV-V	510,0	500	IV-VI	873,7	400	IV-IX	743,0	1,18	5,5
Kruševac	297,4	400	IV-V	408,6	150	IV-VI	565,4	25	IV-IX	638,3	0,88	
Kuršumlija	203,4	25	IV-V	282,6	17	IV-VI	541,4	30	IV-IX	642,0	0,84	
Leskovac	283,1	400	IV-V	360,1	70	IV-VI	579,5	125	IV-IX	616,3	0,94	
Loznica	427,2	250	IV-V	483,4	500	IV-VI	803,8	600	IV-IX	827,6	0,97	
Negotin	302,6	200	VIII-IX	371,1	170	VII-IX	687,5	300	IV-IX	640,2	1,07	2,5
Beograd	338,7	500	IV-V	556,4	300	V-VII	812,5	620	IV-IX	688,5	1,18	7,0
Niš	288,7	300	IV-V	394,5	300	V-VII	649,7	500	IV-IX	582,8	1,11	3,0
R.Šančevi	226,8	70	IV-V	334,8	15	V-VII	492,3	10	IV-IX	606,6	0,81	
Palić	167,9	25	IV-V	181,5	2,5	IV-VI	364,6	3	IV-IX	544,4	0,67	
Požega	349,2	500	IV-V	463,5	400	IV-VI	816,9	500	IV-IX	729,0	1,12	4,3
Sjenica	232,7	300	IV-V	302,7	25	IV-VI	556,9	15	IV-IX	719,3	0,74	
S.Palanka	283,5	300	IV-V	427,0	150	V-VII	644,4	100	IV-IX	632,1	1,02	2,5
Sombor	204,3	30	V-VI	280,8	30	V-VII	505,5	25	IV-IX	586,0	0,86	
S.Mitrovica	236,6	3	IV-V	267,1	5	V-VII	516,4	15	IV-IX	623,0	0,83	
Valjevo	453,3	1000	IV-V	586,2	300	V-VII	921,7	500	IV-IX	776,7	1,19	7,7
V.Gradište	252,3	1	VI-VII	393,4	30	V-VII	588,7	20	IV-IX	664,7	0,88	
Vranje	282,4	500	IV-V	385,5	150	IV-VI	597,8	150	IV-IX	606,3	0,99	
Zaječar	271,2	70	V-VI	410,6	300	IV-V	663,1	100	IV-IX	601,9	1,1	2,5
Zlatibor	387,5	750	IV-V	517	500	IV-VI	554,1	25	IV-IX	954,6	0,58	
Zrenjanin	222,1	5	IV-V	335,8	50	V-VII	598,2	70	IV-IX	564,7	1,06	2,0

* sa dijagrama verovatnoće srednjih godišnjih suma padavina

Što se tiče tromesečnih suma padavina u 2014. godini, njihovi povratni periodi se kreću od 5 do 500 godina (na GMS Kraljevo, Loznica i Zlatibor). Na GMS Požega povratni period ostvarenih suma padavina iznosi 400 godina, a na GMS Kragujevac, Beograd, Niš, Valjevo i Zaječar povratni periodi iznose oko 300 godina. Nešto kraći povratni periodi registrovani su na GMS Negotin (170 godina) i na GMS Smederevska Palanka, Kruševac i Vranje (150 godina). Povratni periodi na ostalim GMS su znatno kraći od 100 godina.

Kod ostvarenih šestomesečnih suma padavina u 2014. godini najduži povratni period zabeležen je na GMS Beograd (620 godina), zatim sledi GMS Loznica (600 godina), pa GMS Niš, Požega i Valjevo (500 godina), GMS Kraljevo (400 godina), GMS Negotin (300 godina), GMS Vranje (150 godina), GMS Leskovac (125 godina), kao i GMS Kragujevac, Dimitrovgrad, Smederevska Palanka i Zaječar (100 godina). Na ostalim GMS povratni periodi ostvarenih suma padavina u 2014. godini bili su reda veličine kraćeg od 100 godina.

Ako se posmatraju verovatnoće pojave ostvarenih šestomesečnih padavina određene sa dijagrama verovatnoće godišnjih suma padavina, najznačajnije padavine registrovane su na GMS Valjevo i Beograd, gde sume šestomesečnih padavina imaju verovatnoću oko 7%, što znači da je u šestomesečnom periodu u 2014. godini palo znatno više padavina od višegodišnjeg proseka na istim GMS.

ZAKLJUČAK

Iznad teritorije Republike Srbije, posle relativno toplog zimskog perioda sa malim količinama padavina, u martu se pojačao uticaj ciklonske cirkulacije tako da je količina padavina bila oko višegodišnjeg proseka. U periodu od aprila do septembra iznad našeg područja i Balkana dominirala je ciklonska cirkulacija koja je uslovlila česta naoblačenja s velikom količinom padavina, lokalno sa rekordnim vredostima. Uticaj anticiklona sa stabilnim periodima sa suvim vremenom retko se javljao i trajao je svega po nekoliko dana. Najkišovitiji su bili periodi: druga polovina aprila, od 12. do 17. maja, od 12. do 20. i od 24. do 26. juna, od 09. do 19. i od 26. do 31. jula, zatim od 01. do 07. 14., 15., 23. i 24. avgusta i veći deo septembra. U periodima sa najvećom količinom padavina u Srbiji, iznad juga evropskog kontinenta stvarala se zatvorena cirkulacija koja se sporo premeštala ili duže zadržavala

iznad Balkana. U sklopu tih ciklona preko Srbije su se premeštali hladni frontovi što je uslovlilo pojavu dugotrajnih i obimnih količina padavina, koje su prouzrokovale učestalu pojavu visokih vodostaja i poplava na većini naših reka u Srbiji.

Sa karti izohijeta jasno se uočava kako se raspored padavina menjao iz meseca u mesec, kako po veličini prostora, tako i po sumi padavina. Po količini, najveće padavine su se pojavile u mesecu maju, zatim sledi april, septembar, juli, juni i avgust. Po veličini prostora zahvaćenog intenzivnim padavinama, najveći prostor zahvaćen je u aprilu i maj, nešto manji u julu i junu, zatim sledi septembar i na kraju avgust.

Kod mesečnih suma padavina u periodu april-septembar 2014. godina, na razmatranih 27 GMS, statistički izuzetak pojavio se 17 puta. Kod maksimalnih dvomesečnih suma statistički izuzetak se pojavio u 13 slučajeva, kod maksimalnih tromesečnih suma 11 puta, a kod šestomesečnih 7 puta. Generalno se može konstatovati da su tokom 2014. godine na svim GMS, za sva tri razmatrana trajanja, statistički izuzeci identifikovani u 31 slučaju, što je za 1,8 puta više nego u šest serija razmatranih mesečnih suma padavina. Ova konstatacija samo ukazuje na veću statističku značajnost ostvarenih padavina u dužem vremenskom periodu u 2014. godini u odnosu na mesečne sume padavina.

Statistički najznačajnije padavine registrovane u mesecu aprilu, kada na pet GMS ostvarene sume odgovaraju teorijskim sumama padavina povratnog perioda 300 godina. Za majske sume padavina tristogodišnji povratni period ocenjen je samo na GMS Smederevska Palanka, dok je na GMS Kragujevac, Beograd i Valjevo povratni period oko 250 godina. Septembarske sume padavina na GMS Negotin ima povratni period oko 300 godina. Padavine u junu su bile znatno manjeg obima i samo na GMS Zaječar mesečna suma padavina ima povratni period duži od 100 godina (125 godina). Najduži povratni period sume padavina u julu je na GMS Beograd, reda veličine 110-to godišnjeg povratnog perioda. Mesečne sume padavina u avgustu su, uglavnom, reda veličine višegodišnjeg proseka.

Kod maksimalnih dvomesečnih, tromesečnih i šestomesečnih suma padavina najveću statističku značajnost ima dvomesečna suma padavina registrovana na GMS Valjevo u periodu april-maj 2014. godine, koja ima 1000-godišnji povratni period. Po dužini povratnog perioda slede dvomesečne sume

padavina ostvarene u istom periodu na GMS Zlatibor (750 godina), a zatim GMS Beograd, Požega i Vranje (500 godina), pa GMS Kruševac i Leskovac (400 godina), itd. Što se tiče maksimalnih tromesečnih suma padavina, najznačajnije su u periodu april-jun na GMS Kraljevo, Loznica i Zlatibor, kada su sume padavina imale 500 godišnjim povratni periodom. Na GMS Kragujevac i Zaječar u periodu april-jun, i na GMS Beograd, Niš i Valjevo u periodu maj-jul, sume padavina imaju povratni period dužine oko 300 godina. U periodu april-septembar najznačajnije padavine u 2014. godini zabeležene su na GMS Beograd (povratni period oko 620 godina), zatim sledi GMS Loznica (600 godina), pa GMS Niš, Požega i Valjevo (500 godina), GMS Kraljevo (400 godina), GMS Negotin (300 godina), GMS Vranje (150 godina) i GMS Leskovac (125 godina), itd.

Verovatnoće pojave šestomesečnih padavina ocenjene pomoću krivih raspodela godišnjih suma padavina pokazuju da su najznačajnije registrovane padavina na GMS Valjevo i Beograd, gde sume ostvarenih šestomesečnih padavina odgovaraju 7%-noj verovatnoći pojave godišnjih suma padavina. To praktično znači da su na ovim GMS u šestomesečnom periodu, od aprila do juna 2014. godine, pale veće količine padavina nego što padne u toku cele godine sa prosečnom količinom padavina.

ZAHVALNOST

Predstavljene rezultati i analize su predmet istraživanje naučnog projekta „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“ (TR-37005) za period 2011-2015. godine Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije. Autori se zahvaljuju ministarstvu na pruženoj finansijskoj pomoći i podršci.

LITERATURA

- [1] Prohaska S, Bartoš Divac V, sa saradnicima (2014): *Intenziteti jakih kiša u Srbiji*, Institut „Jaroslav Černi“, Beograd, ISBN 978-86-82565-40-6
- [2] Prohaska S., Kapor B., Ilić A., Čatović S., Marjanović S., Bartoš Divac V., Koprivica A., (2011): *Kompleksna analiza pluviometrijskog režima jakih kiša kraćih trajanja na teritoriji Republike Srbije*, „Voda i sanitarna tehnika“, godina XLI, maj-juni, broj 3–4/2011., ISSN 0350-5049, str. 5-14
- [3] Prohaska, S., Ilić A., Bartoš Divac, V., Koprivica, A., Čatović, S., Kapor, B., Đukić, D., Marjanović, S. (2011), *Spatial interpolation of selected characteristics of high intensity rainfall in Serbia using GIS technology*, XXVth Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, 16 – 17 June 2011, Budapest, Hungary, rad na USBu 8 str., Conference Abstracts - pp. 65, 2011.
- [4] Prohaska, S., Kapor, B., Ilić, A., Čatović, S., Marjanović, S., Bartoš Divac, V., Koprivica, A. (2011), *Kompleksna analiza pluviometrijskog režima jakih kiša kraćih trajanja na teritoriji Republike Srbije*, Časopis „Voda i sanitarna tehnika“, ISSN 0350-5049, Vol. 41, No. 3-4, str. 5-14, 2011.
- [5] Prohaska S., Đukić D., Bartoš Divac V. (2014), *Osnovne karakteristike jake kiše na teritoriji Srbije koja je prouzrokovala poplavu u maju 2014. godine*, Beogradska škola meteorologije, Sveska 7, str. 189-201, ISBN 978-86-904985-9-8, COBISS. RS – ID 208242444

THE STATISTICAL SIGNIFICANCE OF MONTHLY AND SEASONAL RAINFALL SUMS DURING THE PERIOD APRIL TO SEPTEMBER 2014

by

Prof. dr Stevan PROHASKA¹, Dragan ĐUKIĆ, dipl. met.², Vladislava BARTOŠ DIVAC, dipl. građ. inž.¹, Nedeljko TODORVIĆ, dipl. met.², Nikola BOŽOVIĆ, dipl. fiz.¹, Oliver ANĐELKOVIĆ, dipl. inž. geol.¹

¹Institute for the development of water resources „Jaroslav Černi“, Belgrade

²Republic Hydrometeorological Service of Serbia, Belgrade

Summary

This work represents the continuation of the exploration of the strong and long-lasting rainfall characteristic that occurred during the period April to September 2014 in the territory of the Republic of Serbia. The objects of the exploration are the long-lasting rainfall – monthly and seasonal sums of precipitation. The work begins with an overview of the synoptic situation and development of weather in Serbia and the Balkans that caused the occurrence of extreme precipitation and floods in the territory of Serbia. For all months within the considered period was given an overview of the spatial distribution of the realized monthly rainfall sum in 2014. The quantitative indicators of the realized monthly and seasonal precipitation sums and their statistical significance are given only for the main meteorological stations (GMS) of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia. For the spatial presentation of the mentioned realized precipitation

sums in 2014 were used the data on official pluviograph stations. Special attention was paid to the identification and quantification of statistical exceptions in discussed series, primarily of the realized monthly and seasonal sums in 2014. To evaluate the statistical significance of the considered rainfall series was used the classical procedure of application of theoretical functions of probability distribution. Quantitative indicators of statistical significance of realized precipitation sums in 2014 are shown by the return periods in years. At the end were given the numerical indicators of all significant realized monthly and seasonal precipitation sums.

Key words: monthly and seasonal rainfall sums, statistical significance, statistical exceptions, synoptic situation, time development, return periods.

Redigovano 19.11.2014.