

Geografska raspodjela varijabilnosti padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini

Mladen Maradin, Ivan Madžar, Ivan Perutina

Istraživanje varijabilnosti padalina u ovom radu provedeno je na 43 postaje u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini za razdoblje 1961. – 1990. Varijabilnost padalina analizirana je za godišnje, polugodišnje te sezonske količine padalina. Prostorna analiza pokazala je da je raspon varijabilnosti padalina veći u Hrvatskoj nego u Bosni i Hercegovini. Manje vrijednosti varijabilnosti padalina primijećene su u postajama središnjeg dijela Bosne i Hercegovine. Ipak, potrebna su daljnja istraživanja na većem broju postaja koja bi potvrdila dobivene regionalne razlike jer je broj postaja u Bosni i Hercegovini bitno manji nego u Hrvatskoj, a prostorna je raspodjela postaja neravnomjerna. Manje vrijednosti varijabilnosti padalina za Bosnu i Hercegovinu dobivene su za sva godišnja doba, a najizraženije su u jesen. U najvećem broju postaja u istraživanom prostoru minimum varijabilnosti padalina javlja se u proljeće. Maksimum varijabilnosti padalina, koji se u najvećem broju postaja javlja u jesen, također je izraženiji u Hrvatskoj nego u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: padaline, varijabilnost padalina, Hrvatska, Bosna i Hercegovina

Geographical Distribution of Precipitation Variability in Croatia and Bosnia and Herzegovina

This paper deals with the precipitation variability research that was conducted using precipitation data of 43 stations in Croatia and Bosnia and Herzegovina for the 1961 – 1990 period. Precipitation variability was analysed for annual, semi-annual and seasonal amounts of precipitation. The results of spatial analysis showed, that the range of precipitation variability is higher in Croatia than in Bosnia and Herzegovina. Lower values of precipitation variability were observed in the stations of the central part of Bosnia and Herzegovina. Nevertheless, further investigations are necessary for a number of stations in Bosnia- Herzegovina to confirm this statement. Lower values of precipitation variability in Bosnia- Herzegovina were obtained for all seasons, but largely for autumn. In the majority of stations, the minimum precipitation variability occurs in the spring. Maximum precipitation variability, which for the largest number of stations occurs in the autumn, is more evident in Croatia than in Bosnia and Herzegovina.

Key words: precipitations, precipitation variability, Croatia, Bosnia and Herzegovina

UVOD

Važnost padalina proizlazi iz činjenice da su one glavni izvor vode na kopnu. Voda je nužna za poljoprivrednu proizvodnju i industriju; upotrebljava se kao pokretačka snaga ili sirovina, za prijevoz i dobivanje električne energije te služi za vodoopskrbu stanovništva i rekreaciju. Za racionalno gospodarenje vodom nužno je dobro poznavanje bilance voda u nekom prostoru, što uključuje i varijabilnost padalina, koja je važna sastavnica te bilance.

Prostorna i vremenska varijabilnost osnovno je svojstvo padalina, a bitna je zato što je izrazita za taj klimatski element (Jones, 1999). Pri utvrđivanju varijabilnosti padalina najčešće se promatraju srednja odstupanja količine padalina od neke konstante (Conrad i Pollak, 1950). Za vrijednost konstante najčešće se uzima aritmetička sredina padalina u nekom razdoblju. U svakoj godini padne više ili manje padalina od višegodišnjeg srednjaka. Sezonske vrijednosti varijabilnosti, koje se analiziraju u radu, odnose se na meteorološka godišnja doba, a ne astronomska. U meteorološkom smislu proljetni su mjeseci ožujak, travanj i svibanj, ljetni su lipanj, srpanj i kolovoz, jesenski su rujanj, listopad i studeni, a zimski su prosinac, siječanj i veljača.

U suvremenoj hrvatskoj literaturi postoji određeni broj radova koji se bave varijabilnošću padalina u Republici Hrvatskoj (Margetić, 1942; Penzar, 1959; Makjanić i Volarić, 1979; Gajić-Čapka, 1982, 1990; Juras, 1995; Milković, 1998; Maradin i Filipčić, 2012; Maradin i dr., 2012; Maradin, 2007, 2008, 2011, 2013). S obzirom na specifični oblik teritorija Hrvatske za što pouzdaniju prostornu analizu varijabilnosti padalina bilo bi nužno uključiti i postaje susjednih država. Stoga je cilj ovoga rada u analizu varijabilnosti padalina u Republici Hrvatskoj uključiti i varijabilnost padalina u Republici Bosni i Hercegovini te ispitati koji čimbenici djeluju na varijabilnost padalina i utvrditi postoje li razlike u varijabilnosti u te dvije države. Također, dobiveni rezultati usporedit će se s rezultatima prethodnih istraživanja kako bi se ispitalo koliko uključivanje postaja u Bosni i Hercegovini utječe na geografsku raspodjelu varijabilnosti u područjima Hrvatske uz granicu prema Bosni i Hercegovini.

PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Broj radova koji se bave varijabilnošću padalina u istraživanom prostoru raznolik je. Dok za prostor Hrvatske postoji veći broj radova, mali je broj radova koji se odnose na Bosnu i Hercegovinu, čak i onih koji se odnose na obilježja te promjene količine padalina u suvremenom razdoblju. Stoga će ovdje biti spomenuti i radovi koji analiziraju varijabilnost padalina na širem području.

Koristeći se podacima u radu Lebedeva i dr. (1979), koji se odnose na razdoblje 1931. – 1960., Juras (1995) je izradio kartu varijabilnosti količina padalina u Europi. Kao pokazatelj varijabilnosti padalina upotrijebljen je koeficijent varijacije. Analizirajući varijabilnost padalina u Europi, Juras (1995) navodi da su vrijednosti koeficijenta varijacije u odnosu na druge kontinente relativno male. Prema jugu Europe vrijednosti rastu, što je posljedica ne toliko manjih prosječnih godišnjih količina padalina koliko izrazito manjeg broja dana s padalinama. Analiza raspodjele koeficijentata varijacije pokazuje da su ljeti vrijednosti velike na Iberskom poluotoku, u južnoj Francuskoj i na sjeveru Italije. Posebno

su visoke u srpnju, što vrijedi za cijelo Sredozemlje, a posljedica je činjenice da su ljetne padaline u tim prostorima rijetke. Juras (1995) zaključuje da se vrijednosti koeficijenta varijacije mogu ispravno protumačiti samo ako se uzmu u obzir podaci o prosječnim količinama padalina i o broju dana s padalinama.

Razmatrajući utjecaj opće cirkulacije atmosfere na varijabilnost padalina, Morales (1977) tvrdi da je varijabilnost veća u tropskom i suptropskom pojasu nego u umjerenim geografskim širinama. Naime u područjima koja zahvaćaju zonalni zapadni vjetrovi glavni su izvor padalina putujuće ciklone koje se smjenjuju s anticiklonama, a koje donose stabilnije vrijeme. Ta je izmjena relativno brza i pravilna, što uzrokuje manju varijabilnost padalina.

U suvremenim istraživanjima varijabilnosti padalina veliko značenje ima projekt CLIVAR (*Climate Variability and Predictability*), koji se bavi istraživanjima vezanim uz varijabilnost i predvidljivost klime. U okviru tog projekta 2005. godine djelovao je projekt Med – CLIVAR – *Mediterranean Climate Variability and Predictability* kao regionalni dio projekta koji se bavi istraživanjima varijabilnosti i predvidljivosti klime na Mediteranu (Lionello i dr., 2006). Posebni interes za taj prostor proizlazi iz njegova klimatskog položaja, zbog kojega je osjetljiv na klimatske promjene i varijabilnost klime. Proučavajući čestinu ciklona, Lionello i dr. (2006) tvrde da dolazi do pada učestalosti ciklona nad zapadnim dijelom Mediterana u hladnom dijelu godine, što utječe na varijabilnost padalina.

Varijabilnošću padalina u Hrvatskoj bavio se i Margetić (1942), koji uočava prostornu pravilnost u varijabilnosti padalina. Prema njegovu istraživanju, najveću varijabilnost imaju obalni i otočni dijelovi južne Hrvatske te područja u unutrašnjosti koja su pod maritimnim utjecajem.

Penzar (1959) određuje varijabilnost padalina za prostor Federativne Narodne Republike Jugoslavije upotrebom Schultzeovih koeficijenata, koji se izračunavaju kao zbroj apsolutnih odstupanja mjesečnih vrijednosti od godišnjeg prosjeka. U radu se analiziraju podaci za razdoblje 1925. – 1940. U Hrvatskoj su vrijednosti koeficijenata najveće na otocima sjevernoga hrvatskog primorja koji nisu najbliži obali, u dijelu Gorskoga kotara (zapadni obronci Risnjaka i Snježnika te istočni obronci Učke) i u cijeloj Dalmaciji. Prostor s najmanjim vrijednostima Schultzeovih koeficijenata jest kontinentalni dio Hrvatske. Također, Bosna i Hercegovina prema tom radu ima nešto manje vrijednosti Schultzeovih koeficijenata, posebno u odnosu na obalna područja Hrvatske. Penzar naglašava da dobiveni rezultati pokazuju kako kontinentski pluviometrijski režim smanjuje, a maritimni povećava raspone u godišnjem hodu padalina. To je suprotno od onoga što je Schultze dobio za srednju i sjevernu Europu (Penzar, 1959).

Makjanić i Volarić (1979) bave se klimatskim obilježjima otoka Hvara te daju prikaz varijabilnosti padalina analizirajući odnos između razlike najveće i najmanje mjesečne količine padalina i pripadne srednje mjesečne vrijednosti. Najveće vrijednosti varijabilnosti dobili su za ljetne mjesece i listopad.

Juras (1995) se bavi varijabilnošću padalina u Hrvatskoj te zaključuje da postoji veliki raspon koeficijenata varijacije. Godišnje vrijednosti koeficijenata varijacije velike su na južnom dijelu jadranske obale i na Kvarneru. Najmanje su vrijednosti u Gorskom kotaru. Raspodjela koeficijenata varijacije ne pokazuje sličnost s kartama raspodjele srednjih

godišnjih količina padalina i varijabilnosti količine padalina. Pri analizi vremenskih nizova pokazala se čvrsta veza varijabilnosti količine padalina i broja dana s padalinama. Pokazalo se da ni same vrijednosti pokazatelja varijabilnosti, u ovom slučaju koeficijenata varijacije, ne pružaju dovoljno informacija o uzrocima promjenljivosti padalina.

Analizom varijabilnosti količine padalina na hrvatskoj obali bavila se Milković (1998), koja je utvrdila da su najveće vrijednosti koeficijenata varijacije na pučinskim otocima južnog Jadrana, a smanjuju se prema unutrašnjosti i sjeveru. Postaje s većim srednjim godišnjim količinama padalina obično imaju manje vrijednosti koeficijenata varijacije, ali može se dogoditi da imaju i prilično različite vrijednosti, što se može povezati s brojem dana s padalinama.

Analizirajući geografsku raspodjelu varijabilnosti padalina za 29 meteoroloških postaja u Hrvatskoj, Maradin (2011) zaključuje da se prema obilježjima godišnjega hoda varijabilnosti padalina u odnosu na ostatak Hrvatske izdvaja južna Hrvatska, gdje je ljeti izražen utjecaj suprotropskih anticiklona. Zbog toga je maksimum varijabilnosti padalina u južnoj Hrvatskoj ljeti, u srpnju ili kolovozu, a minimum zimi. U većini je ostalih postaja maksimum varijabilnosti padalina u jesen, u listopadu, a minimum u proljeće, najčešće u travnju.

PODACI I METODE RADA

Varijabilnost padalina u radu analizirana je za Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu. Prostor istraživanja uvelike je utjecao na vremenski okvir istraživanja varijabilnosti padalina. Naime zbog rata u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini na brojnim meteorološkim postajama početkom devedesetih godina 20. stoljeća prekinuta su motrenja klimatskih elemenata, koja su ponovo počela tek nakon nekoliko godina, nerijetko na promijenjenoj lokaciji i s drugim instrumentima. Zbog značajnog broja takvih postaja u radu su upotrijebljeni podaci o mjesečnim količinama padalina za tridesetogodišnje razdoblje, 1961. – 1990., premda neki klimatolozi (Biel, 1944; Šegota, 1969; Srebrenović, 1970; Juras, 1985; Gajić-Čapka, 1992, 1999; Rubinić i dr., 1995; Gajić-Čapka i Čapka, 1997; Penzar i dr., 2001) preporučuju duže razdoblje za istraživanje nekih obilježja padalina. Navedeno razdoblje (do 1990.) omogućilo je analizu varijabilnosti padalina i za neke postaje u Hrvatskoj, kao što su Drniš, Gračac i Slunj, za koje iz istih razloga podaci u tom razdoblju ne bi bili dostupni. Te postaje posebno su važne jer omogućuju bolji uvid u varijabilnost padalina u graničnim područjima Hrvatske prema Bosni i Hercegovini. O količinama padalina u radu su upotrijebljeni podaci iz Državnoga hidrometeorološkog zavoda iz Hrvatske, Federalnoga hidrometeorološkog zavoda BiH i Republičkoga hidrometeorološkog zavoda iz Bosne i Hercegovine.

Za određivanje godišnjih, polugodišnjih i sezonskih vrijednosti varijabilnosti padalina upotrijebljeni su podaci 43 postaje – 32 postaje iz Hrvatske i 11 postaja iz Bosne i Hercegovine (tab. 1). Zbog prekida u razdoblju motrenja niz podataka za postaje Banja Luka, Crikvenica, Drniš, Dubrovnik, Knin, Sisak i Slunj bio je nepotpun, te su nizovi podataka za te postaje interpolirani metodom linearne interpolacije. Ni za jednu postaju nizovi nedostajućih podataka nisu bili duži od godine dana.

Geografska raspodjela varijabilnosti padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini

Tab. 1. Meteorološke postaje u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini čiji su podaci upotrijebljeni u radu
 Tab. 1 Meteorological stations in Croatia and Bosnia and Herzegovina whose data are used in paper

Postaja	Geogr. širina	Geogr. dužina	Nadm. visina (m)	Postaja	Geogr. širina	Geogr. dužina	Nadm. visina (m)
Banja Luka	44° 47'	17° 13'	153	Ogulin	45° 16'	15° 14'	328
Bihać	44° 49'	15° 53'	246	Osijek	45° 32'	18° 44'	89
Bijeljina	44° 47'	19° 16'	90	Parg	45° 36'	14° 38'	863
Bjelovar	45° 54'	16° 51'	141	Pazin	45° 14'	13° 56'	291
Bugojno	44° 04'	17° 28'	562	Prijedor	44° 59'	16° 45'	135
Crikvenica	45° 10'	14° 42'	2	Pula	44° 52'	13° 51'	30
Doboj	44° 44'	18° 06'	146	Rijeka	45° 20'	14° 27'	104
Donji Miholjac	45° 46'	18° 10'	97	Sarajevo-Bjelave	43° 52'	18° 26'	630
Drniš	43° 52'	16° 10'	304	Senj	45° 00'	14° 54'	26
Dubrovnik	42° 39'	18° 05'	52	Sinj	43° 43'	16° 40'	308
Gospić	44° 32'	15° 23'	573	Sisak	45° 30'	16° 22'	98
Gračac	44° 18'	15° 51'	560	Slavonski Brod	45° 09'	18° 01'	95
Hvar	43° 10'	16° 26'	20	Slunj	45° 07'	15° 35'	258
Karlovac	45° 29'	15° 33'	111	Sokolac	43° 57'	18° 49'	872
Knin	44° 02'	16° 12'	234	Split- Marjan	43° 31'	16° 26'	122
Koprivnica	46° 11'	16° 49'	141	Šibenik	43° 44'	15° 55'	77
Križevci	46° 02'	16° 33'	155	Tuzla	44° 33'	18° 42'	305
Lastovo	42° 46'	16° 54'	186	Varaždin	46° 18'	16° 21'	169
Ličko Lešće	44° 48'	15° 19'	463	Zadar	44° 08'	15° 13'	5
Livno	43° 50'	17° 01'	724	Zagreb-Grič	45° 49'	15° 59'	157
Mali Lošinj	44° 32'	14° 28'	51	Zagreb-Maksimir	45° 49'	16° 02'	128
Mostar	43° 21'	17° 48'	99				

Izvor: Penzar i dr., 1996; Hidrometeorološka služba, 1950. – 1980.
 Source: Penzar et al, 1996; Hydrometeorological service, 1950-1980

Pokazatelj varijabilnosti padalina koji se upotrebljava u ovom redu jest srednja apsolutna varijabilnost padalina, odnosno srednja relativna varijabilnost padalina. Svim metodama koje se upotrebljavaju za određivanje varijabilnosti padalina zajedničko je da je određuju odstupanjima padalina od neke vrijednosti. Statistički gledano, riječ je o mjerama disperzije (Šošić i Serdar, 2002).

Srednja apsolutna varijabilnost padalina pokazuje prosječnu vrijednost svih odstupanja od srednje vrijednosti zanemarujući njihove predznake, a izračunava se iz izraza:

$$V_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - \bar{P}_g|,$$

gdje je P_i vrijednost padalina u i -toj godini promatranog razdoblja, a P_g srednja vrijednost padalina. Kao relativni pokazatelj, kako bi vrijednosti srednje apsolutne varijabilnosti bile usporedive, u radu se upotrebljava srednja relativna varijabilnost V_r , koja se izračunava pomoću izraza:

$$V_r = \frac{100 \bar{V}_a}{\bar{P}_g} \%.$$

Analiza geografske raspodjele varijabilnosti padalina podrazumijeva prostornu interpolaciju dobivenih vrijednosti varijabilnosti. Za prostorne interpolacije upotrijebljen je program ArcGIS, verzija 9.3. Taj program nudi nekoliko determinističkih i geostatističkih metoda prostorne interpolacije – metodu inverzne udaljenosti (engl. *Inverse Distance Weighed* ili IDW), Spline, Kriging, PointInterp, Topo to Raster i druge. Pri prostornim analizama varijabilnosti padalina testirana je većina spomenutih metoda, a najbolje rezultate dala je metoda Tension Spline, što je bio slučaj i u nekim prijašnjim istraživanjima (Maradin, 2011). Tu metodu interpolacije pri prostornim analizama klimatoloških elemenata upotrebljavaju i drugi autori: Hartkamp i dr. (1999), Hong i dr. (2005), Hutchinson (1998), Hofierka i dr. (2002) te Heijden i Haberlandt (2010). U stranoj literaturi metoda Tension Spline još se naziva i *basic minimum curvature technique* ili *thin plate* interpolacija (Naoum i Tsanis, 2004). Pri upotrebi te metode prostorna interpolacija određenog poligona izračunava se na osnovi vrijednosti dvanaest susjednih postaja. Na taj način dobivena je geografska raspodjela varijabilnosti padalina za godišnja doba, odnosno za godišnje vrijednosti.

Pri izradi karata pomoću metode Tension Spline zanemaren je utjecaj reljefa na varijabilnost padalina. Premda je raspon nadmorskih visina istraživanih postaja relativno velik (tab. 1), njihov prostorni raspored nije takav da bi mogle dobiti statistički značajne veze nadmorske visine i varijabilnosti padalina. To više dolazi do izražaja u Bosni i Hercegovini, gdje postoji veliki raspon nadmorskih visina, ali je broj postaja malen, a njihov razmještaj nepravilan. Osim toga Juras (1995) tvrdi da zanemarivanje utjecaja nadmorske visine neće bitno utjecati na prikaz prostorne raspodjele varijabilnosti količine padalina. Slično tvrdi i Pandžić (1988), koji kaže da anomalije padalina u odnosu na višegodišnji srednjak ne ovise uvelike o reljefu. Pri interpretaciji dobivenih rezultata mora biti uzeta u obzir činjenica da je zanemaren utjecaj reljefa, pogotovo u Bosni i Hercegovini, gdje je dinamika reljefa izraženija nego u Hrvatskoj.

REZULTATI RADA

Osnovna obilježja padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini

U istraživanom prostoru postoji relativno veliki raspon količine padalina. Male količine padalina primaju postaje na pučinskim otocima (Lastovo 690,6 mm, Hvar 730,4 mm), a količina padalina povećava se u postajama na obali, naročito u onima koje imaju planinsko zaleđe. Postaje s najviše padalina nalaze se u Gorskoj Hrvatskoj (Gračac 1998,6 mm, Parg 1849,3 mm) zbog blizine mora i orografskog učinka. Od obale prema sjeveroistoku količina se padalina pod utjecajem kontinentalnosti smanjuje, pa postaje na istoku Hrvatske i Bosne i Hercegovine imaju manje od oko 800 mm padalina (Bijeljina 737,7 mm, Sokolac 801,6 mm), a najmanje ih je zabilježeno u postaji Osijek, 650,4 mm.

Prostori s kontinentskim i maritimnim pluviometrijskim režimom prikazani su na slici 1. U prostoru s kontinentskim pluviometrijskim režimom padne više padalina u toploj polovini godine (od travnja od rujna), a u prostorima s maritimnim pluviometrijskim režimom u hladnoj (od listopada do ožujka). Taj kriterij u svojim radovima upotrebljavaju Margetić (1942), Penzar (1959) i Šegota (1986). Granica između prostora s različitim pluviometrijskim režimima jest izolinijska 50 %, koja se naziva crta kontinentalnosti (Šegota, 1986). Ta crta označuje na karti mjesta u kojima je u godišnjem hođu padalina količina padalina u toploj i hladnoj polovini godine jednaka. Tu granicu trebali bismo nazvati crtom padalinske kontinentalnosti jer je kontinentalnost kompleksan pojam, odnosno klima nije definirana samo jednim klimatskim elementom (Šegota i Filipčić, 2007). Crta kontinentalnosti u Hrvatskoj (sl. 1) prolazi između Ogulina i Slunja te u Bosnu i Hercegovinu ulazi južno od Bihaća pa ulazi dublje u unutrašnjost, što se može objasniti sve jačim utjecajem subtropskih anticiklona prema sjeveru, što ima za posljedicu smanjenje padalina ljeti, odnosno u toplom dijelu godine. Položaj crte kontinentalnosti sličan je položaju koji je dobio Šegota (1986), a potrebno je spomenuti da u istom radu kontinentski pluviometrijski režim ima i krajnji sjeverozapadni dio Istre, što je utvrđeno i ovim istraživanjem. Sličan položaj crte kontinentalnosti dobiva i Mikolaskova (2009), premda precizna usporedba nije moguća zbog mjerila karte.

Budući da se u radu analizira sezonska varijabilnost padalina, ukratko je prikazana raspodjela padalina po godišnjim dobima. Pritom se promatraju godišnja doba u kojima se javljaju minimumi i maksimumi padalina. Prema tom kriteriju sve se postaje mogu podijeliti u četiri grupe (tab. 2). U najvećem dijelu postaja panonske Hrvatske te sjeveroistočnog dijela Bosne i Hercegovine maksimum je padalina ljeti, a minimum zimi. To su postaje u kojima je naglašen utjecaj kontinentalnosti. Suprotno je u postajama u kojima prevladava maritimni utjecaj. Te se postaje nalaze na južnom Jadranu i južnom dijelu Bosne i Hercegovine (Mostar). U ostalim je postajama maksimum padalina u jesen, a minimum se javlja ljeti (u postajama sjevernog Jadrana te najvećeg dijela Gorske Hrvatske) ili zimi (dublje u unutrašnjosti).



Sl. 1. Područja s kontinentskim i maritimnim pluviometrijskim režimom u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini
Fig. 1 Continental and maritime pluviometric regimes in Croatia and Bosnia and Herzegovina

Tab. 2. Postaje prema pojavi maksimuma i minimuma padalina po godišnjim dobima
Tab. 2 Stations according to seasonal occurrence of maximum and minimum precipitation amounts

Maksimumi i minimumi količine padalina	Postaje
maksimum ljeti minimum zimi	Banja Luka, Bijeljina, Bjelovar, Dobojo, Donji Miholjac, Koprivnica, Križevci, Osijek, Prijedor, Sarajevo-Bjelave, Sisak, Slavonski Brod, Sokolac, Tuzla, Varaždin, Zagreb-Grič, Zagreb-Maksimir (17)
maksimum u jesen minimum zimi	Bihać, Bugojno, Karlovac, Ogulin, Parg, Pazin, Slunjo (7)
maksimum u jesen minimum ljeti	Crikvenica, Drniš, Gospić, Knin, Ličko Lešće, Livno, Mali Lošinj, Pula, Rijeka, Senj, Sinj, Šibenik, Zadar (13)
maksimum zimi minimum ljeti	Dubrovnik, Gračac, Hvar, Lastovo, Mostar, Split-Marjan (6)

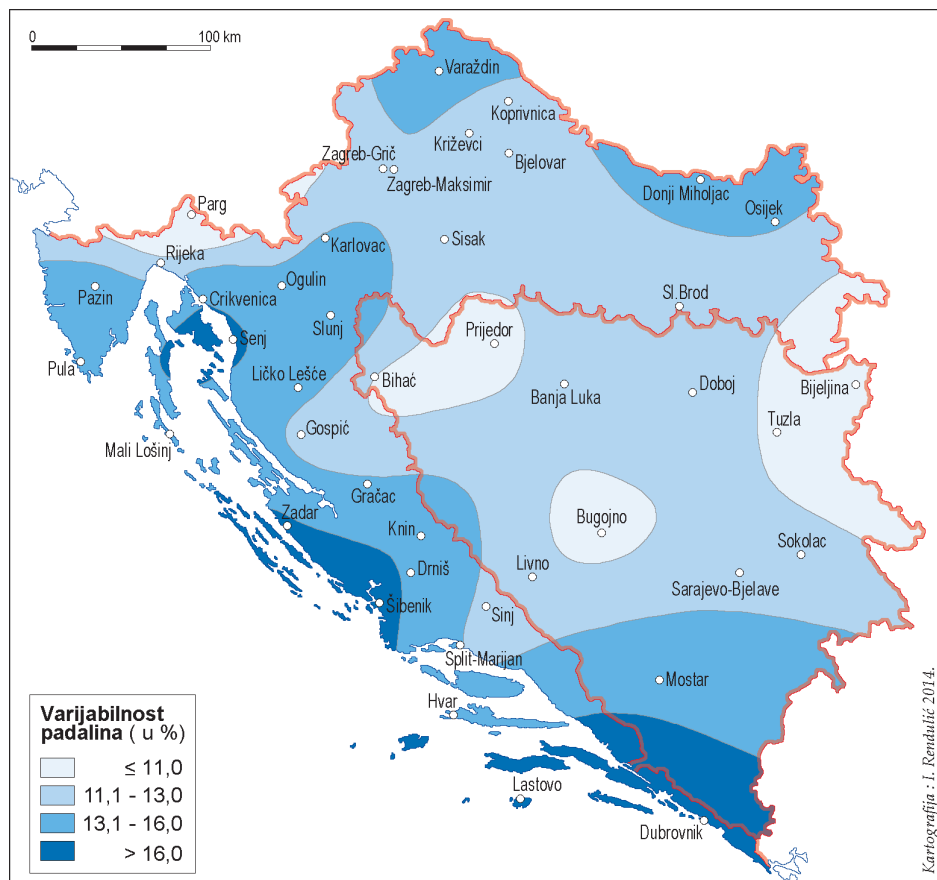
Na varijabilnost padalina utječe i godišnji hod padalina, pa je ukratko prikazan godišnji hod padalina istraživanih postaja. Pritom je upotrijebljena Köppenova klasifikacija, koja je u radu Penzar i Penzar (1982-83) prilagođena prostoru Hrvatske. Postaje prema godišnjem hodu padalina prema toj klasifikaciji navedene su u tablici 3. Utvrđeno je čak dvanaest tipova godišnjega hoda padalina, što se može objasniti većim prostorom koji je obuhvaćen tom tipologijom u odnosu na istraživanje koje su proveli Penzar i Penzar (1982-83), ali i varijabilnošću klime.

Tab. 3. Tipovi godišnjega hoda padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini prema Köppenovoj klasifikaciji
 Tab. 3 Types of annual precipitation course in Croatia and Bosnia and Herzegovina after Köppen climate classification

Tip godišnjeg hoda padalina	Postaje
s	Lastovo (1)
s'	Dubrovnik, Mali Lošinj (2)
s''	Hvar (1)
s's''	Split-Marjan, Šibenik, Zadar (3)
fs'	Gračac, Mostar, Pula (3)
fs's''	Crikvenica, Drniš, Gospić, Knin, Ličko Lešće, Livno, Parg, Pazin, Rijeka, Senj, Sinj (11)
fw'w''	Bihać, Bugojno, Karlovac, Ogulin, Slunj (5)
fw''x''	Sisak (1)
fw'x''	Sarajevo-Bjelave (1)
fw''x	Zagreb-Grič, Zagreb-Maksimir (2)
fwx''	Bjelovar, Koprivnica, Križevci, Prijedor, Solokac (5)
fwx	Banja Luka, Bijeljina, Doboj, Donji Miholjac, Osijek, Slavonski Brod, Tuzla, Varaždin (8)

Geografska raspodjela godišnjih i polugodišnjih vrijednosti varijabilnosti padalina

S obzirom na odnos mora i kopna te reljefna obilježja istraživanih prostora postoje velike razlike u godišnjim vrijednostima varijabilnosti padalina (sl. 2). Najmanju varijabilnost (manju od 10 %) imaju postaje Parg (7,6 %) i Bijeljina (8,5 %). Varijabilnost padalina povećava se prema jugu, što je posljedica utjecaja subtropskih anticiklona u ljetnim mjesecima. Najveće godišnje vrijednosti varijabilnosti imaju postaje Lastovo (18,8 %) i Dubrovnik (17,7 %). Varijabilnost padalina veću od 16 % imaju pojedine postaje na jadranskoj obali (Šibenik 17,0 %, Zadar 16,3 %) te Kvarner (Senj 16,3 %). Nešto veće vrijednosti za Kvarner dobivene su i u prethodnim istraživanjima (Juras, 1995; Maradin, 2013), što se može objasniti utjecajem dinamike reljefa te odnosa mora i kopna u tom dijelu Hrvatske na postanak padalina, pogotovo ako se uzme u obzir broj dana s padalinama, koji se zimi bitno ne razlikuje u odnosu na ostale postaje na Jadranu. Varijabilnost padalina

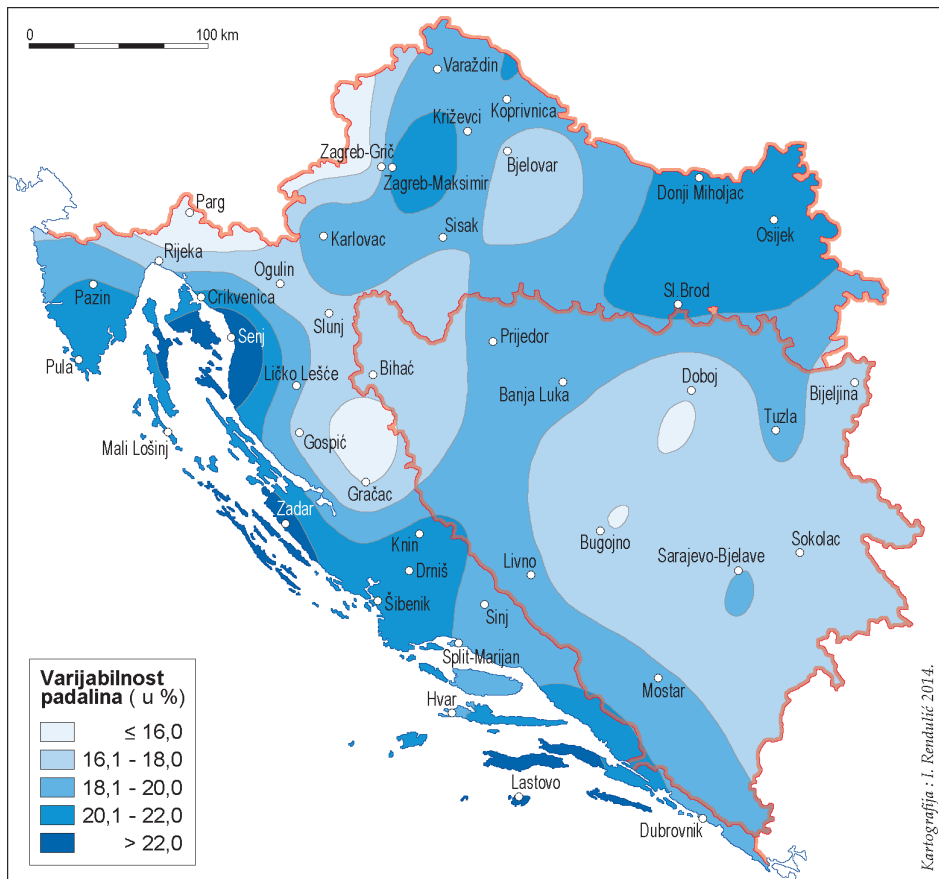


Sl. 2. Geografska raspodjela godišnje vrijednosti varijabilnosti padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini (%)
 Fig. 2 Geographical distribution of annual values of precipitation variability in Croatia and Bosnia and Herzegovina (%)

povećava se lagano i prema sjeveroistoku (sl. 2) te je najveća u Varaždinu (14,5 %) i Donjem Miholjcu (14,1 %), zbog smanjenja količine padalina, ali i većeg utjecaja kontinentalnosti.

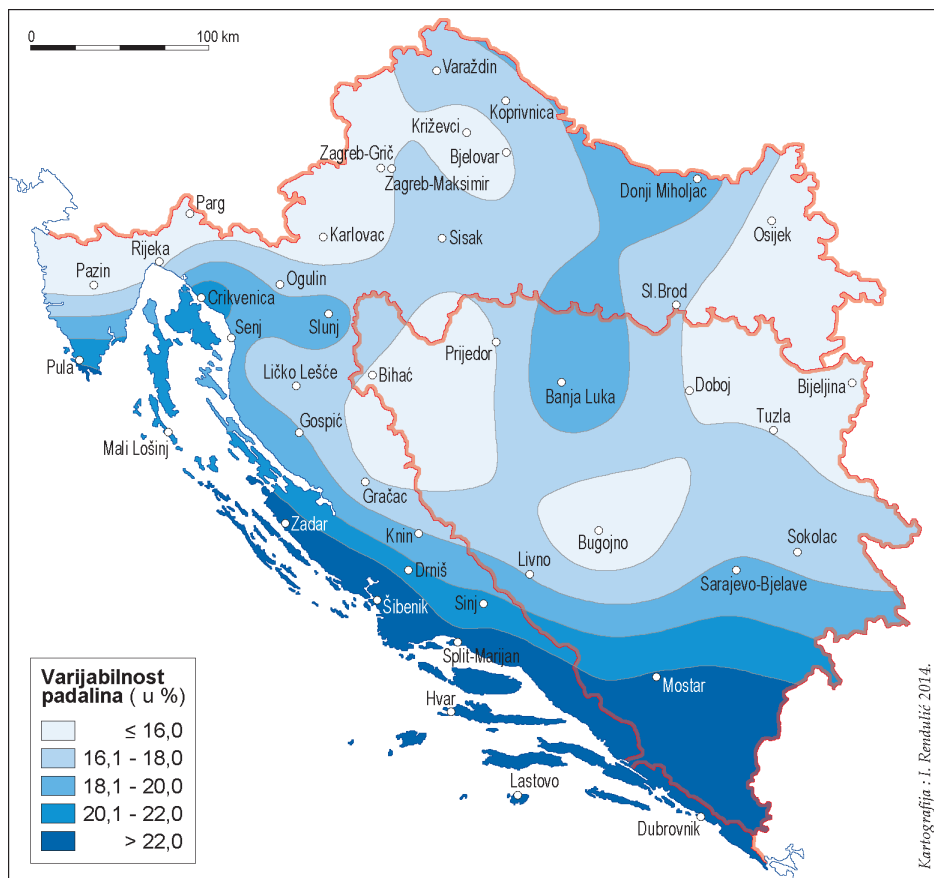
Godišnje vrijednosti varijabilnosti padalina daju prosječni pregled varijabilnosti, ali njima često nije moguće objasniti uzroke takvih vrijednosti. Uzroci će biti jasniji kad se analizira varijabilnost padalina u kraćim razdobljima – polugodištima i godišnjim dobima.

Varijabilnost padalina u hladnom dijelu godine najveća je na Kvarneru i u postaji Zadar (sl. 3), što je posljedica utjecaja klimatskih modifikatora na njihov postanak. Hrvatska je obala vrlo razvedena, te raspodjela mora i kopna ima veliki utjecaj na postanak i geografsku raspodjelu padalina. Usto velika dinamika reljefa na Kvarneru pojačava utjecaj privjetrine i zavjetrine na postanak padalina, pa njihova geografska raspodjela može biti vrlo različita, čak i u relativno bližim područjima. U nekim postajama Kvarnera i Istre (Crikvenica, Pazin i Pula) od 1961. do 1990. u siječnju su padaline potpuno izostale, što također utječe na



Sl. 3. Geografska raspodjela varijabilnosti padalina u hladnom dijelu godine (listopad – ožujak) (%)
 Fig. 3 Geographical distribution of precipitation variability in the cold half-year period (October – March) (%)

veće vrijednosti varijabilnosti. Na južinom je Jadranu varijabilnost padalina manja nego na sjevernome, što je posljedica relativno ravnomjerne raspodjele padalina koju donose ciklone sa Sredozemnog mora (Penzar i Penzar, 1979-81). Ipak, vrijednosti varijabilnosti i dalje su vrlo visoke, pogotovo u postaji Lastovo (25,2 %), što je najveća vrijednost u hladnom polugodištu. Varijabilnost padalina nešto je veća i u istočnoj Hrvatskoj, kao i u okolini Zagreba, što se može objasniti minimumom padalina u hladnom dijelu godine. U reljefno višim dijelovima Hrvatske i Bosne i Hercegovine u postajama koje primaju veću količinu padalina varijabilnost je manja. Ipak, zbog relativno malog broja postaja u Bosni i Hercegovini potrebno je biti oprezan u tumačenju geografske raspodjele varijabilnosti, pogotovo ako se uzme u obzir velika dinamika reljefa. Veći broj postaja u Bosni i Hercegovini omogućio bi kvalitetniju analizu, a time i bolje objašnjenje čimbenika koji uzrokuju varijabilnost padalina. Ipak, u hladnom polugodištu varijabilnost padalina u Bosni i Hercegovini najmanja je u središnjim dijelovima (Bugojno 16,1 %, Doboju 16,2 %), a povećava se prema sjeveru i jugu (sl. 3).



Sl. 4. Geografska raspodjela varijabilnosti padalina u toplom dijelu godine (travanj – rujan) (%)

Fig. 4 Geographical distribution of precipitation variability in the warm half-year period (April – September) (%)

Za razliku od varijabilnosti padalina u hladnom dijelu godine, u toplom dijelu ona pokazuje ravnomjerniju prostornu raspodjelu (sl. 4). Najveća je varijabilnost padalina u južnom dijelu, što se može objasniti utjecajem subtropskih anticiklona, koje utječu na smanjenje količine padalina, a one u ljetnim mjesecima (najčešće srpnju i kolovozu) mogu i potpuno izostati (Juras, 1995; Maradin, 2011). I u tom dijelu godine vrijednosti varijabilnosti padalina na Kvarneru nešto su veće. Prema sjeveru se varijabilnost padalina smanjuje te u kontinentalnoj unutrašnjosti ima relativno mali raspon (Parg 12,7 %, Banja Luka 19,6 %) u odnosu na primorje (Pazin 15,2 %, Hvar 32,9 %). Tako mali raspon može se objasniti relativno velikim brojem načina postanka padalina u toplom dijelu godine u tim prostorima (Penzar i Penzar, 1979-81) koji utječu na ravnomjernu raspodjelu padalina.

Geografska raspodjela sezonskih vrijednosti varijabilnosti padalina

U tablici 4 naveden je broj postaja u kojima se javljaju minimumi i maksimumi varijabilnosti padalina prema godišnjim dobima. U podjednakom broju postaja maksimum

varijabilnosti padalina javlja se u jesen i zimi. Maksimalna varijabilnost padalina u jesen javlja se u većini postaja sjevernog Jadrana i Gorske Hrvatske. Sve postaje južnog Jadrana imaju maksimalnu varijabilnost ljeti. Osim u tim postajama maksimalna varijabilnost ljeti javlja se u postajama Karlovac, Ličko Lešće i Bihać te Banja Luka, Sarajevo-Bjelave i Tuzla. Ostale postaje u kontinentskoj Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini imaju maksimalnu varijabilnost padalina zimi. Jedina postaja koja maksimalnu varijabilnost ima u proljeće jest Dobož.

Tab. 4. Broj postaja u odnosu na učestalost pojave maksimuma i minimuma varijabilnosti padalina prema godišnjim dobima

Tab. 4 *Number of stations in relation to frequency distribution of maximum and minimum precipitation variability by seasons*

	Proljeće	Ljeto	Jesen	Zima
maksimum	1	11	16	15
minimum	23	7	10	3

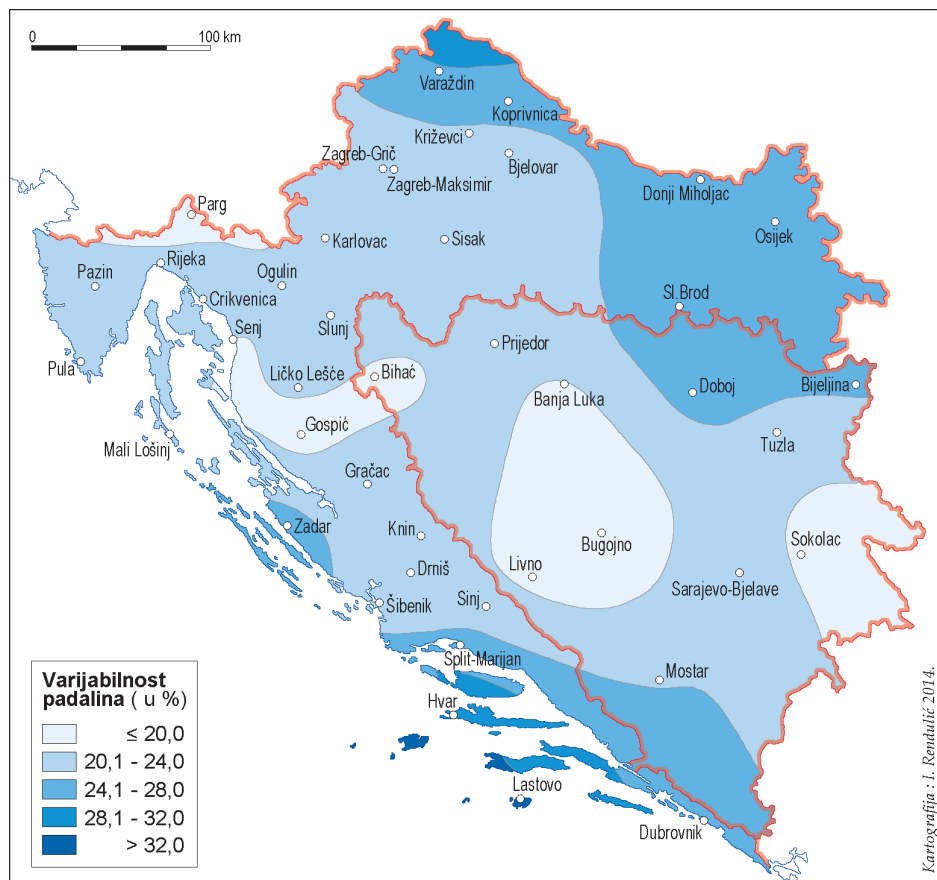
Proljeće je godišnje doba s minimumom varijabilnosti padalina u čak 23 postaje. Minimum varijabilnosti padalina u proljeće javlja se u svim postajama s maritimnim pluviometrijskim režimom osim u postaji Sisak te postajama krajnjeg juga (Split-Marjan, Hvar, Lastovo i Dubrovnik), gdje se javlja u jesen ili zimi. U najvećem dijelu središnje Hrvatske i sjevera Bosne i Hercegovine minimum se javlja u jesen. Minimum varijabilnosti padalina ljeti obilježje je istočne Hrvatske i krajnjeg zapada središnje Hrvatske.

Iz navedene raspodjele minimuma i maksimuma varijabilnosti padalina po godišnjim dobima može se pretpostaviti da će godišnje doba s najvećom varijabilnosti sezonskih padalina biti jesen, a s najmanjom proljeće. Da je doista tako, pokazuju karte varijabilnosti padalina po godišnjim dobima.

Proljeće je godišnje doba s najmanjim vrijednostima varijabilnosti sezonskih količina padalina. Najveći dio Hrvatske i Bosne i Hercegovine u proljeće ima varijabilnost padalina manju od 24 % (sl. 5). Minimum varijabilnosti padalina javlja se u reljefno višim dijelovima Hrvatske (Parg 18,8 %, Gospić 19,1 %), dok se u Bosni i Hercegovini javlja i u postajama na nižim nadmorskim visinama (Bugojno 16,1 %, Livno 19,0 %, Sokolac 19,0 %, Bihać 19,3 %). Vrijednosti varijabilnosti padalina povećavaju se prema jugu i sjeveru. Varijabilnost padalina na sjeveru Hrvatske ne prelazi 30 %. Najveća je u Varaždinu, 27,7 %. Najveću varijabilnost padalina u proljeće, veću od 30 %, imaju postaje Hvar (31,4 %) i Lastovo (32,6 %). Velika varijabilnost padalina tih dviju postaja može se objasniti malim brojem dana s padalinama u proljeće u odnosu na ostale postaje. Način postanka padalina također uzrokuje male vrijednosti varijabilnosti padalina u proljeće. Penzar i Penzar (1979-81) navode da sa zagrijavanjem kopna, koje počinje u ožujku, dolazi do smanjivanja padalinskog doprinosa fronta i smanjenja doprinosa ciklona na moru u ukupnoj količini padalina, ali se pojavljuju dva nova izvora padalina: ciklone na kopnu i konvektivne padaline. Ti tipovi postanka padalina javljaju se u proljeće, a imaju za posljedicu veliku količinu padalina u lipnju. Veliki broj čimbenika koji uzrokuju nastanak padalina u proljeće utječe na male vrijednosti varijabilnosti padalina. To potvrđuje i

činjenica da se prema jugu smanjuje utjecaj labilnosti i fronta, što uz smanjenje broja ciklona na kopnu smanjuje raznolikost postanka padalina (Penzar i Penzar, 1979-81) i ima za posljedicu veću varijabilnost padalina. Navedena obilježja padalina od velikog su značenja za poljoprivrednu proizvodnju. Male vrijednosti varijabilnosti te relativno velike količine padalina na početku vegetacijskog razdoblja povoljna su obilježja klime za poljoprivredu u krajevima obuhvaćenim istraživanjem (Juras, 1995).

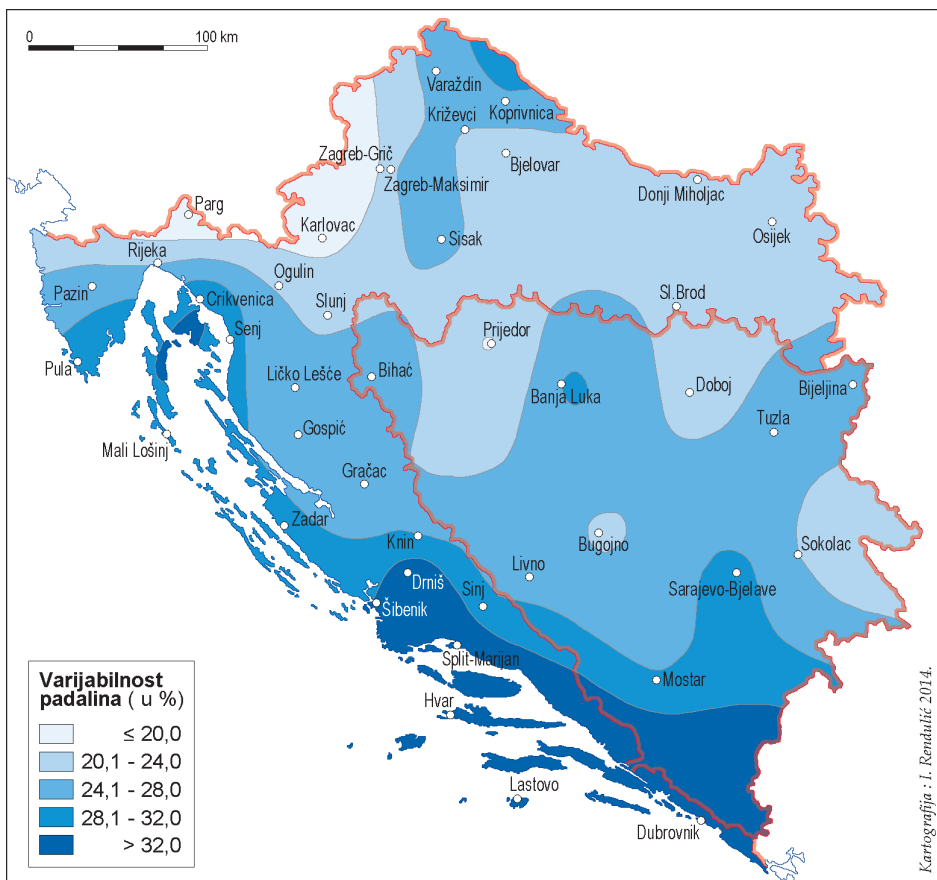
Ljeti su vrijednosti varijabilnosti padalina u južnom dijelu istraživanog prostora veće nego u proljeće. Naime kako se opća cirkulacija “pomiče za Suncem”, tako se i pojas ciklonske aktivnosti povlači na sjever otprilike iznad 50° sjeverne geografske širine, a subtropski pojas dolazi do naših južnih krajeva (Penzar i Penzar, 1979-81). Osim toga na prostoru s maritimnim pluviometrijskim režimom ljetno je godišnje doba s najmanjom količinom padalina. Zato su vrijednosti varijabilnosti padalina najveće na jugu (veće od 32 %), a smanjuju se prema sjeveru kako jača utjecaj ciklonske aktivnosti (sl. 6). U južnoj Hrvatskoj maksimum varijabilnosti padalina javlja se u postaji Lastovo,



Sl. 5. Geografska raspodjela varijabilnosti padalina u proljeće (%)
 Fig. 5 Geographical distribution of precipitation variability in spring (%)

gdje iznosi 50,9 %. Najveći dio Bosne i Hercegovine ima varijabilnost padalina između 24 i 28 %, kao i veći dio središnje Hrvatske. Najmanju varijabilnost imaju postaje na krajnjem sjeverozapadnom dijelu Hrvatske Parg (15,8 %) i Karlovac (18,6 %). I ovdje se može uočiti nedostatak većeg broja postaja u Bosni i Hercegovini za bolje razumijevanje obilježja varijabilnosti padalina. Naime izdvajaju se dva “otoka” s malim vrijednostima varijabilnosti (Prijeđor i Bugojno). Veći broj postaja sigurno bi pružio više argumenata za objašnjenje varijabilnosti padalina u širem području oko tih postaja. Postaje na Kvarneru imaju ljeti nešto veću varijabilnost u odnosu na okolni prostor (sl. 6). To potvrđuju i sve učestalija jaruženja, koja se, kao posljedica intenzivnih padalina u tom dijelu Hrvatske, javljaju upravo krajem ljeta (Faire i dr., 2011).

U najvećem broju postaja maksimum varijabilnosti padalina javlja se u jesen. Ipak, postoje značajne razlike u varijabilnosti padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. Vrijednosti varijabilnosti padalina veće od 32 % javljaju se na sjevernom i srednjem Jadranu, od postaje Crikvenica do postaje Šibenik (sl. 7), te u postaji Lastovo, gdje je i

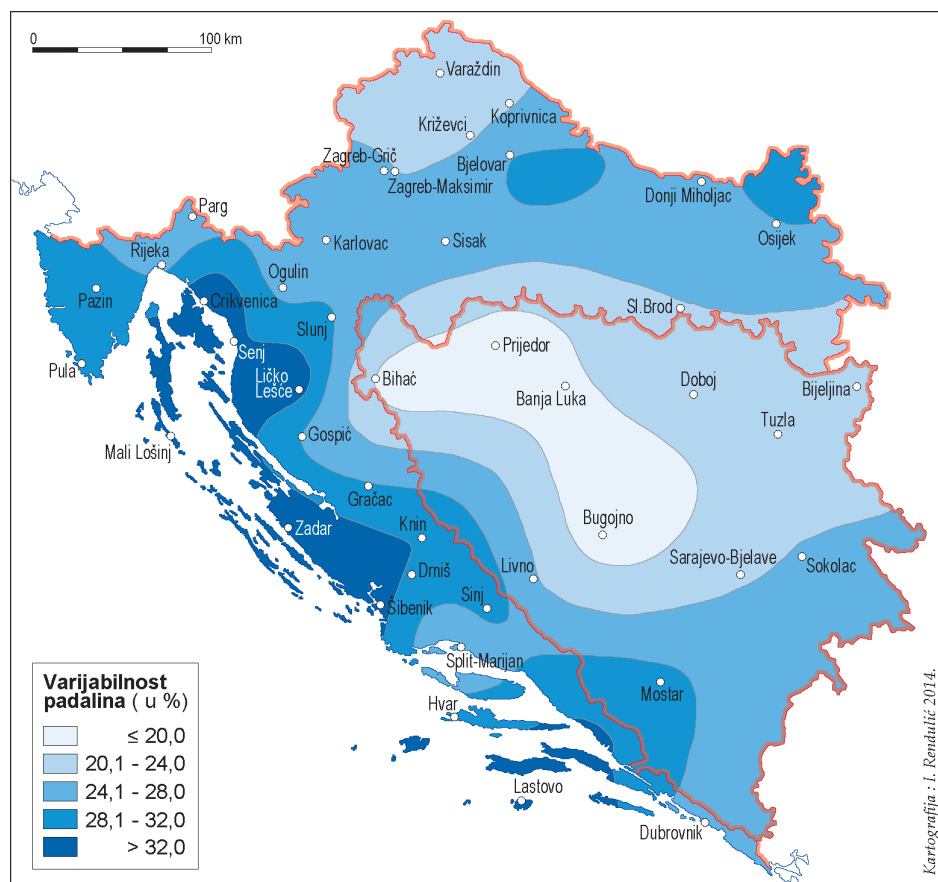


Sl. 6. Geografska raspodjela varijabilnosti padalina ljeti (%)

Fig. 6 Geographical distribution of precipitation variability in summer (%)

zabilježena najveća varijabilnost, 36,6 %. Ostali dijelovi Hrvatske imaju varijabilnost padalina između 24 i 28 posto, a ona se smanjuje prema unutrašnjosti Bosne i Hercegovine, posebno prema njezinu zapadnom dijelu, gdje je niža od 20 %. Visoka varijabilnost padalina u jesen određena za neke postaje može se objasniti činjenicom da se u listopadu u drugoj polovini dvadesetog stoljeća broj dana s tipovima vremena koji daju padaline značajno smanjio, a broj dana sa stanjima bez padalina značajno povećao (Penzar i Penzar, 1979-81). To za posljedicu ima smanjenje količine padalina u listopadu u drugoj polovini dvadesetog stoljeća (Penzar i Penzar, 1979-81; Juras, 1985), koje se može povezati s povećanjem varijabilnosti u tome mjesecu. Osim toga visoke vrijednosti varijabilnosti padalina posljedica su i izrazito sušnog listopada 1965., kada gotovo nije bilo padalina, dok su u listopadu prethodne, 1964. godine količine padalina u nekim postajama bile čak i više nego triput veće od tridesetogodišnjeg prosjeka (1961. – 1990.).

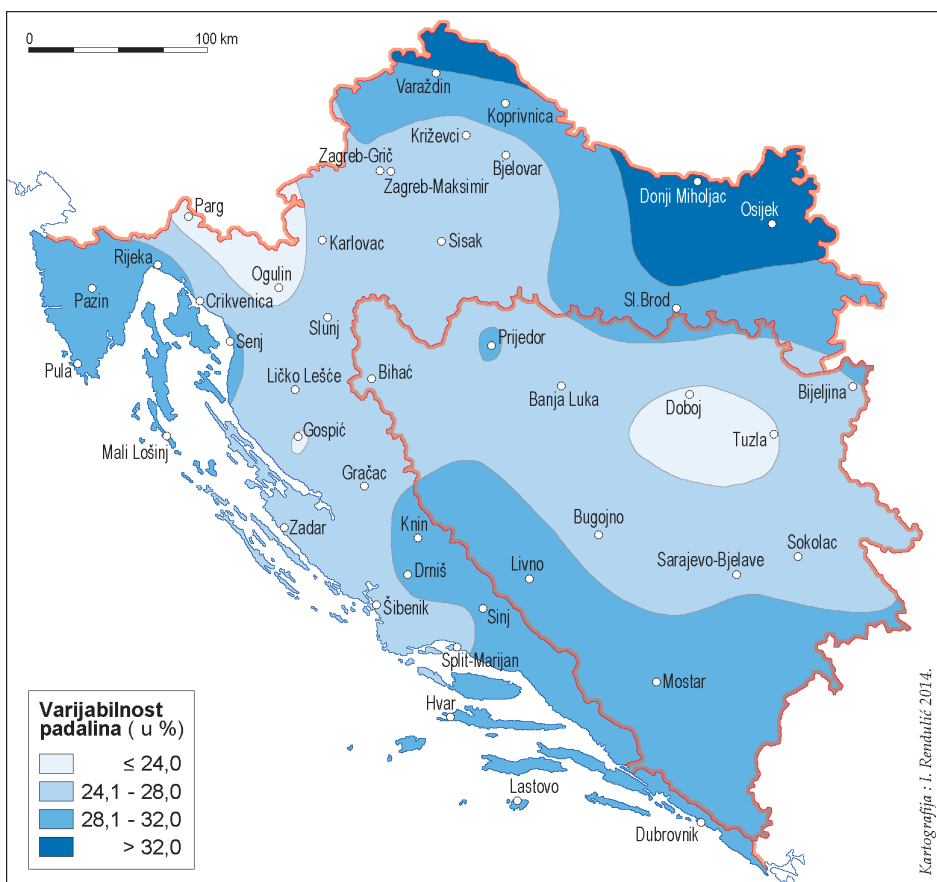
Manje vrijednosti varijabilnosti padalina u jesen u najvećem dijelu Bosne i Hercegovine mogu se objasniti i činjenicom da u tim prostorima nije primijećeno značajno smanjenje



Sl. 7. Geografska raspodjela varijabilnosti padalina u jesen (%)
 Fig. 7. Geographical distribution of precipitation variability in autumn (%)

količine padalina (Majstorović i dr., 2004; Majstorović i dr., 2005; Zulum i Majstorović, 2010). U odnosu na vrijednosti ljeti, u jesen se varijabilnost padalina na južnom Jadranu smanjila (sl. 7), što je posljedica povlačenja subtropskih anticiklona i jačanja utjecaja ciklonske cirkulacije, što dovodi do povećanja količine padalina u tom prostoru (Penzar, 1959; Penzar i Penzar, 1979-81).

Zimi su vrijednosti varijabilnosti padalina i dalje relativno visoke (sl. 8). U unutrašnjosti se one povećavaju prema sjeveru (Varaždin, 31,8 %) i istoku (Slavonski Brod 31,2 % i Donji Miholjac 34,1 %). Najveći dio postaja na obali, osim onih srednjeg Jadrana, ima varijabilnost padalina od 28 do 32 posto. Ipak, u većini postaja na obali, pogotovo na sjevernom i srednjem Jadranu, smanjila se varijabilnost padalina, što se može objasniti utjecajem ciklonske cirkulacije na postanak padalina, zbog čega maksimum padalina nastupa zimi. Najmanju varijabilnost padalina zimi imaju postaje Gorske Hrvatske (Parg 22,2 %, Ogulin 22,5 % i Gospić, 24,0 %), a u Bosni i Hercegovini postaje Doboj (23,5 %) i Tuzla (23,9 %).



Sl. 8. Geografska raspodjela varijabilnosti padalina zimi (%)
 Fig. 8 Geographical distribution of precipitation variability in winter (%)

Rezultati rada pokazali su da uključivanje postaja u Bosni i Hercegovini u analizu varijabilnosti padalina u Hrvatskoj pomaže objašnjenju te pojave, pogotovo u graničnim prostorima Hrvatske prema toj državi. Varijabilnost padalina u Bosni i Hercegovini razlikuje se od varijabilnosti padalina u Hrvatskoj, što dolazi do izražaja u gotovo svim istraživanim razdobljima. Južni dijelovi Bosne i Hercegovine, prije svega zbog utjecaja subtropskih anticiklona u toplom dijelu godine, imaju varijabilnost padalina sličnu južnim, obalnim dijelovima Hrvatske. Isto vrijedi i za sjever Bosne i Hercegovine, gdje na postanak padalina djeluju slični čimbenici kao i u unutrašnjosti Hrvatske, zbog čega su slična i obilježja varijabilnosti padalina. Varijabilnost u ostatku Bosne i Hercegovine ima obilježja različita od susjednih dijelova Hrvatske. U svim su godišnjim dobima vrijednosti varijabilnosti padalina manje. To se može objasniti nešto većom količinom padalina, ali i većom dinamikom reljefa, zbog čega postoji više čimbenika postanka padalina. Kako je na prostoru Bosne i Hercegovine analiziran manji broj postaja nego u Hrvatskoj, nemoguće je jednoznačno objasniti uzroke dobivenih vrijednosti. Svakako bi zbog veće reljefne raščlanjenosti Bosne i Hercegovine u budućim radovima bilo potrebno uključiti veći broj postaja kako bi se dobio bolji pregled varijabilnosti padalina na cijelom prostoru Bosne i Hercegovine.

ZAKLJUČAK

U Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini javljaju se maritimni i kontinentski pluviometrijski režim padalina. U najvećem broju postaja s kontinentskim pluviometrijskim režimom maksimum je padalina ljeti, a minimum zimi. U postajama u kojima prevladava maritimni utjecaj najčešće se maksimum padalina javlja zimi, a minimum ljeti. U ostalim je postajama maksimum padalina u jesen, a minimum se javlja ljeti ili zimi.

Rezultati pokazuju relativno veliki raspon godišnjih vrijednosti varijabilnosti padalina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. Najmanju varijabilnost (manju od 10 %) imaju postaje Parg (7,6 %) i Bijeljina (8,5 %). Varijabilnost padalina povećava se od središnjeg dijela istraživanog prostora prema sjeveroistoku i jugu. Najveće godišnje vrijednosti varijabilnosti imaju postaje Lastovo (18,8 %) i Dubrovnik (17,7 %). Raspon godišnjih vrijednosti varijabilnosti padalina veći je u Hrvatskoj nego u Bosni i Hercegovini.

Varijabilnost padalina u hladnom dijelu godine najveća je na sjevernom Jadranu, što je posljedica utjecaja klimatskih modifikatora na postanak padalina. U dijelovima Hrvatske i Bosne i Hercegovine na većim nadmorskim visinama varijabilnost je padalina manja. U toplom polugodištu ona pokazuje puno veću prostornu pravilnost. Najveća je u južnom dijelu istraživanog prostora, što se može objasniti utjecajem subtropskih anticiklona, a prema sjeveru se varijabilnost u pravilu smanjuje. U najvećem broju postaja, njih 23, minimum varijabilnosti padalina javlja se u proljeće. Uglavnom su to postaje s maritimnim pluviometrijskim režimom, osim južnog dijela, gdje se minimum varijabilnosti javlja u jesen ili zimi. U najvećem dijelu središnje Hrvatske i sjevera Bosne i Hercegovine minimum varijabilnosti padalina javlja se u jesen, a u istočnoj Hrvatskoj te dijelu središnje Hrvatske ljeti. Maksimum varijabilnosti u najvećem broju istraživanih postaja javlja se u jesen ili zimi, a tek u nešto manjem broju ljeti.

Pokazalo se da je u svim godišnjim dobima varijabilnost padalina veća u Hrvatskoj nego u Bosni i Hercegovini. Također je i raspon vrijednosti varijabilnosti padalina u Hrvatskoj veći. Pritom valja uzeti u obzir broj postaja upotrijebljen u analizi varijabilnosti padalina, koji je u Bosni i Hercegovini bitno manji nego u Hrvatskoj, kao i prostornu raspodjelu tih postaja. Na rezultate utječe i činjenica da je Bosna i Hercegovina oblikom teritorija kompaktnija od Hrvatske, pa su čimbenici koji uzrokuju postanak padalina sličniji. Hrvatska se proteže duž obale, ali i zalazi relativno duboko u kontinentsku unutrašnjost, zbog čega su i čimbenici koji utječu na varijabilnost padalina u ta dva prostora bitno raznolikiji, pa je veći raspon varijabilnosti očekivan. Manje vrijednosti varijabilnosti padalina u Bosni i Hercegovini trebale bi povoljno utjecati na sve aspekte gospodarenja vodama u toj republici. Ipak, te bi rezultate trebalo provjeriti na većem broju postaja. Zbog činjenice da je energija reljefa veća na prostoru Bosne i Hercegovine, potrebna su regionalna istraživanja na većem broju postaja kako bi se potvrdili rezultati ovog rada.

ZAHVALA

Ovaj rad izrađen je u okviru znanstvenog projekta „Promjene okoliša i kulturni pejzaž kao razvojni resurs” (voditelj i glavni istraživač prof. dr. sc. Borna Fürst-Bjeliš) koji se provodi uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

LITERATURA

- Biel, E., 1944: *Climatology of the Mediterranean Area*, Institute of Meteorology, University of Chicago, Miscellaneous Reports 13, Chicago, Ill, 180 str.
- Conrad V., Pollak L. W., 1950: *Methods in Climatology*, Harvard University Press, Cambridge, 459 str.
- Faivre, S., Pahernik, M., Maradin, M., 2011: The Gully of Potovošća on the Island of Krk – The effects of a short-term rainfall event, *Geologia Croatica*, 64, 1, 67-80.
- Gajić-Čapka, M., 1982: Varijabilnost prosječnog oborinskog režima šire zagrebačke regije, *Rasprave* 17, 23-40.
- Gajić-Čapka, M., 1990: Precipitation variability in Zagreb, Yugoslavia. *Climatic change in the historical and the instrumental periods* (ed. Rudolf, B.), Brno: Masaryk University, 280-282.
- Gajić-Čapka, M., 1992: Stationarity, Trend and Periodicity of Precipitation at the Zagreb Grič Observatory from 1862 to 1990, *Hrvatski meteorološki časopis* 27, 1-10.
- Gajić-Čapka, M., Čapka, B., 1997: Procjene maksimalnih dnevnih količina oborine, *Hrvatske vode* 5, 20, 231-247.
- Gajić-Čapka, M., 1999: Duljina normalnog niza za kratkotrajne jake oborine u Hrvatskoj, *Hrvatske vode* 7, 29, 367-380.
- Hartkamp, A. D., de Beurs, K., Stein, A., White, J. W., 1999: *Interpolation Techniques for Climate Variables*, NRG-GIS Series 99-01, Mexico, D.F.: CIMMYT,
- http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarritecnicas_interpolacion_var_clima.pdf (4. 4. 2011.).
- Heijden van der, S., Haberlandt, U., 2010: Influence of spatial interpolation methods for climate variables on the simulation of discharge and nitrate fate with SWAT, *Advances in Geosciences* 27, 91-98.

- Hidrometeorološka služba, 1950-1980: *Meteorološki godišnjak I*, Beograd.
- Hofierka, J., Parajka, J., Mitasova, H., Mitas, L., 2002: Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension, *Transactions in GIS* 6, 2, 135-150.
- Hong, Y., Nix, H. A., Hutchinson, M. A., Booth, T. H., 2005: Spatial interpolation of monthly mean climate data for China, *International Journal of Climatology* 25, 1369-1379.
- Hutchinson, M. F., 1998: Interpolation of Rainfall Data with Thin Plate Smoothing Splines – Part II: Analysis of Topographic Dependence, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 2, 2, 152-167.
- Jones, P., 1999: The Instrumental Data Record: Its Accuracy and Use in Attempts to Identify the “CO₂ Signal”, in: *Analysis of Climate Variability* (eds. Von Storch, H., Navarra, A.), Springer, Heidelberg, 53-76.
- Juras, J., 1985: Neke karakteristike promjene klime Zagreba u posljednjem tridesetljeću, *Geofizika* 2., 93-102.
- Juras, J., 1995: *Metode za procjenu vremenske promjenljivosti količina oborina*, doktorski rad, Zagreb, 160 str. (Prirodoslovno-matematički fakultet.)
- Lebedev, A. N., Boruško, I. S., Egorovoj, A. J., 1979: *Klimatičeskij spravočnik Zapadnoj Evropi*. Hidrometeorološki izdat, Leningrad, 678 str.
- Lionello, P., Malanote-Rizzolli, P., Alpert, P., Artale, V., Boscolo, R., Li, L., Luterbacher, J., May, W., Trigo, R., Tsimplis, M., Ulbrich, U., Xoplaki, E., 2006: MedCLIVAR: Mediterranean CLimate VARIability, *Exchanges* 37, 11, 2, 3-5.
- Majstorović, Ž., Toromanović, A., Halilović, F., 2004: Trends of climatic changes considering over the years 1894–1993 and 1894–2003 for Sarajevo, *BALWOIS Conference*, Ohrid 2004.
- Majstorović, Ž., Toromanović, A., Gabela, L., 2005: Changes in precipitation regime in Sarajevo (1894-2003), *Hrvatski meteorološki časopis* 40, 667-668.
- Makjanić, B., Volarić, B. 1979: Prilog poznavanju klime otoka Hvara, *Rad JAZU* 383, 273-344.
- Maradin, M., 2007: Varijabilnost padalina u Osijeku, *Hrvatski geografski glasnik* 69, 2, 53-77.
- Maradin, M., 2008: Varijabilnost padalina u Hvaru i Crikvenici, *Geoadria* 13, 2, 133-154.
- Maradin, M., 2011: *Geografski aspekt razlika u varijabilnosti padalina kontinentskog i maritimnog pluviometrijskog režima u Republici Hrvatskoj*, doktorski rad, Zagreb, 126 str. (Prirodoslovno-matematički fakultet).
- Maradin, M., Filipčić, A., 2012: Prostorne razlike u varijabilnosti padalina Središnje Hrvatske, *Hrvatski geografski glasnik* 74, 1, 41-59.
- Maradin, M., Filipčić, A., Orešić, D., 2012: Varijabilnost padalina u izabranim postajama na jadranskoj obali, *Acta Geographica Croatica* 38, 25-34.
- Maradin, M., 2013: Varijabilnost padalina na području Hrvatske s maritimnim pluviometrijskim režimom, *Geoadria* 18, 1, 3-27.
- Margetić, F., 1942: Oborina, u: *Klima Hrvatske* (ur. Škreb, S. i dr.), Geofizički zavod, Zagreb, 104-123.
- Mikolaskova, K., 2009: Continental and oceanic precipitation regime in Europe, *Central European Journal of Geosciences* 1(2), 176-182.
- Milković, J., 1998: Oborina na otocima i obali, *Voda na hrvatskim otocima*, zbornik radova, Hrvatsko hidrološko društvo, Hvar, 83-98.
- Morales, C., 1977: Rainfall Variability – A Natural Phenomenon, *Ambio* 6, 1, 30-33.
- Naoum, S., Tsanis, I. K., 2004: Ranking spatial interpolation techniques using a GIS-based DSS, *GLOBAL NEST: the International Journal* 6, 1, 1-20.
- Pandžić, K., 1988: Principal component analysis of the precipitation in the Adriatic-Pannonian area of Yugoslavia, *Journal of Climatology* 8, 357-370.
- Penzar, B., 1959: Razdioba Schulzeovih koeficijenata godišnjeg hoda padavina u FNRJ, *Vesnik hidrometeorološke službe FNRJ*, Beograd, 8, 1-2, 32-38.

- Penzar, B., Penzar I., 1979-81: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj, Dio I. i II. *Geografski glasnik* 41-42, 27-48; 43, 27-49.
- Penzar, B., Penzar I., 1982-83: Prikaz godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj pomoću Köppenove sheme, *Radovi* 17-18, 3-9.
- Penzar, B., Gajić-Čapka, M., Lončar, E., Pandžić, K., Penzar, I., Poje, D., 1996: *Meteorologija za korisnike*, Školska knjiga, Zagreb, 276 str.
- Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M., 2001: *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*, Nakladna kuća "Dr. Feletar", Zagreb, 258 str.
- Rubinić, J., Gajić-Čapka, M., Milković, J., Ožanić, N., 1995: Intenziteti oborine – problemi obrade i interpretacije u praksi, *Uloga hidrologije u gospodarstvu Hrvatske*, zbornik radova okruglog stola, Zagreb, 53-69.
- Srebrenović, D., 1970: *Problemi velikih voda*, Tehnička knjiga, Zagreb, 277 str.
- Šegota, T., 1969: Sekularne fluktuacije padaline u Zagrebu, *Geografski glasnik*, 31, 5-55
- Šegota, T., 1986: Relativni udio padalina u Jugoslaviji u toploj i hladnoj polovici godine, *Radovi*, 21, 3-6.
- Šegota, T., Filipčić, A., 2007: Suvremene promjene klime i smanjenje protoka Save u Zagrebu, *Geoadria* 12, 1, 47-58.
- Šošić, I., Serdar, V., 2002: *Uvod u statistiku*, Školska knjiga, Zagreb, 363 str.
- Zulum, Dž., Majstorović, Ž., 2010: The Impact of Climate Change on the Precipitation Regime in Bosnia and Herzegovina, 91-96, u: *Global Environmental Change: Challenges to Science and Society in Southeastern Europe*, Selected Papers presented at the International Conference held 19-21 May 2008 in Sofia (eds: Alexandrov, V., Gajdusek, M. F., Knight, C. G., Yotova, A., Springer) 278. str.

SUMMARY

Geographical Distribution of Precipitation Variability in Croatia and Bosnia and Herzegovina

Mladen Maradin, Ivan Madžar, Ivan Perutina

This paper analyzes the spatial differences of precipitation variability in Croatia and Bosnia and Herzegovina. The mean relative variability of precipitation was used in order to calculate precipitation variability for 43 stations (32 in Croatia and 11 in Bosnia- Herzegovina) for the 1961–1990 period. Tension Spline method (ArcGIS software, version 9.3.) was used for spatial analyses of differences in precipitation variability. In the process of spatial interpolation the impact of the relief on variability was ignored, due to the small number of stations used and inadequate distribution of stations according to altitude. The areas with maritime and continental pluviometric regimes were determined within the researched area. At most stations with a continental regime, the precipitation maximum occurs in summer and the minimum in winter. At stations, in which maritime influence is dominant, the precipitation maximum is usually occurring in winter and the minimum in summer. In the other stations the precipitation maximum is in autumn, and the minimum is in summer or winter.

The research results showed that there is a relatively large range of annual mean precipitation variability in Croatia and Bosnia and Herzegovina. The lowest variability (less than 10 %) is at the Parg (7.6 %) and Bijeljina (8.5 %) stations. The precipitation variability increases from the central part of the researched area towards the northeast and south. The highest annual values of

precipitation variability have been determined for the Lastovo (18.8 %) and Dubrovnik (17.7 %) stations. It was determined that the range of annual mean precipitation variability is higher in Croatia than in Bosnia and Herzegovina.

The precipitation variability in the cold season (from October to March) is the highest in the northern Adriatic area, due to the influence of climatic factors on the formation of precipitation. Values of precipitation variability are lower in the areas with higher altitudes in Croatia and Bosnia and Herzegovina. In the warm half-year (from April to September) there is more spatial regularity within precipitation variability. The highest amounts of variability are in the southern part of the researched area, which can be explained by the subtropical maximum of air pressure. Towards the north, precipitation variability, in general, decreases. At 23 stations a minimum of precipitation variability occurs in spring. These are stations characterized by maritime pluviometric regime, except for the stations in the southern part of the researched area, where the minimum variability occurs in the autumn or winter. For most parts of central and northern Croatia and Bosnia and Herzegovina, the minimum of precipitation variability occurs in the autumn. The minimum of precipitation variability in summer occurs in eastern Croatia and part of central Croatia. Maximum variability at most of the studied stations occurs in the autumn or winter and only in a small number of stations in summer.

The results of the research showed that precipitation variability is higher in all seasons in Croatia, than in Bosnia and Herzegovina. In addition, the range of precipitation values variability values in Croatia is higher. Lower precipitation variability in Bosnia and Herzegovina should have a positive impact on all aspects of water management in the republic. However, these results should be tested on a larger number of stations in both states, due to the fact that relief energy is higher in Bosnia and Herzegovina.

Primljeno (Received): 10-12-2013

Prihvaćeno (Accepted): 01-10-2014

Dr. sc. **Mladen Maradin**, znanstveni novak-viši asistent
Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek
Marulićev trg 19/II, 10 000 Zagreb
mmaradin@geog.pmf.hr
Dr. sc. **Ivan Madžar**, docent
Sveučilište u Mostaru
Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti
Matice Hrvatske b.b., 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina
madzar.ivan@gmail.com
Ivan Perutina, asistent
Sveučilište u Mostaru
Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti
Matice Hrvatske b.b., 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina
peru.tina@hotmail.com