

**ЕКСТРЕМНИ ТЕМПЕРАТУРНИ И ПАДАВИНСКИ
МЈЕСЕЦИ У ИСТОЧНОЈ ХЕРЦЕГОВИНИ****Татјана Попов^{1*}, Слободан Гњато¹ и Горан Трбић¹**¹Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

Сажетак: У раду се анализирају промјене учесталости појаве екстремних температурних и екстремних падавинских мјесеци у региону Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године. Екстремни температурни и падавински мјесеци дефинисани су као мјесеци са температурама и падавинама испод/изнад дугогодишњег 10./90. перцентила. Добијени резултати показују да је 77 % екстремно хладних мјесеци забиљежено у периоду 1961–1990. године, а 67 % екстремно топлих мјесеци у периоду 1991–2016. године. То указује да је на истраживаном подручју присутна тенденција загријавања. За разлику од температуре, промјене падавина нису једнообразне нити знатно изражене. Уочене промјене у појави екстремних температурних и екстремних падавинских мјесеци снажно ће утицати на природне и социо-економске системе. С обзиром на наведено, неопходно је имплементирати ефикасне стратегије ублажавања и прилагођавања на климатске промјене.

Кључне ријечи: екстремни температурни и падавински мјесеци, праг 10. и 90. перцентила, климатске промјене, Источна Херцеговина.

Original scientific paper

**EXTREME TEMPERATURE AND PRECIPITATION
MONTHS IN THE EAST HERZEGOVINA REGION****Tatjana Popov^{1*}, Slobodan Gnjato¹ and Goran Trbić¹**¹University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

Abstract: The paper analyses changes in the occurrence of extreme temperature and extreme precipitation months over the East Herzegovina region during the period 1961–2016. Extreme temperature and precipitation months are defined as months with temperature and precipitation below/above the long-term 10th/90th percentile. The obtained results showed that 77 % of the extremely cold months was registered in the period 1961–1990, whereas the 67 % of the extremely warm months occurred in the period 1991–2016. This indicates that a warming tendency is present over the study area. Unlike the temperature, changes in extreme precipitation months were not uniform and so much prominent. The observed changes in the occurrence of extreme temperature and precipitation months will have a strong impact on both natural and socio-economic systems. Given the stated, implementation of efficient adaptation and mitigation strategies will certainly be necessary.

Key words: extreme temperature and precipitation months, threshold of 10th and 90th percentile, climate change, East Herzegovina region.

* Аутор за кореспонденцију: Татјана Попов, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: tatjana.popov@pmf.unibl.org
Corresponding author: Tatjana Popov, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: tatjana.popov@pmf.unibl.org

УВОД

Регион Медитерана једно је од примарних жаришта климатских промјена (тј. регија са климатским системом који ће нарочито реаговати на глобалне промјене) (Giorgi, 2006). Подручје источног Медитерана у великој мјери под утицајем је климатских промјена, првенствено повећања учесталости појаве и интензитета суша и топлих таласа (Lelieveld et al., 2012). Значајне промјене средњих и екстремних температура у правцу загријавања утврђене су широм Медитерана (Alexander et al., 2006; Burić, Ducić, Mihajlović, Luković, & Dragojlović, 2015; Donat et al., 2013; Espirito Santo, de Lima, Ramos, & Trigo, 2014; Fioravanti, Piervitali, & Desiato, 2016; Fonseca, Carvalho, Marta-Almeida, Melo-Gonçalves, & Rocha, 2016; Kioutsioukis, Melas, & Zerefos, 2010; Popov, Gnjato, & Trbić, 2017). У региону Медитерана преовладавају негативни трендови укупних годишњих падавина (Alpert et al., 2002; de Lima, Santo, Ramos, & Trigo, 2015; Gajić-Čapka, Cindrić, & Pasarić, 2015; Hatzianastassiou, Katsoulis, Pnevmatikos, & Antakis, 2008; Kelley, Ting, Seager, & Kushnir, 2012; Philandras et al., 2011). Међутим, у већини подручја интензитет падавина се повећава (Alpert et al., 2002).

Претходна истраживања спроведена на подручју Источне Херцеговине утврдила су позитивне трендове средњих, максималних и минималних температура током цијеле године – промјене су биле најизраженије љети, а затим у сезонама зима и прољеће, док су трендови у сезони јесен слаби и углавном инсигнификантни (Popov, Gnjato, & Trbić, 2018; Trbić, Popov, & Gnjato, 2017). Промјене у температурним екстремима такође су у складу са тенденцијом загријавања – учесталост појаве и вриједности топлих индекса порасли су, док су хладни индекси забиљежили негативне трендове (Popov et al., 2018). Треба нагласити да су трендови топлих индекса били израженији – највеће вриједности трендова добијене су за максималне вриједности дневних максималних и минималних

INTRODUCTION

Mediterranean region is one of the primary hotspots of climate change (i.e. a region with climate system particularly responsive to global change) (Giorgi, 2006). The Eastern Mediterranean region is greatly affected by climate change, associated with increases in the frequency and intensity of droughts and hot weather conditions (Lelieveld et al., 2012). Significant changes in mean and extreme temperatures, consistent with a warming tendency were found all over the Mediterranean region (Alexander et al., 2006; Burić, Ducić, Mihajlović, Luković, & Dragojlović, 2015; Donat et al., 2013; Espirito Santo, de Lima, Ramos, & Trigo, 2014; Fioravanti, Piervitali, & Desiato, 2016; Fonseca, Carvalho, Marta-Almeida, Melo-Gonçalves, & Rocha, 2016; Kioutsioukis, Melas, & Zerefos, 2010; Popov, Gnjato, & Trbić, 2017). Over the Mediterranean region decreasing trends in total annual precipitation were predominant (Alpert et al., 2002; de Lima, Santo, Ramos, & Trigo, 2015; Gajić-Čapka, Cindrić, & Pasarić, 2015; Hatzianastassiou, Katsoulis, Pnevmatikos, & Antakis, 2008; Kelley, Ting, Seager, & Kushnir, 2012; Philandras et al., 2011). However, in numerous regions, rainfall intensity has been increasing (Alpert et al., 2002).

Previous studies carried out for the East Herzegovina region determined positive trends in mean, maximum and minimum temperatures throughout the year – changes were most prominent in summer season, and then in winter and spring, whereas autumn trends were low and mainly insignificant (Popov, Gnjato, & Trbić, 2018; Trbić, Popov, & Gnjato, 2017). Changes in temperature extremes were also consistent with a warming tendency – warm-related indices increased, whereas cold-related indices showed a downward trend (Popov et al., 2018). It should be noted that, warm-related indices showed much more prominent trends – the highest trend values were obtained for maximum value

температура, топле ноћи, топле дане, трајање топлих периода, љетне дане и тропске дане (Popov et al., 2018). Резултати показују да су у цијелом региону присутни негативни трендови годишњих падавина (Popov, Gnjato, & Trbić, 2019a). Сушни период започео је почетком 1980-их и још траје. Анализа сезонских трендова показала је да су негативни трендови присутни током цијеле године (осим у сезони јесен) (Popov et al., 2019a). Ипак, добијене вриједности трендова биле су углавном ниске и инсигнификантне. На повећање аридности указују и смањење количине падавине на веома влажне дане и смањење учесталости дана са фиксним праговима падавина (0.1 mm, 1 mm, 10 mm и 20 mm), те продужено трајање сушних периода у цијелом региону Источне Херцеговине (Popov, Gnjato, Trbić, & Ivanišević, 2019b). Растућа тенденција индекса јаких падавина (као што су максималне једнодневне падавине, максималне петодневне падавине, стандардни дневни интензитет падавина и веома влажни дани) указује на промјене према интензивнијим падавинама (Popov et al., 2019b).

Ова студија представља наставак истраживања климатских промјена у Источној Херцеговини, а посебно промјена екстремних температура и падавина. Главни циљ рада јесте да се анализира појава екстремних температурних и падавинских мјесеци у региону Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године. Истраживање промјена екстремних температура и падавина од велике је важности због њиховог несразмјерно великог утицаја на природне и социо-економске системе у односу на промјене средњих вриједности климатских варијабли. С обзиром на наведено, студија ове врсте може бити користан извор података у различитим примјењеним истраживањима, прије свега у области пољопривреде, шумарства, управљања хазардима, заштите биодиверзитета, хидроенергије, одрживог туризма итд.

of daily maximum and minimum temperatures, warm nights, warm days, warm spell duration, summer days and tropical days (Popov et al., 2018). Results showed that a downward trend in annual precipitation was present over the entire region (Popov, Gnjato, & Trbić, 2019a). A dry period started in the early 1980s and it is still going on (Popov et al., 2019a). Seasonal trend analysis showed that negative trends prevailed throughout the year (except in autumn) (Popov et al., 2019a). However, a majority of estimated trend values were weak and insignificant. Decrease in precipitation on wet days and reduced frequency of days with fixed precipitation thresholds (0.1 mm, 1 mm, 10 mm and 20 mm) and increasing duration of dry spells also suggest the increase in aridity over the entire East Herzegovina region (Popov, Gnjato, Trbić, & Ivanišević, 2019b). The upward tendency of heavy precipitation events (such as maximum 1-day precipitation, maximum 5-day precipitation, simple precipitation intensity index and very wet days) indicates changes towards more intense precipitation (Popov et al., 2019b).

This study represents a continuation of the research on climate change in the East Herzegovina, and in particular the changes of extreme temperatures and precipitation. The main aim of this study was to analyze occurrence of extreme temperature and precipitation months over the East Herzegovina region in the period 1961–2016. Study on changes in extreme temperature and precipitation events is of great importance because of their disproportionately large impact on natural and socio-economic systems compared to changes in mean climate variables. Given the stated, study of this kind can be a useful source of data in a variety of applied research, primarily in the fields of agriculture, forestry, hazard risks management, biodiversity conservation, hydropower, sustainable tourism, etc.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

MATERIALS AND METHODS

Истраживано подручје Источне Херцеговине налази се у југоисточном дијелу Републике Српске и Босне и Херцеговине, на $42^{\circ}33'23''$ – $43^{\circ}29'22''$ с. г. ш. и $17^{\circ}55'23''$ – $18^{\circ}43'3''$ и. г. д. Обухвата дио регије Херцеговина источно од ријеке Неретве, унутар граница Републике Српске. Захвата укупну површину од $3,756 \text{ km}^2$, што представља 7 % укупне површине Босне и Херцеговине и 15 % површине Републике Српске.

Анализа екстремних температурних и падавинских мјесеци у периоду 1961–2016. године извршена је на основу података о дневним температурама и падавинама са 14 метеоролошких и падавинских станица, лоцираних у све три морфолошке цјелине Источне Херцеговине (Сл. 1):

- Хумине (до око 400 m): Горица (GO), Требиње (TR) и Гранчарево (GR);
- Рудине (400–600 m): Моско (МК), Билећа (БИ) и Берковићи (ВЕ);
- планинско подручје у сјеверном и југоисточном дијелу регије (преко 600 m): Тула (TU), Убла–Богојевић село (UB), Мека Груда–Хоџићи (MG), Степен (ST), Гацко (GA), Оцак–Раст (OR), Невесиње (NE) и Чемерно (ЏЕ).

Одабране станице покривају широк распон надморских висина. Релативна висинска разлика између најниже лоциране станице Требиње (276 m) и највише станице Чемерно (1,304 m) износи 1,028 m. Податке су обезбиједили Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске и Јавно предузеће Хидроелектране на Требишњици а.д. С обзиром на то да је на већини станица дошло до одређених прекида у мјерењима (нарочито у ратном и послератном периоду), недостајући подаци екстраполирани су помоћу података са станице Мостар, најближе станице са континуираним мјерењима у посматраном периоду.

Екстремни мјесеци дефинисани су као мјесеци са вриједношћу испод/изнад

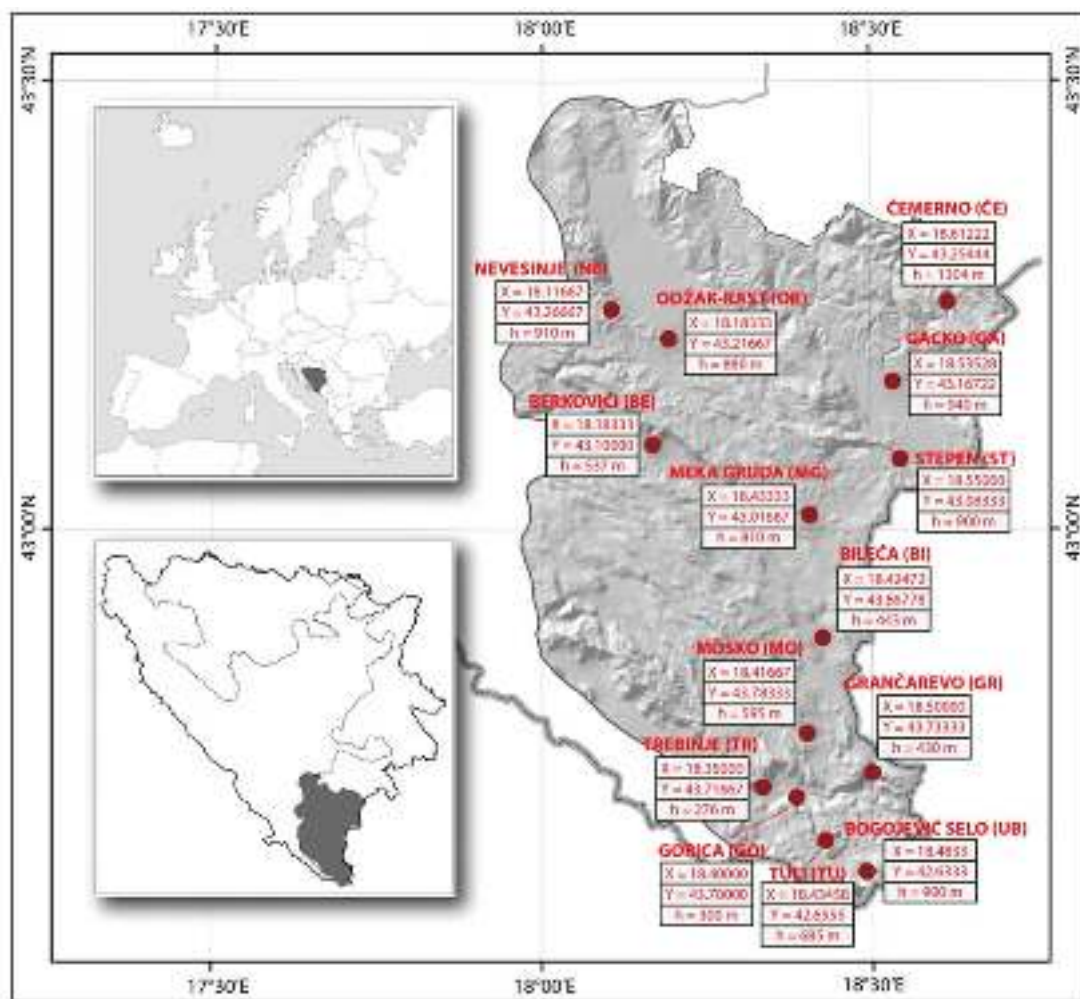
Study area covers the East Herzegovina region located at $42^{\circ}33'23''$ – $43^{\circ}29'22''$ N and $17^{\circ}55'23''$ – $18^{\circ}43'3''$ E, in the southeastern part of Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina. It encompasses the part of the Herzegovina region east of the Neretva River, within the boundaries of the Republic of Srpska. It covers a total area of $3,756 \text{ km}^2$, which represents 7 % of the Bosnia and Herzegovina territory and 15 % of the Republic of Srpska total area.

Analysis of extreme temperature and precipitation months during the period 1961–2016 was carried out based on data sets of daily temperature and precipitation from 14 meteorological stations and rain-gauge stations located in all parts of the East Herzegovina region (Fig. 1):

- Humine (up to about 400 m): Gorica (GO), Trebinje (TR) and Grančarevo (GR);
- Rudine (400–600 m): Mosko (MK), Bileća (BI) and Berkovići (BE);
- mountainous area in the southeastern and northern part of the region (over 600 m): Tula (TU), Ubla–Bogojević selo (UB), Meka Gruda–Hodžići (MG), Stepen (ST), Gacko (GA), Odžak–Rast (OR), Nevesinje (NE) and Čemerno (ČE).

Selected stations cover a wide range of altitudes. A relative height difference between the lowest-located station Trebinje (276 m) and the highest-located station Čemerno (1,304 m) is being 1,028 m. Data were provided by the Republic Hydrometeorological Service of the Republic of Srpska and the Public Company Hydropower Plants on the Trebišnjica River A.D. Given that there were certain interruptions in measurements at majority of stations (particularly in the war and post-war periods), missing data were extrapolated using data from the Mostar station, nearest station with continuous measurements during the observed period.

Extreme months are defined as months with a value below/above the long-term 10th/90th



Сл. 1. Географски положај метеоролошких станица коришћених у истраживању
 Fig. 1. Geographical location of meteorological stations used in the study

дугорочног 10./90. перцентила (Nikolova, Laporte, & Tomova, 2018). Како би се одредили екстремни мјесеци, 10. и 90. перцентили емпиријске расподеле података о мјесечној температури и падавинама у периоду 1961–2016. године израчунати су за сваку станицу. Екстремно хладним мјесецима сматрани су мјесеци са температуром нижом од вриједности 10. перцентила, док су екстремно топлим мјесецима сматрани мјесеци са температуром вишом од вриједности 90. перцентила. Исто тако, екстремно сушни мјесеци су мјесеци са падавинама нижим од вриједности 10. перцентила, а екстремно влажни са падавинама изнад вриједности 90. перцентила. Екстремни температурни мјесеци анализирани су на основу података са 6 станица, а падавински

percentile (Nikolova, Laporte, & Tomova, 2018). To determine the extreme months, the 10th and 90th percentiles of empirical distribution of the monthly temperature and precipitation data were calculated for each station for the period 1961–2016. As extremely cold months were considered months with monthly temperature lower than the 10th percentile and as the extremely warm ones the months with the temperature higher than the 90th percentile value. Similarly, extremely dry months are the months with precipitation below 10th percentile and extremely wet ones with precipitation above 90th percentile. Extreme temperature and extreme precipitation months were analyzed based on data from 6 and 14 stations

мјесеци на основу података са 14 станица са доступним дугогодишњим мјерењима. Анализа учесталости појаве екстремних температурних и падавинских мјесеци на подручју Источне Херцеговине извршена је за период 1961–2016. године. Осим тога, истраживане су промјене у њиховој учесталости појаве између два потпериода: стандардног климатолошког периода (1961–1990) и периода након његовог завршетка (1991–2016).

with available long-term measurements, respectively. Analyses of occurrence of extreme temperature and precipitation months over the East Herzegovina region was carried out for the period 1961–2016. Moreover, changes in their occurrence between two subperiods were investigated: the standard climatological period (1961–1990) and period thereafter (1961–2016).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

RESULTS AND DISCUSSION

Просјечна годишња температура на подручју Источне Херцеговине расте од око 6°C у сјеверном планинском дијелу (на највишој станици Чемерно) до 14–15°C у нижим предјелима на југу региона (Таб. 1). Најхладнији мјесец је јануар са просјечном температуром између -2.8°C–-1.1°C у вишим и 3.3–5.7°C у нижим подручјима региона. Јул је најтоплији мјесец са просјечном температуром од 15.5–18.3°C у вишим планинским до 22.1–24.1°C у нижим дијеловима.

Average annual temperature in the East Herzegovina region increases from about 6°C in the northern mountainous area (at the highest-located station Čemerno) to a 14–15°C in lowlands in the south (Tab. 1). The coldest month is January with an average temperature between -2.8–-1.1°C in the upper part of the region to 3.3–5.7°C in the lower areas. July is the warmest month with an average temperature of 15.5–18.3°C in the higher mountainous areas and 22.1–24.1°C in the lower areas.

Таб. 1. Просјечне мјесечне и годишње температуре у периоду 1961–2016. године
 Tab. 1. Average monthly and annual temperatures in the period 1961–2016

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г/у
ЏЕ	-2.8	-2.1	0.8	4.8	9.9	13.3	15.5	15.7	11.7	7.4	2.9	-1.4	6.3
GA	-1.1	-0.1	3.1	7.3	12.3	15.8	18.3	17.9	13.7	9.3	4.4	1.3	8.5
BE	-2.8	-2.1	0.8	4.8	9.9	13.3	15.5	15.7	11.7	7.4	2.9	-1.4	6.3
BI	3.3	4.2	7.2	11.0	15.7	19.4	22.1	21.8	17.4	12.9	8.2	4.4	12.3
GR	3.8	4.9	7.8	11.6	16.2	20.0	22.8	22.4	18.0	13.5	8.9	4.9	12.9
TR	5.7	6.6	9.2	12.7	17.3	21.2	24.1	24.0	19.6	15.2	10.7	6.9	14.4

На већини станица забиљежена је појава најмање једног изузетно хладног мјесеца у свакој години, осим у неколико најтоплијих година (углавном у периоду након 1990. године) (Сл. 2). Године без појаве екстремно хладних мјесеци биле су 2015, 2014, 2013, 2011, 1994,

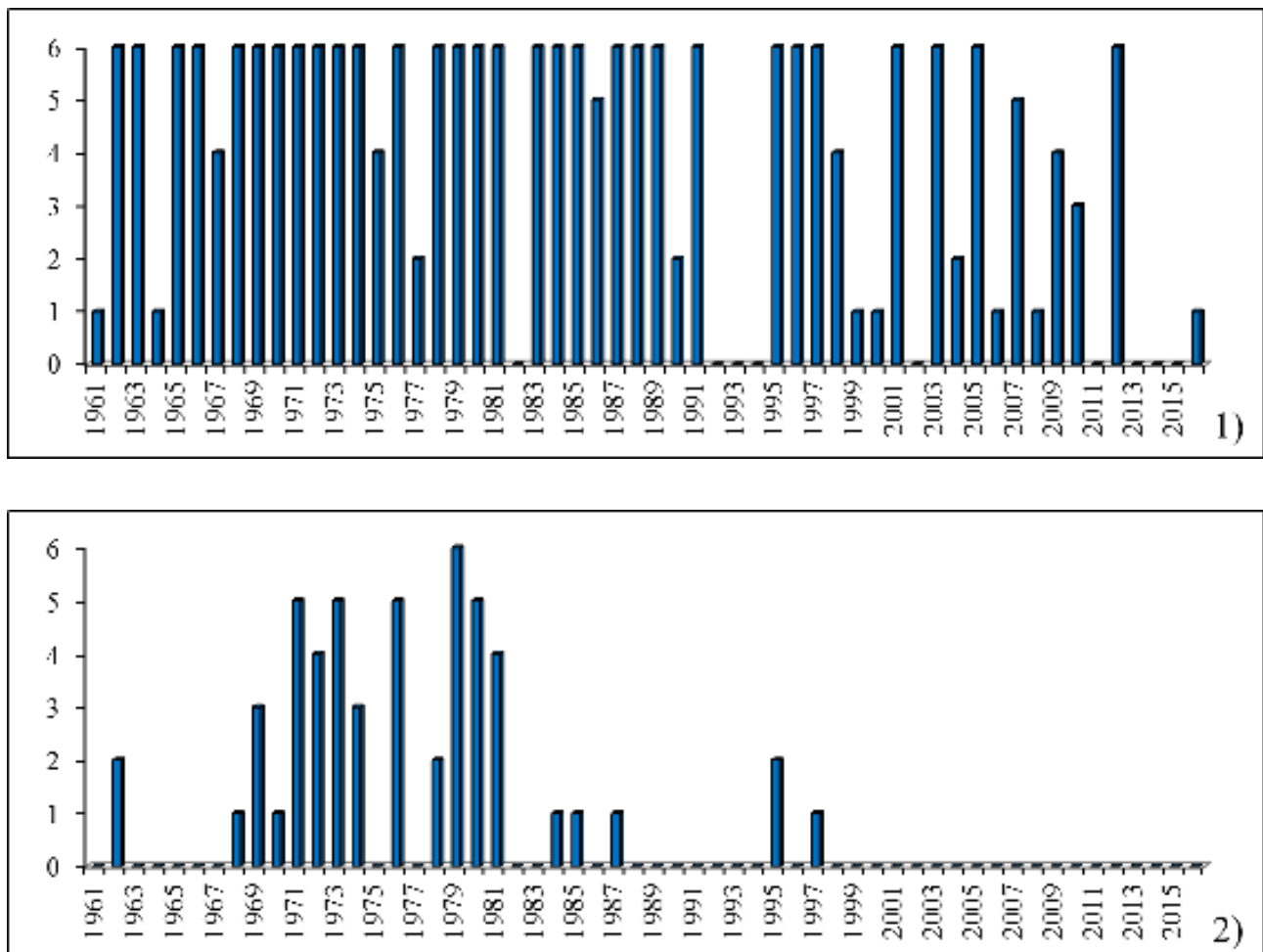
The occurrence of at least one extremely cold month in each year was observed at most stations, except in the few warmest years (mostly in the period after the 1990) (Fig. 2). Years with no single occurrence of extremely cold months were 2015, 2014, 2013, 2011, 1994, 1993, 1992

1993, 1992. и 1982. година. Већина година са највећим бројем екстремно хладних мјесеци (3–4 мјесеца у току године) забиљежена је прије 1990-их. На свим анализираним станицама, 1979. године забиљежена су више од три екстремно хладна мјесеца, а на већини станица и у периоду 1971–1973, 1976. и 1980–1981. године.

Током девет година није било екстремно топлих мјесеци (у само двије након 1990. године) (Сл. 3). У цијелом региону, екстремно топле године са више од три екстремно топла мјесеца биле су 2012, 2003, 2001. и 2000. година.

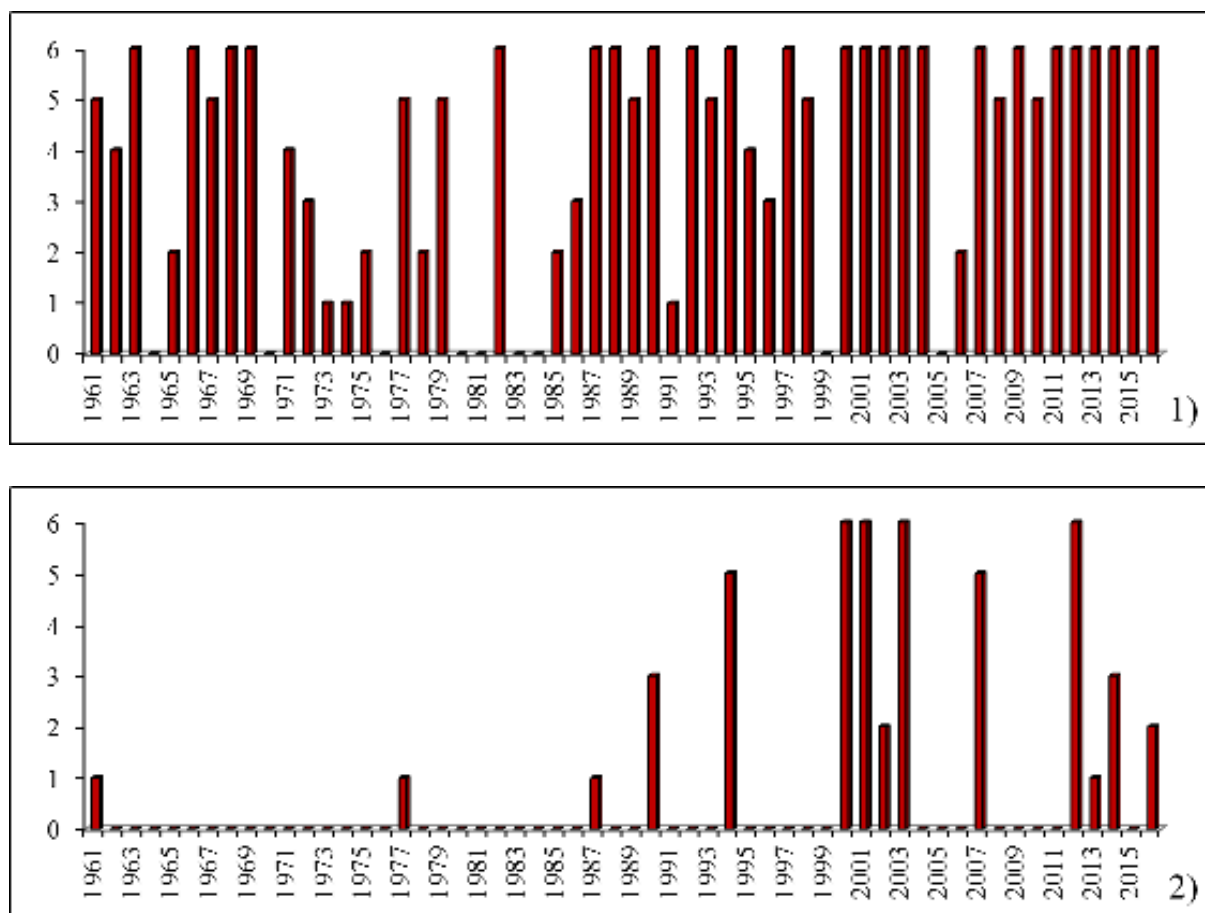
and 1982. Majority of years with the highest number of extremely cold months (3–4 months during the year) were recorded before 1990s. In 1979, more than three extremely cold months were recorded at all analyzed stations. At most stations, the extremely cold years with more than three extremely cold months were also registered in the period 1971–1973, 1976 and 1980–1981.

During the nine years, there were no extremely warm months (only two of them have occurred since the 1990) (Fig. 3). Over the entire region, extremely warm years with more than three extremely warm months were 2012, 2003, 2001 and 2000.



Сл. 2. Број станица са најмање једним екстремно хладним мјесецом (1) и најмање три екстремно хладна мјесеца (2) у години

Fig. 2. Number of stations with at least one extremely cold month (1) and at least three extremely cold months (2) in the year

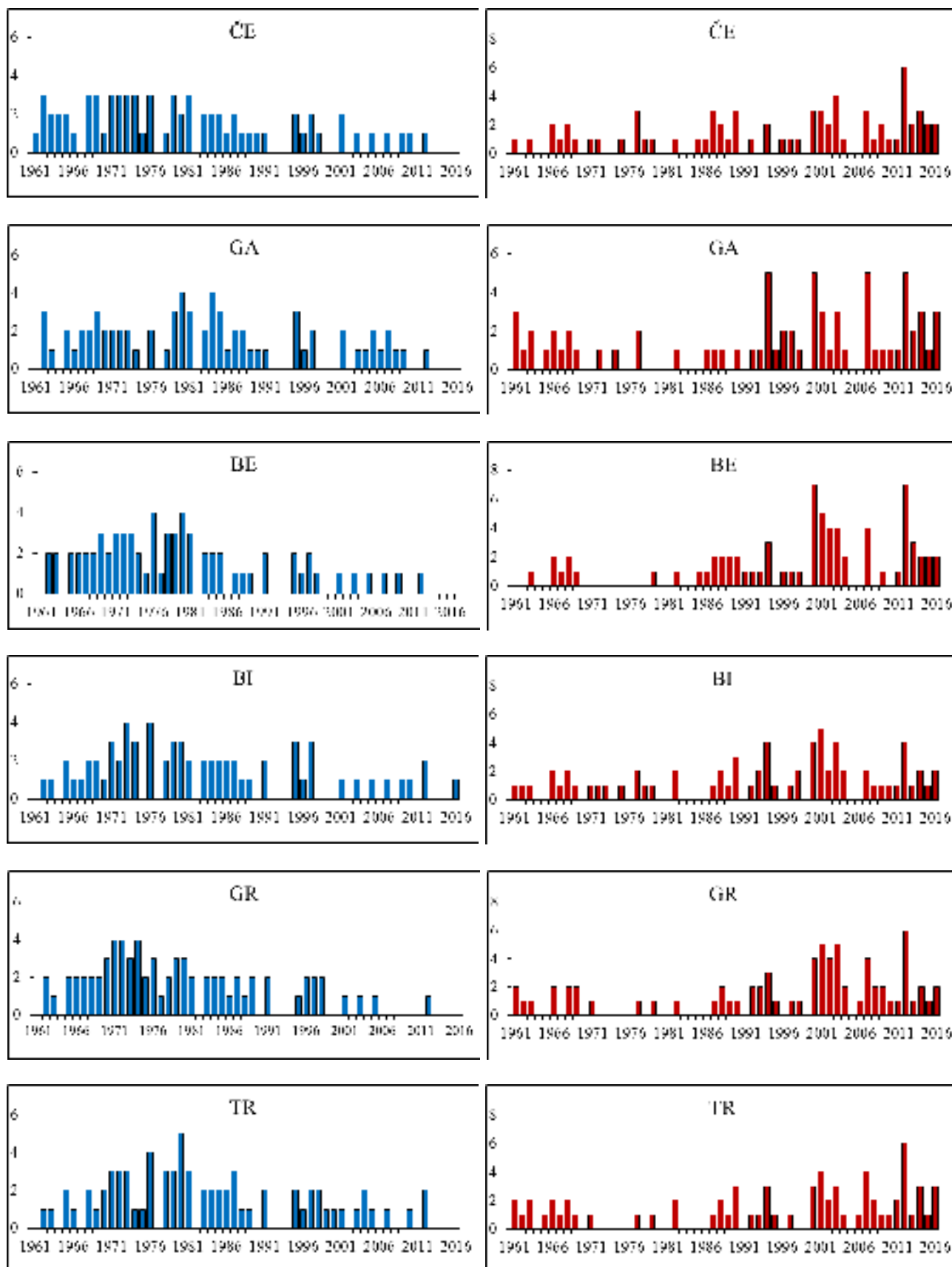


Сл. 3. Број станица са најмање једним екстремно топлим мјесецом (1) и најмање три екстремно топла мјесеца (2) у години

Fig. 3. Number of stations with at least one extremely warm month (1) and at least three extremely warm months (2) in the year

На пет од шест станица, три или више екстремно топлих мјесеци забиљежено је 1994. и 2007. године. Година 1994. била је најтоплија година на подручју Источне Херцеговине у анализираном периоду (Попов, 2017). Један од најинтензивнијих и најдужих топлих таласа у овом дијелу Европе забиљежен је 2007. године (Unkašević & Tošić, 2015). У овим годинама утврђено је 3–7 екстремно топлих мјесеци (Сл. 4 и Таб. 2). У 2012. години било је чак 5–7 екстремно топлих мјесеци (једино у Билећи 4 мјесеца) – на већини станица, изузетно топли били су љетни и јесењи мјесеци, те март. Три или више екстремно топла мјесеца регистрована су на двије или више станица током 10 година (све након 1990. године) и током 4 године на једној станици (у 2013. години и током три године прије 1990. године).

At five out of six stations, three or more extremely warm months were also registered in 1994 and 2007. Year 1994, was the hottest year in the East Herzegovina region during the observed period (Попов, 2017). In 2007, one of the most intense and long-lasting heat waves in this part of the European continent occurred (Unkašević & Tošić, 2015). In these years, there were 3–7 extremely warm months (Fig. 4 and Tab. 2). In 2012, there were 5–7 extremely warm months (only in Bileća 4 months) – at majority stations, extremely warm were summer and autumn months and March. Three or more extremely warm months were registered at two or more stations in 10 years (all since the 1990) and in 4 years at one station (in 2013 and during the three years prior to 1990).



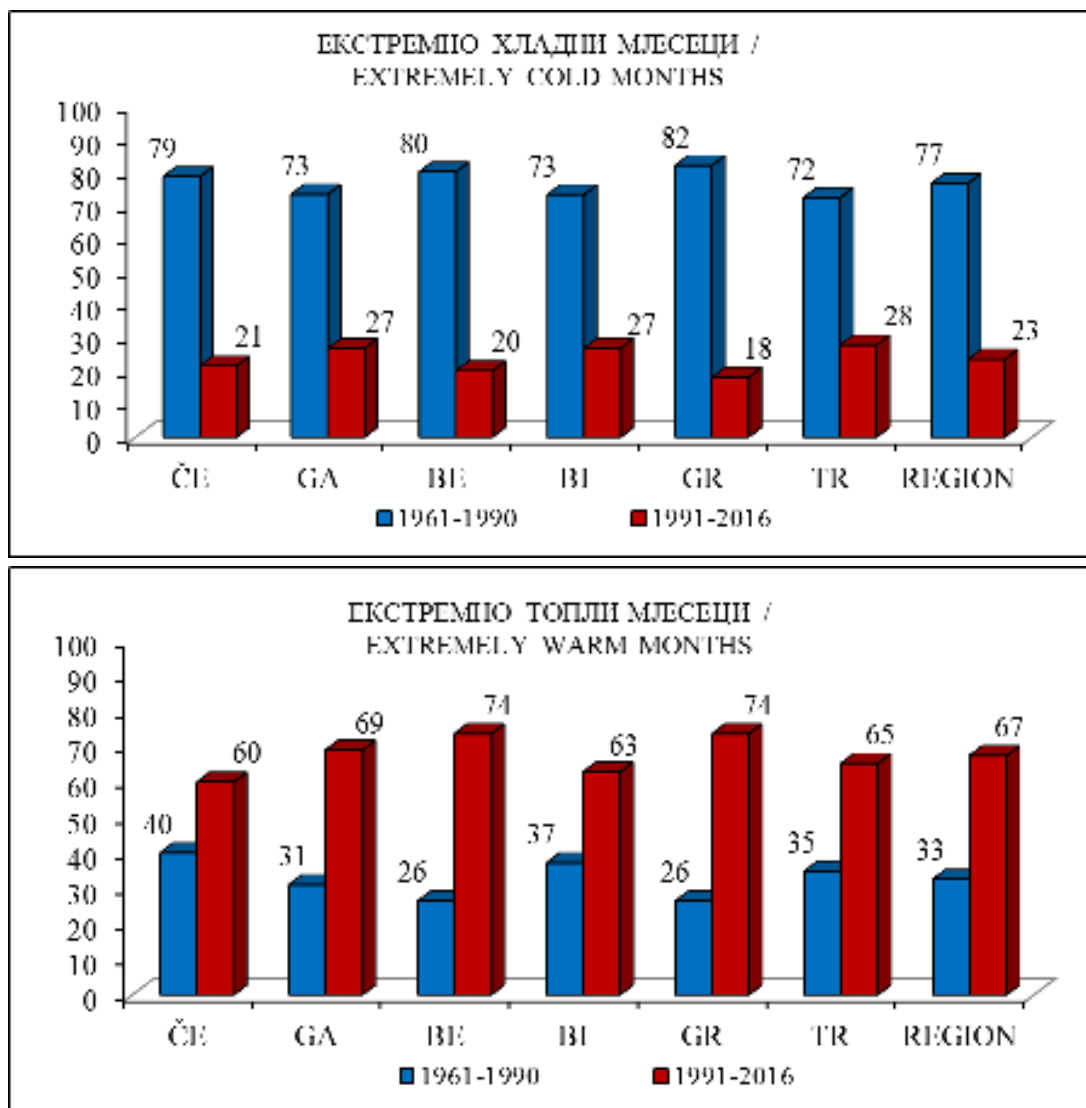
Сл. 4. Годишњи број екстремно хладних (лијево) и топлих (десно) мјесеци
 Fig. 4. Annual number of extremely cold (left) and warm (right) months

Таб. 2. Године са највише екстремно хладних (1) и екстремно топлих (2) мјесеци
Tab. 2. Years with the highest number of extremely cold (1) and extremely warm (2) months

1)	ЏЕ		GA		BE		BI		GR		TR	
	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N
1.	1962	3	1980	4	1976	4	1973	4	1971	4	1980	5
2.	1968	3	1984	4	1980	4	1976	4	1972	4	1976	4
3.	1969	3	1962	3	1969	3	1971	3	1974	4	1971	3
4.	1971	3	1969	3	1971	3	1974	3	1970	3	1972	3
5.	1972	3	1979	3	1972	3	1979	3	1973	3	1973	3
6.	1973	3	1981	3	1973	3	1980	3	1976	3	1978	3
7.	1974	3	1985	3	1978	3	1995	3	1979	3	1979	3
8.	1976	3	1995	3	1979	3	1997	3	1980	3	1981	3
9.	1979	3	1965	2	1981	3	1965	2	1962	2	1987	3
10.	1981	3	1967	2	1962	2	1968	2	1965	2	1965	2
2)	ЏЕ		GA		BE		BI		GR		TR	
	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N
1.	2012	6	1994	5	2000	7	2001	5	2012	6	2012	6
2.	2003	4	2000	5	2012	7	1994	4	2001	5	2001	4
3.	1977	3	2007	5	2001	5	2000	4	2003	5	2007	4
4.	1987	3	2012	5	2002	4	2003	4	2000	4	1990	3
5.	1990	3	1961	3	2003	4	2012	4	2002	4	1994	3
6.	2000	3	2001	3	2007	4	1990	3	2007	4	2000	3
7.	2001	3	2003	3	1994	3	1966	2	1994	3	2003	3
8.	2007	3	2014	3	2013	3	1968	2	1961	2	2014	3
9.	2014	3	2016	3	1966	2	1977	2	1966	2	2016	3
10.	1966	2	1963	2	1968	2	1982	2	1968	2	1961	2

Од укупног броја екстремно хладних мјесеци у Источној Херцеговини, 72–82 % забиљежено је у периоду 1961–1990. године (Сл. 5). С друге стране, 60–74 % екстремно топлих мјесеци забиљежено је након 1990. године. Добијени резултати о учесталости појаве екстремно топлих и хладних мјесеци у два анализирана потпериода (1961–1990. и 1991–2016. године) потврђују резултате претходних студија (Попов, 2017; Popov et al., 2018; Trbić et al., 2017) да је у Босни и Херцеговини присутна тенденција загријавања, нарочито изражена од 1990-их година. Тренд загријавања очигледан је током цијеле године, али најизраженији је у сезони љето. Годишње и љетње температуре порасле су за 0.2–0.3°C и 0.4–0.5°C по деценији, респективно (Попов, 2017; Trbić et al., 2017).

Out of the total number of extremely cold months in the East Herzegovina region, 72–82 % was recorded in the period 1961–1990 (Fig. 5). On the other hand, 60–74 % of extremely warm months were recorded after 1990. The obtained results on variability of extremely warm and cold months occurrence during the two analyzed subperiods (1961–1990 and 1991–2016) follow the results of the previous studies (Попов, 2017; Popov et al., 2018; Trbić et al., 2017) that determined a warming tendency (particularly prominent since the 1990s) all over the East Herzegovina region. The warming trend was apparant throughout the year, but most pronounced in summer season. Annual and summer temperatures increased by 0.2–0.3°C per decade and 0.4–0.5°C per decade, respectively (Попов, 2017; Trbić et al., 2017).



Сл. 5. Број екстремно хладних и екстремно топлих мјесеци у периоду 1961–1990. и 1991–2016. године (у %)

Fig. 5. Number of extremely cold and extremely warm months in 1961–1990 and 1991–2016 (in %)

Посматрано по годишњим сезонама, највеће смањење учесталости појаве екстремно хладних мјесеци, као и највеће повећање учесталости појаве екстремно топлих мјесеци, присутно је у сезони љето (Таб. 3). У овом дијелу године, број екстремно топлих мјесеци повећан је између 4 и 16 пута у односу на референтни период. Готово сви екстремно топли мјесеци у сезони љето забиљежени су након 1990. године – у периоду 1961–1990. године регистровано је само 1–3 екстремно топла мјесеца, а након тога 15–17 мјесеци.

Seasonally, the greatest reduction in the occurrence of extremely cold months as well as the highest increase in the frequency of occurrence of extremely warm months was present in summer season (Tab. 3). In this part of the year, the number of extremely warm months increased between 4-fold and 16-fold in relation to the reference period. Almost all extremely warm months recorded in summer season occurred after the 1990 – during the period 1961–1990 only 1–3 extremely warm months were registered, whereas thereafter 15–17 such months occurred.

Таб. 3. Промјене броја екстремно хладних и екстремно топлих мјесеци по сезонама у периоду 1991–2016. у односу на период 1961–1990. године (у %)
 Tab. 3. Changes in seasonal number of extremely cold and extremely warm months in 1991–2016 compared to 1961–1990 (in %)

	Екстремно хладни мјесеци / Extremely cold months				Екстремно топли мјесеци / Extremely warm months			
	Зима / Winter	Прољеће / Spring	Љето / Summer	Јесен / Autumn	Зима / Winter	Прољеће / Spring	Љето / Summer	Јесен / Autumn
ЏЕ	-50	-87	-100	-11	0	-200	1200	400
GA	-58	-71	-88	0	367	13	400	25
BE	-50	-86	-100	-50	100	100	700	160
BI	-45	-86	-85	-36	-11	25	1500	25
GR	-50	-71	-100	-80	100	100	700	160
TR	-20	-62	-100	-36	-20	83	1600	29

Највише падавина у Републици Српској и Босни и Херцеговини излучи се управо на подручју Источне Херцеговине – просјечно између 1,500 mm и 2,500 mm (Таб. 4). Падавине су веома неравномјерно распоређене током године – максимум падавина јавља се у новембру и децембру, док је минимум карактеристичан за сезону љето (тј. јули).

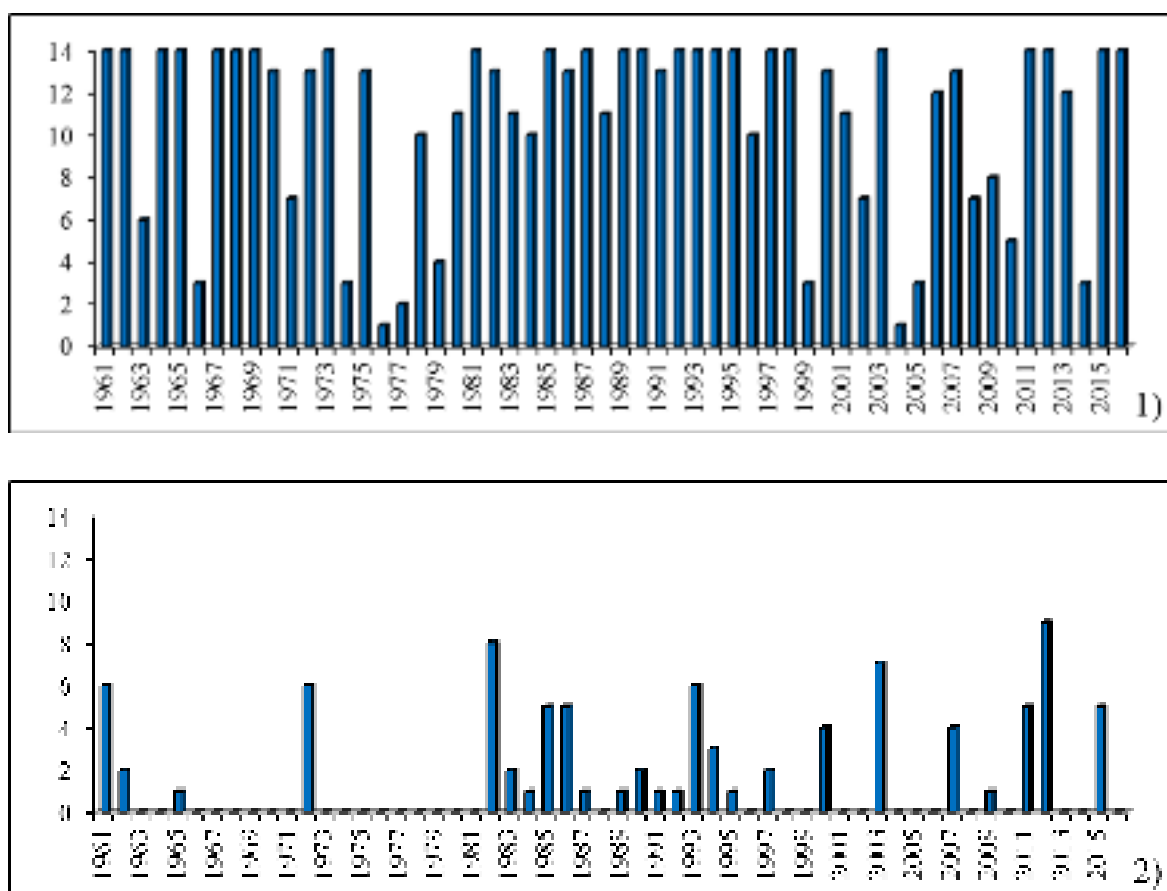
The highest precipitation in the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina occur precisely in the East Herzegovina region. Over this region annually occurs between 1,500 mm and 2,500 mm (Tab. 4). Precipitation is very unevenly distributed throughout the year – precipitation maximum occurs in November and December, whereas minimum is characteristic of summer season (i.e. July).

Таб. 4. Просјечне мјесечне и годишње падавине у периоду 1961–2016. године
 Tab. 4. Average monthly and annual precipitation in the period 1961–2016

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г / у
ЏЕ	160	144	151	157	125	107	69	79	138	195	247	224	1796
NE	178	152	146	161	118	87	69	74	126	173	234	214	1732
OR	155	130	127	136	97	86	56	72	121	175	219	194	1568
GA	170	136	137	140	106	92	54	68	134	194	239	212	1682
BE	155	141	129	128	99	85	54	68	124	184	216	175	1557
ST	154	137	131	133	100	85	64	66	122	171	205	190	1558
MG	168	145	138	140	102	80	61	67	128	191	223	205	1648
BI	157	148	138	134	95	83	55	67	126	176	220	197	1597
МК	206	184	165	167	92	83	47	74	143	210	276	245	1893
GR	155	143	122	117	81	65	46	61	122	166	232	183	1493
TR	175	151	143	138	89	80	48	73	140	192	234	215	1678
GO	172	158	148	135	89	66	44	61	131	171	242	203	1619
TU	248	215	189	168	99	75	52	69	142	210	306	283	2057
UB	358	296	264	222	117	89	55	76	171	250	411	386	2695

На већини станица осматрена је појава најмање једног екстремно сушног и влажног мјесеца у свакој години (Сл. 6 и Сл. 7). Већина година са три или више екстремно сушна мјесеца забиљежена је након раних 1980-их година када је у Источној Херцеговини почео сушни период. На половини или трећини станица, екстремно сушне године (са најмање 3 екстремно сушна мјесеца) биле су 1982, 1985, 1986, 1993, 2000, 2003, 2007, 2011, 2012. и 2015. година (Сл. 8 и Таб. 5).

The occurrence of at least one extremely dry and wet month in each year was observed at most stations (Fig. 6 and Fig. 7). Most of the years with three or more extremely dry months were recorded after the early 1980s when a dry period began in the East Herzegovina region (Popov et al., 2019a). At the half or third of the station, extremely dry years (with at least 3 extremely dry months) were 1982, 1985, 1986, 1993, 2000, 2003, 2007, 2011, 2012 and 2015 (Fig. 8 and Tab. 5).

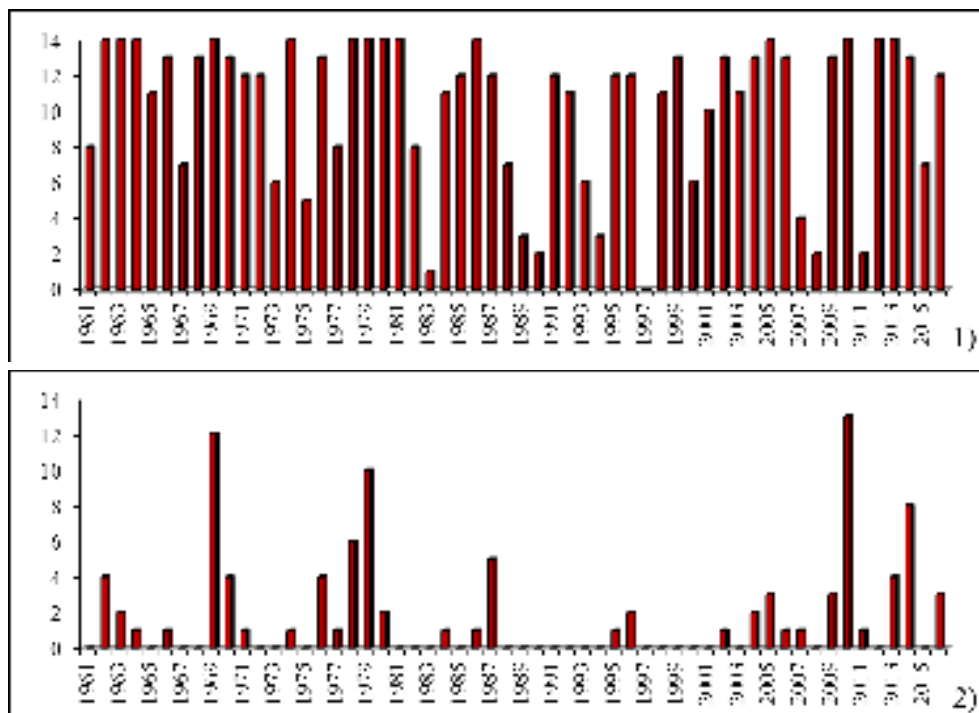


Сл. 6. Број станица са најмање једним екстремно сушним мјесецом (1) и најмање три екстремно сушна мјесеца (2) у години

Fig. 6. Number of stations with at least one extremely dry month (1) and at least 3 extremely dry months (2) in the year

Таб. 5. Године са највише екстремно сушних мјесеци
Tab. 5. Years with the highest number of extremely dry months

	ЏЕ		NE		OR		GA		BE		ST		MG	
	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у
1.	3	1972	5	1984	4	1994	4	2015	5	1982	5	1993	4	1961
2.	3	1997	4	1983	4	1995	3	1961	4	2009	3	1961	3	1972
3.	3	2003	4	1986	4	2012	3	1972	3	1961	3	1972	3	1982
4.	3	2011	3	1961	3	1985	3	1993	3	1994	3	1986	3	1983
5.	3	2015	3	1982	3	1993	3	2011	3	2000	3	1990	3	1986
6.	2	1961	3	1985	3	1997	3	2012	3	2012	3	2003	3	1989
7.	2	1962	3	1993	2	1961	2	1962	2	1962	3	2007	2	1967
8.	2	1965	3	2007	2	1962	2	1965	2	1965	3	2012	2	1973
9.	2	1967	3	2012	2	1965	2	1968	2	1967	2	1963	2	1985
10.	2	1968	2	1962	2	1973	2	1973	2	1970	2	1965	2	1990
	BI		MK		GR		TR		GO		TU		UB	
	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у	N	г/у
1.	4	1986	3	1962	4	1982	4	1985	4	2000	4	1982	4	1982
2.	4	1991	3	1982	3	1972	4	1987	3	1982	4	2011	3	1961
3.	4	1994	3	1990	3	1985	3	1972	3	1986	4	2015	3	1962
4.	3	1965	3	2003	3	1992	3	2000	3	1993	3	1985	3	2003
5.	3	1993	3	2007	2	1961	3	2003	3	2003	3	2003	3	2011
6.	3	2000	3	2012	2	1962	3	2007	3	2015	3	2012	3	2012
7.	3	2011	2	1961	2	1965	3	2012	2	1961	2	1961	2	1964
8.	2	1967	2	1963	2	1973	3	2015	2	1962	2	1962	2	1965
9.	2	1972	2	1965	2	1975	2	1961	2	1972	2	1972	2	1971
10.	2	1973	2	1967	2	1984	2	1962	2	1973	2	1973	2	1973



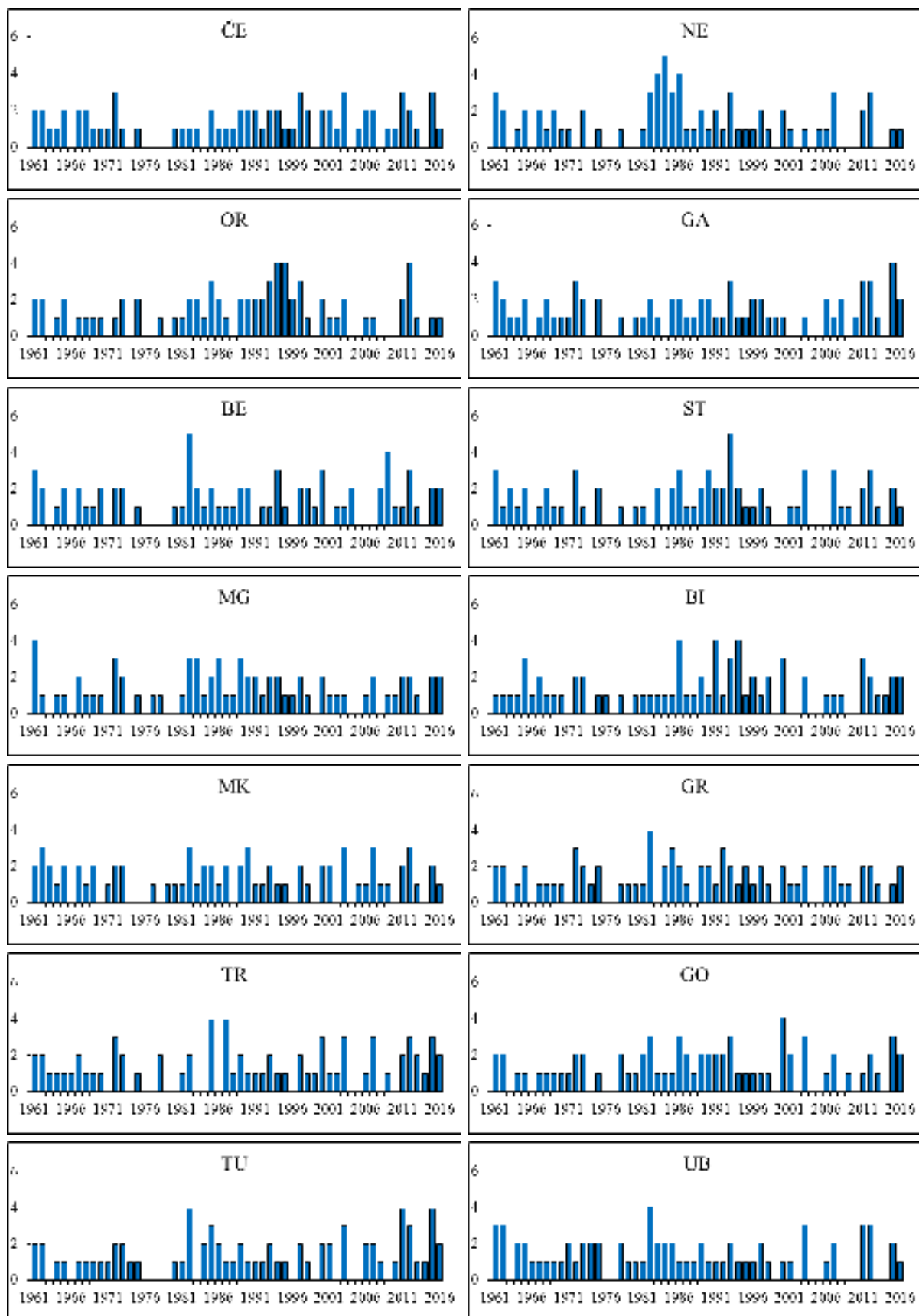
Сл. 7. Број станица са најмање једним екстремно влажним мјесецом (1) и најмање три екстремно влажна мјесеца (2) у години

Fig. 7. Number of stations with at least one extremely wet month (1) and at least 3 extreme wet months (2) in the year

Таб. 6. Године са највише екстремно влажних мјесеци

Tab. 6. Years with the highest number of extremely wet months

	ЏЕ		NE		OR		GA		BE		ST		MG	
	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y
1	4	1979	4	1969	4	1978	5	2010	3	1962	5	2010	5	2010
2	4	2010	4	2010	4	1979	4	1979	3	1969	4	1978	4	1976
3	3	1969	3	1979	3	1969	4	2009	3	1976	4	1979	3	1962
4	3	1977	3	1980	3	1980	3	1969	3	1978	4	2005	3	1969
5	3	1984	3	1987	3	1986	3	1970	3	1979	3	1969	3	1978
6	3	2002	3	2013	3	1987	3	2013	3	1987	3	1996	3	2016
7	3	2004	3	2014	3	1995	2	1963	3	2006	2	1962	2	1963
8	2	1962	2	1962	3	2010	2	1964	3	2007	2	1964	2	1964
9	2	1963	2	1964	3	2016	2	1965	3	2011	2	1967	2	1966
10	2	1964	2	1966	2	1962	2	1968	2	1963	2	1968	2	1970
	BI		MK		GR		TR		GO		TU		UB	
	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y	N	г / y
1	4	1978	6	2010	4	1979	6	2010	5	1969	5	1963	4	2014
2	4	2010	3	1969	4	2010	4	2014	4	2010	4	1969	3	1970
3	4	2014	3	1971	4	2014	3	1962	4	2014	4	1979	3	1974
4	3	1966	3	1976	3	1976	3	1963	3	1979	4	2010	3	2004
5	3	1969	3	1978	3	2005	3	1969	3	1987	4	2014	3	2009
6	3	1970	3	1987	3	2013	3	1979	3	1996	3	1962	3	2010
7	3	2016	3	2014	2	1962	2	1964	3	2005	3	1964	3	2013
8	2	1962	2	1962	2	1963	2	1966	2	1962	3	1970	2	1962
9	2	1963	2	1963	2	1964	2	1972	2	1964	3	2009	2	1963
10	2	1964	2	1964	2	1965	2	1974	2	1965	2	1966	2	1964



Сл. 8. Годишњи број екстремно сушних мјесеци
 Fig. 8. Annual number of extremely dry months



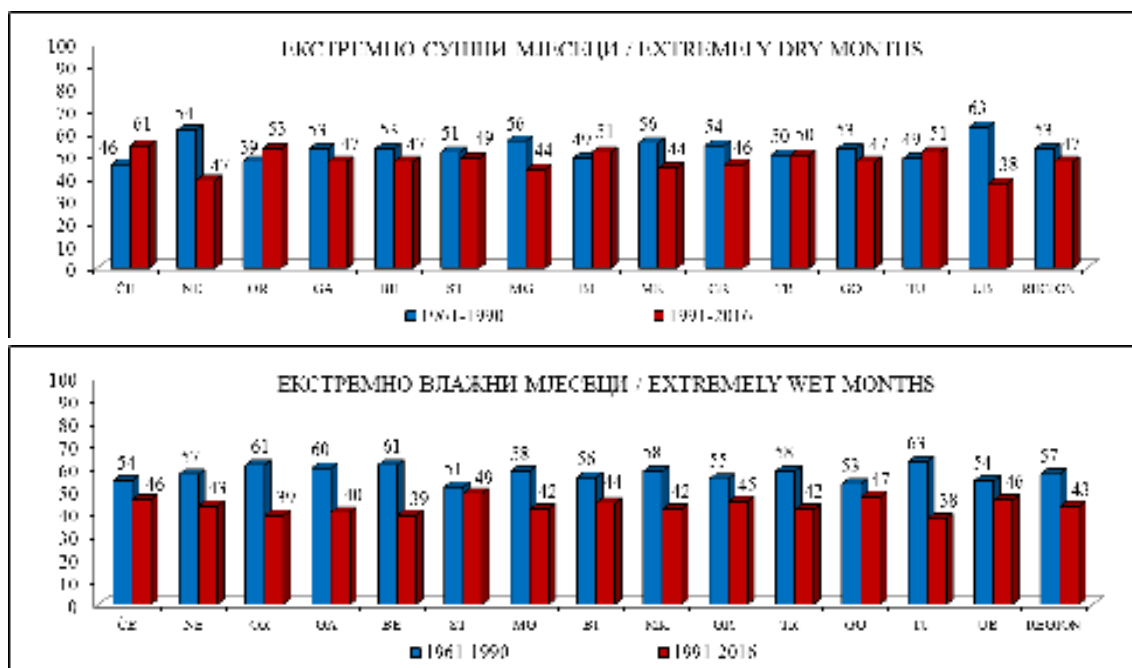
Сл. 9. Годишњи број екстремно влажних мјесеци
 Fig. 9. Annual number of extremely wet months

Године са највећим бројем екстремно влажних мјесеци по станицама приказане су у Таб. 6. На већини станица, екстремно влажне године биле су 1969, 1978, 1979, 1987, 2010. и 2014. година (Сл. 9). Година 2010. била је година са највећом количином падавина у анализираном периоду, током које су у многим подручјима Источне Херцеговине забиљежене велике поплаве.

Учесталост појаве екстремно сушних и влажних мјесеци у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период не показује једнообразне промјене (Сл. 10). С обзиром на то да промјене нису биле великог интензитета, треба узети у обзир и да је други период краћи за пет година. Ипак, мањи број екстремно влажних мјесеци забиљежен је на свим станицама у другом периоду.

Years with the highest numbers of extremely wet months by stations are shown in Tab. 6. At most meteorological stations, extremely wet years were 1969, 1978, 1979, 1987, 2010 and 2014 (Fig. 9). Year 2010 was one of the years with the highest precipitation in the observed period. During this year, in many areas of the East Herzegovina a significant flooding has been reported.

Frequency of occurrence of extremely dry and wet months in the period 1991–2016 compared to the reference period do not show uniform patterns of change (Fig. 10). Given that the changes were not of high intensity, it should be noted that the second period is five years shorter. However, a lower number of extremely wet months was registered at all stations in latter period.



Сл. 10. Број екстремно сушних и екстремно влажних мјесеци у периоду 1961–1990. и 1991–2016. године (у %)

Fig. 10. Number of extremely dry and extremely wet months in 1961–1990 and 1991–2016 (in %)

На половини станица у периоду 1991–2016. године забиљежен је већи број екстремно сушних мјесеци у сезони љето, док је на свим станицама смањен број екстремно влажних мјесеци (Таб. 7). То је у складу са резултатима претходних студија (Popov et al.,

At half of the stations, a higher number of extremely dry months in summer season were recorded in the period 1991–2016, whereas at all stations number of extremely wet months was reduced (Tab. 7). This is in accordance with results of the previous studies (Popov et al.,

2019a; Popov et al., 2019b), које су утврдиле да су најизраженији негативни трендови сезонских падавина присутни управо у сезони љето.

2019a; Popov et al., 2019b), which determined that most prominent negative trends in seasonal precipitation were found particularly in summer season.

Таб. 7. Промјене броја екстремно сушних и екстремно влажних мјесеци по сезонама у периоду 1991–2016. у односу на период 1961–1990. године (у %)
Tab. 7. Changes in seasonal number of extremely dry and extremely wet months in 1991–2016 compared to 1961–1990 (in %)

	Екстремно сушни мјесеци / Extremely dry months				Екстремно влажни мјесеци / Extremely wet months			
	Зима / Winter	Прољеће / Spring	Љето / Summer	Јесен / Autumn	Зима / Winter	Прољеће / Spring	Љето / Summer	Јесен / Autumn
ЋЕ	43	160	0	-50	-36	25	-20	-20
NE	-22	-20	-20	-71	0	-36	0	-50
OR	13	100	25	-50	-20	-50	-50	-20
GA	0	25	0	-50	-20	-20	-50	-36
BE	-40	25	0	-20	-20	-50	-36	-36
ST	0	57	25	-62	25	-20	-36	25
MG	0	-30	-20	-36	-20	-50	-36	0
BI	13	0	57	-36	25	-36	-36	-20
MK	0	0	-20	-50	0	-36	-50	-20
GR	-55	25	0	-20	43	25	-62	-36
TR	-22	25	100	-50	100	-50	-50	-50
GO	-11	-20	57	-50	25	0	-20	-36
TU	-40	25	100	-20	0	-50	-50	-50
UB	-40	-20	-50	-50	57	-50	-36	0

ЗАКЉУЧАК

Неупитне глобалне климатске промјене током друге половине 20. вијека и на почетку 21. вијека манифестују се у промјенама како средњих, тако и екстремних температура и падавина. У раду су анализирани промјене у учесталости појаве екстремних температурних и падавинских мјесеци (дефинисаних као мјесеци с температуром и падавинама испод/изнад дугорочног 10./90. перцентила) у региону Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године. Добијени резултати показали су да је 77 % екстремно хладних

CONCLUSION

Unequivocal global climate change during the second half of the 20th century and at the beginning of the 21st century is manifested in widespread changes in both mean and the extreme temperature and precipitation events. The paper analyses changes in occurrence of extreme temperature and precipitation months (defined as months with a temperature and precipitation below/above the long-term 10th/90th percentile) over the East Herzegovina region during the period 1961–2016. The obtained results showed that 77 % of the extremely cold months was registered in

мјесеци регистровано у периоду 1961–1990. године, док је 67 % екстремно топлих мјесеци забиљежено у периоду 1991–2016. године. Повећање учесталости појаве екстремно топлих мјесеци и смањење учесталости појаве екстремно хладних мјесеци указују на тенденцију загријавања на истраживаном подручју. За разлику од температуре, промјене падавина нису толико изражене. Ипак, треба напоменути да је на свим станицама у периоду 1991–2016. године смањен број екстремно влажних мјесеци, а на половини станица повећан број екстремно сушних мјесеци. Промјене учесталости појаве како екстремних температурних мјесеци тако и екстремних падавинских мјесеци најизраженије су у сезони љето.

Утврђене промјене учесталости појаве екстремних температурних и екстремних падавинских мјесеци имаће снажан утицај на природне и социо-економске системе. Имајући у виду наведено, неопходна су додатна истраживања која ће се фокусирати на студије процјене утицаја, а нарочито на анализу утицаја климатских промјена на кључне секторе привреде у Источној Херцеговини као што су енергетика, туризам, пољопривреда и др.

Захвалница: Истраживање представљено у овом раду дио је пројекта „Анализа плувиометријског режима на подручју Источне Херцеговине у контексту савремених климатских промјена“ (Бр.19/6-020/961-18/18) који финансира Министарство за научнотехнолошки развој, високо образовање и информационо друштво Републике Српске.

the period 1961–1990, whereas the 67 % of the extremely warm months occurred in the period 1991–2016. Increase in the annual occurrence of extremely warm months and decrease in frequency of extremely cold ones indicate that a warming tendency is present over the study area. Unlike the temperature, changes in precipitation were not so much prominent. However, it should be noted that at all stations number of extremely wet months was reduced in the period 1991–2016. During this period, at half of the stations number of extremely dry months increased. Changes in both extreme temperature and extreme precipitation months were most prominent in summer season.

Observed changes in the occurrence of extreme temperature and extreme precipitation months will have a strong impact on both natural and socio-economic systems. Given the stated, a further research focusing on impact assessment studies, particularly on the analysis of climate change effects on key economic sectors in the East Herzegovina region such as energy, tourism, agriculture etc. Moreover, adoption and implementation of efficient adaptation and mitigation strategies is certainly necessary.

Acknowledgements: The research presented in this paper was performed as a part of the project „Analysis of the pluviometric regime in the East Herzegovina region in the context of recent climate change“ (No.19/6-020/961-18/18) supported by the Ministry for Scientific and Technological Development, Higher Education and Information Society of the Republic of Srpska.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., ... Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D5). doi:10.1029/2005JD006290
- Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., ... Manes, A. (2002). The Paradoxical Increase of Mediterranean Extreme Daily Rainfall in Spite of Decrease in Total Values. *Geophysical Research Letters*, 29(11), 311–314. doi:10.1029/2001GL013554

- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J., & Dragojlović, J. (2015). Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 95(4), 53–66. doi:10.2298/GSGD140626002B
- de Lima, M. I. P., Santo, F. E., Ramos, A. M., & Trigo, R. M. (2015). Trends and Correlations in Annual Extreme Precipitation Indices for Mainland Portugal, 1941–2007. *Theoretical and Applied Climatology*, 119(1–2), 55–75. doi:10.1007/s00704-013-1079-6
- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., ... Kitching, S. (2013). Updated Analyses of Temperature and Precipitation Extreme Indices since the Beginning of the Twentieth Century: The Hadex2 Dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5), 2098–2118. doi:10.1002/jgrd.50150
- Espirito Santo, F., de Lima, M. I. P., Ramos, A. M., & Trigo, R. M. (2014). Trends in Seasonal Surface Air Temperature in Mainland Portugal, since 1941. *International Journal of Climatology*, 34(6), 1814–1837. doi:10.1002/joc.3803
- Fioravanti, G., Piervitali, E., & Desiato, F. (2016). Recent Changes of Temperature Extremes over Italy: An Index-Based Analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123(3), 473–486. doi:10.1007/s00704-014-1362-1
- Fonseca, D., Carvalho, M. J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P., & Rocha, A. (2016). Recent Trends of Extreme Temperature Indices for the Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, 66–76. doi:10.1016/j.pce.2015.12.005
- Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., & Pasarić, Z. (2015). Trends in Precipitation Indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1–2), 167–177. doi:10.1007/s00704-014-1217-9
- Giorgi, F. (2006). Climate Change Hot-Spots. *Geophysical Research Letters*, 33(8). doi:10.1029/2006GL025734
- Hatzianastassiou, N., Katsoulis, B., Pnevmatikos, J., & Antakis, V. (2008). Spatial and Temporal Variation of Precipitation in Greece and Surrounding Regions Based on Global Precipitation Climatology Project Data. *Journal of Climate*, 21, 1349–1370. doi:10.1175/2007JCLI1682.1
- Kelley, C., Ting, M., Seager, R., & Kushnir, Y. (2012). Mediterranean Precipitation Climatology, Seasonal Cycle, and Trend as Simulated by CMIP5. *Geophysical Research Letters*, 39(21). doi:10.1029/2012GL053416
- Kioutsoukis, I., Melas, D., & Zerefos, C. (2010). Statistical Assessment of Changes in Climate Extremes over Greece (1955–2002). *International Journal of Climatology*, 30(11), 1723–1737. doi:10.1002/joc.2030
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., ... Xoplaki, E. (2012). Climate Change and Impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114(3–4), 667–687. doi:10.1007/s10584-012-0418-4
- Nikolova, N., Laporte, J., & Tomova, G. (2018). Extreme Temperature Months in Rila Mountain, Bulgaria (1960–2012). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 98(1), 49–59. doi:10.2298/GSGD180415007N
- Philandras, C. M., Nastos, P. T., Kapsomenakis, J., Douvis, K. C., Tselioudis, G., & Zerefos, C. S. (2011). Long Term Precipitation Trends and Variability within the Mediterranean Region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 3235–3250. doi:10.5194/nhess-11-3235-2011

- Попов, Т. (2017). *Утицај савремених климатских колебања и потенцијалних промјена климе на фитогеографска обиљежја Републике Српске* (Необјављена докторска дисертација). Географски факултет Универзитета у Београду, Београд.
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2017). Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina: A Case Study of Mostar. *Herald*, 21, 107–132. doi:10.7251/HER2117107P
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019a). Precipitation Change over the East Herzegovina Region (1961–2016). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*. Advance online publication. <http://www.glasniksgd.rs/index.php/home/index>
- Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2018). Recent Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(1), 211–224. doi:10.26471/cjees/2018/013/019
- Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2019b). Analysis of Extreme Precipitation Indices in the East Herzegovina Region (Bosnia and Herzegovina). *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 69(1), 1–16. doi:10.2298/IJGI1901001P
- Trbić, G., Popov, T., & Gnjato, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21(2), 68–84. doi:10.18421/GP21.02-01
- Unkašević, M., & Tošić, I. (2015). Seasonal Analysis of Cold and Heat Waves in Serbia during the Period 1949–2012. *Theoretical and Applied Climatology*, 120(1–2), 29–40. doi:10.1007/s00704-014-1154-7