

ПРОМЈЕНЕ ВРИЈЕДНОСТИ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ВОДНИ РЕЖИМ ГОРЊЕГ ТОКА ТАРЕ

Голуб Љ. Ћулафић^{1*}, Ана Милановић Пешић² и Јелена Голијанин³

¹Завод за хидрометеорологију и сеизмологију Црне Горе, Подгорица, Црна Гора

²Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Београд, Србија

³Универзитет у Источном Сарајеву, Филозофски факултет, Пале, Република Српска, БиХ

Сажетак: Ријека Тара са својих 146 km тока најдужа је ријека у Црној Гори. Има пространи слив, површине 2040 km² (до профила Шћепан Поље), са доста развијеном хидрографском мрежом (посебно у горњем дијелу), на коју је битно утицао геолошки састав терена. Анализа је рађена за слив ријеке Таре до профила хидролошке станице Требаљево. Клима на истраживаном простору је умјереноконтинентална, са хладним зимама и благим љетима. Средња годишња температура ваздуха за анализирани период у Колашину износи 7.4°C, док је годишња количина падавина 2126 mm. Слив припада нивално-плувијалном водном режиму, динарско-македонском подтипу. Вишегодишњи просјечни протицај на хидролошкој станици Требаљево износи 24.6 m³/s. Анализа резултата показује статистички значајне негативне трендове само у сезони љето (на нивоу 99.9 %) и на годишњем нивоу (на нивоу 95 %), док остала вишегодишња (1966–2014) сезонска колебања средњих протицаја немају статистички значај. Проучавано подручје карактеришу значајни позитивни трендови годишњих (0.04°C годишње) и сезонских температура ваздуха (најизраженији у сезони љето – 0.07°C годишње). С друге стране, трендови падавина били су негативни, посебно у љетњој сезони (смањење за 0.55 mm годишње), када су и саме вриједности температуре највише порасле.

Кључне ријечи: ријека Тара, протицај, температура, падавине, снијег, тренд.

Original scientific paper

CHANGES IN THE VALUES OF CLIMATE ELEMENTS AND THEIR IMPACT ON THE WATER REGIME OF THE UPPER STREAM OF TARA RIVER

Golub Lj. Ćulafić^{1*}, Ana Milanović Pešić² and Jelena Golijanin³

¹Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro, Podgorica, Montenegro

²Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA, Belgrade, Serbia

³University of East Sarajevo, Faculty of Philosophy, Pale, Republic of Srpska, B&H

Abstract: The Tara River with its 146 km course is the longest river in Montenegro. It has a large watershed, with an catchment area of 2040 km² (up to the Šćepan Polje), with a well-developed hydrographic network (especially in the upper part), which was significantly influenced by the geological composition of the terrain. The analysis was done for the Tara River basin at the hydrological station Trebaljevo profile. The climate in the researched area is moderate-continental, with cold winters and mild summers. The average annual air temperature for the analyzed period in Kolašin is 7.4°C, while the annual amount of precipitation is 2126 mm. The basin belongs to the nival-pluvial water regime, Dinaric-Macedonian subtype. The perennial average flow at hydrological station Trebaljevo is 24.6 m³/s. The analysis of the results shows statistically significant negative trends only in the summer season (at the level of 99.9 %) and at the annual level (at the level of 95 %), while the other perennial (1966–2014) seasonal mean flow fluctuations have no statistical significance. The studied area is characterized by significant positive trends in annual (0.04°C per year) and seasonal air temperatures (most pronounced in the summer season – 0.07°C per year). On the other hand, precipitation trends were negative, especially in the summer season (decrease by 0.55 mm per year), when the temperature values themselves increased the most.

Keywords: Tara River, flow, temperature, precipitation, snow, trend.

* Аутор за кореспонденцију: Голуб Љ. Ћулафић, Завод за хидрометеорологију и сеизмологију Црне Горе, 4 Пролетерске 19, 81000 Подгорица, Црна Гора, Е-mail: golub.culafic@meteo.co.me
Corresponding author: Golub Lj. Ćulafić, Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro, 4 Proleterske 19, 81000 Podgorica, Montenegro, E-mail: golub.culafic@meteo.co.me

УВОД

У новије вријеме, јављају се све озбиљнији проблеми са водама, који постају још сложенији због све већег смањивања протицаја на водотоцима, посебно током љетњих мјесеци, док се у осталим годишњим добима јављају бујице, поплаве итд. (Berghuijs et al., 2017; Blöschl et al., 2019; ЕЕА, 2017). Питање водних ресурса, њихове доступности, квантитета и квалитета, као и њихове варијабилности у контексту савремених климатских промјена, једна је од најзаступљених научних и стручних тема на глобалном нивоу, која заокупља пажњу научника посљедњих деценија (Szolgayova et al., 2014; Hu & Luo, 2015; Castino et al., 2017).

Знакови недавних климатских трендова виде се у неколико регионалних и глобалних трендова, укључујући: повећану температуру копна и океана (посебно у регионима ближим екватору); повећану учесталост екстремних временских појава (обилне падавине, поплаве, суше – хидролошке и метеоролошке итд.); промјене сезонских циклуса – на примјер, ранија појава прољећа (евидентно кроз раније цвјетање биљака и појаву раних прољећних токова) и повећано трајање вегетативног периода биљака (ЕЕА, 2017).

Глобални климатски процеси и промјене све се више изражавају кроз режим падавина и отицаја. Дугорочно и континуирано мјерење и праћење протицаја на ријекама има изузетно велики значај за изучавање варијабилности климе, имајући у виду да сезонски и годишњи протицаји ријека могу да се користе као индикатори климатских промјена, јер представљају реакцију ријечног слива на промјену метеоролошких фактора (првенствено температуре ваздуха и падавина). Анализирајући поменуте елементе, закључује се да протицаји имају предност, јер представљају реакцију и рефлексiju свих физичко-географских фактора (температуре ваздуха, евапотранспирације, литолошке подлоге, морфологије рељефа и вегетационог покривача), а не само падавина (Pasquini & Depetris, 2007). Дугорочна анализа проти-

INTRODUCTION

In recent times, more and more serious problems with water are occurring, which are becoming even more complex due to the rising decrease in flow on watercourses, especially during the summer months, while torrents, floods, etc. occur in other seasons (Berghuijs et al., 2017; Blöschl et al., 2019; EEA, 2017). The question of water resources, their availability, quantity and quality, as well as their variability in the context of contemporary climate change, is one of the most represented scientific and professional topics at the global level, which has occupied the attention of scientists during the last decades (Szolgayova et al., 2014; Hu & Luo, 2015; Castino et al., 2017).

Signs of recent climate trends are seen in several regional and global variables, including: increased land and ocean temperatures (particularly in regions closer to the equator); increased frequency of extreme weather events (heavy rainfall, floods, droughts – hydrological and meteorological, etc.); changes in seasonal cycles – for example, the early appearance of spring (evident through the early flowering of plants and the appearance of early spring flows) and the increased duration of the plants growing season (EEA, 2017).

Global climate processes and changes are increasingly expressed through the rainfall and runoff regime. Long-term and continuous measurement and monitoring of river flows is extremely important for the study of climate variability, having in mind that seasonal and annual river flows can be used as indicators of climate change, as they represent the reaction of the river basin to the changes in meteorological factors (primarily air temperature and precipitation). Analyzing the mentioned elements, it is concluded that flows have an advantage, because they represent the reaction and reflection of all physical-geographical factors (air temperature, evapotranspiration, lithological substrate, relief morphology and vegetation cover) and not only precipitation (Pasquini & Depetris, 2007). Long-term flow analysis at the level of river basins is

цаја на нивоу ријечних сливова неопходна је за ефикасно планирање и управљање водним ресурсима (Croitoru & Minea, 2014).

Због ученог пораста температуре ваздуха, те промјена режима падавина, долази до израженијег колебања протицаја на ријекама током године, од поплава и плављења па до драстичних смањивања протицаја. Анализе са глобалног (Do et al., 2017; Kleinen & Petschel-Held, 2007; Milly et al., 2005), регионалног (Blöschl et al., 2019; Bouwer et al., 2008; Dankers & Feyen, 2008; Kundzewicz et al., 2013; Lehner et al., 2006) до националног и локалног нивоа (Gnjato et al., 2019; Kovačević-Majkić & Urošev, 2014; Oblak et al., 2021; Pandžić et al., 2009) показују да су се у неким регионима и областима десиле значајне флукуације ријечног режима (било у правцу повећане учесталости поплава или смањења протицаја), а тиме и на ширем подручју истраживаног простора. Анализе промјена протицаја вршене су на бројним ријекама у региону – Дунав (Dolinaj et al., 2019; Rimbu et al., 2002; Čanjevac, 2012), Сава (Gnjato et al., 2021; Leščešen et al., 2021; Oblak et al., 2021; Orešić et al., 2017; Pandžić & Trninić, 1998; Pandžić et al., 2009; Stojković et al., 2014), Мура (Oblak et al., 2021; Frantar & Hrvatin, 2005; Čanjevac & Orešić, 2015), Драва (Bonacci & Oskoruš, 2010; Oblak et al., 2021), Соча (Ulaga et al., 2008), Врбас (Gnjato et al., 2019), Сана (Gnjato, 2018), Требишњица (Gnjato et al., 2023), Западна Морава (Langović et al., 2017), Топлица (Martić Bursać et al., 2016, 2022), Тимок и Јужна Морава (Kovačević-Majkić & Urošev, 2014), Нишава (Đokić et al., 2022), као и у Црној Гори – Морача (Burić et al., 2016), Лим (Ćulafić et al., 2017) итд.

У региону југоисточне Европе (којем припада и Црна Гора) већ је уочен изражен тренд пораста температуре ваздуха у свим годишњим добима, као и промјене у расподјели падавина током године. Такође, уочена је интензивнија и чешћа појава поплава и суша (Trbić et al., 2018). Сличне карактеристике пораста температуре евидентирани су у свим дијеловима југоисточне Европе – на примјер, у Србији (Radivojević et al., 2015; Tošić et al.,

necessary for efficient planning and management of water resources (Croitoru & Minea, 2014).

Due to the observed increase in air temperature and changes in the precipitation regime, there is a more pronounced fluctuation in river flows during the year, from floods and inundation to drastic reductions in flow. Analyzes from the global (Do et al., 2017; Kleinen & Petschel-Held, 2007; Milly et al., 2005), regional (Blöschl et al., 2019; Bouwer et al., 2008; Dankers & Feyen, 2008; Kundzewicz et al., 2013; Lehner et al., 2006) to national and local levels (Gnjato et al., 2019; Kovačević-Majkić & Urošev, 2014; Oblak et al., 2021; Pandžić et al., 2009) show that in certain regions and areas there have been significant fluctuations in the river regime; and therefore in the wider area of the researched area. Analyzes of flow changes were carried out on numerous rivers in the region – Danube (Dolinaj et al., 2019; Rimbu et al., 2002; Čanjevac, 2012), Sava (Gnjato et al., 2021; Leščešen et al., 2021; Oblak et al., 2021; Orešić et al., 2017; Pandžić & Trninić, 1998; Pandžić et al., 2009; Stojković et al., 2014), Mura (Oblak et al., 2021; Frantar & Hrvatin, 2005; Čanjevac & Orešić, 2015), Drava (Bonacci & Oskoruš, 2010; Oblak et al., 2021), Soča (Ulaga et al., 2008), Vrbas (Gnjato et al., 2019), Sana (Gnjato, 2018), Trebišnjica (Gnjato et al., 2023), Zapadna Morava (Langović et al., 2017), Toplica (Martić Bursać et al., 2016, 2022), Timok and Južna Morava (Kovačević-Majkić & Urošev, 2014), Nišava (Đokić et al., 2022), as well as in Montenegro – Morača (Burić et al., 2016), Lim (Ćulafić et al., 2017), etc.

In the region of Southeast Europe (to which Montenegro also belongs), a prominent trend of increasing air temperature has already been observed in all seasons, as well as changes in the distribution of precipitation during the year. Also, a more intense and frequent occurrence of floods and droughts was observed (Trbić et al., 2018). Similar characteristics of the temperature rise have been recorded in all parts of Southeast Europe – for example in Serbia (Radivojević et al., 2015; Tošić et al., 2023), Croatia (Bonacci et al., 2021; Vrsalović et al., 2023; Ogrin, 2015), Slovenia (Ogrin, 2015; Tošić et al., 2016), Romania

2023), Хрватској (Bonacci et al., 2021; Vrsalović et al., 2023; Ogrin, 2015), Словенији (Ogrin, 2015; Тошић et al., 2016), Румунији (Bărbulescu, 2023; Birsan et al., 2014), Бугарској (Alexandrov et al., 2004), Босни и Херцеговини (Popov et al., 2018; Trbić et al., 2017), те Црној Гори (Burić et al., 2014; Burić & Doderović, 2021; Doderović et al., 2020). Просторна и временска (годишња и сезонска) хетерогеност у расподјели падавина забиљежена је у југоисточној Европи, укључујући Босну и Херцеговину (Popov et al., 2017), Србију (Luković et al., 2014; Milovanović et al., 2017; Milošević et al., 2021), Хрватску (Gajić-Čapka et al., 2015; Ogrin et al., 2022), Словенију (de Luis et al., 2014; Milošević et al., 2016), Румунију (Dumitrescu et al., 2015; Croitoru et al., 2016), Бугарску (Bocheva et al., 2009; Nikolova, 2007), па и Црну Гору (Burić et al., 2015).

Посљедњих година у Црној Гори почело се са детаљнијим проучавањем осцилација водних режима и могућих утицаја климатских промјена на њих. Студије падавина у Црној Гори углавном су се фокусирале на недавне трендове екстремних падавина широм земље (Burić et al., 2015) или на одређеном дијелу територије, на примјер, у Подгорици (Burić & Doderović, 2019, 2021), сјеверу државе (Doderović et al., 2020) и Кривошијама (медитеранска регија) (Ducić et al., 2012). Ćulafić et al. (2020) анализирали су просторне и временске обрасце падавина у Црној Гори. Burić et al. (2019) истраживали су однос између промјене температуре ваздуха на подручју Црне Горе и варијабилности циркулације атмосфере и открили су значајну корелацију између утицаја неколико образаца телеконекција. Burić et al. (2016) истраживали су велике поплаве у Црној Гори крајем 2010. године и колебање протицаја ријеке Мораче, а Ćulafić et al. (2017) утицај климатских промјена на водни режим Лима.

Савремена хидролошка и климатолошка истраживања заснивају се на анализи и компарацији бројних показатеља хидролошких и климатских елемената. Циљ овог истраживања је да се анализом основних климатских (температура, падавине, сњежни покривач) и хидролошких параметара (протицај) утврде промјене климатских елемената у периоду

(Bărbulescu, 2023; Birsan et al., 2014), Bulgaria (Alexandrov et al., 2004), Bosnia and Herzegovina (Popov et al., 2018; Trbić et al., 2017) and also in Montenegro (Burić et al., 2014; Burić & Doderović, 2021; Doderović et al., 2020). Spatial and temporal (annual and seasonal) heterogeneity in the distribution of precipitation was observed in Southeast Europe, including Bosnia and Herzegovina (Popov et al., 2017), Serbia (Luković et al., 2014; Milovanović et al., 2017; Milošević et al., 2021), Croatia (Gajić-Čapka et al., 2015; Ogrin et al., 2022), Slovenia (de Luis et al., 2014; Milošević et al., 2016), Romania (Dumitrescu et al., 2015; Croitoru et al., 2016), Bulgaria (Bocheva et al., 2009; Nikolova, 2007) and Montenegro as well (Burić et al., 2015).

In recent years, a more detailed studies of the oscillations of water regimes and the possible impact of climate change on them have been started in Montenegro. Precipitation studies in Montenegro mostly focused on recent trends in extreme precipitation across the country (Burić et al., 2015) or in a certain part of the territory, for instance, in Podgorica (Burić & Doderović, 2019, 2021), the northern part of the country (Doderović et al., 2020) and Krivošije (Mediterranean region) (Ducić et al., 2012). Ćulafić et al. (2020) analyzed the spatial and temporal patterns of precipitation in Montenegro. Burić et al. (2019) investigated the relationship between the changes in air temperature in the area of Montenegro and the variability of atmospheric circulation and found a significant correlation with the influence of several patterns of teleconnections. Burić et al. (2016) investigated large floods in Montenegro at the end of 2010 and fluctuations in the flow of the Morača River, whereas Ćulafić et al. (2017) analyzed the impact of climate change on the water regime of the Lim River.

Contemporary hydrological and climatological research is based on the analysis and comparison of numerous indicators of hydrological and climatic elements. The goal of this research is, based on analysis of the basic climatic (temperature, precipitation, snow cover) and hydrological parameters (flow) to determine changes in climatic elements in the 1966–2014 periods

1966–2014. године и њихов утицај на водни режим горњег тока ријеке Таре.

ПРОСТОР ИСТРАЖИВАЊА

На малој површини коју заузима Црна Гора (13812 km²) могу се срести изузетно разноврсни и специфични облици рељефа, као и појаве и процеси на њему, што је последица дуге геолошке еволуције терена и изражених ендегених и егзогених сила.

Воде у Црној Гори отичу у два слива – слив Јадранског и слив Црног мора. Сливу Црног мора (тј. сливу ријеке Дунав) припада 7545 km² или 54.6 %, док сливу Јадранског мора припада 6267 km² или 45.4 % територије Црне Горе (Sekulić & Radulović, 2019). Слив Црног мора у регионалном погледу заузима простор средишњих високих заравни (1200–1800 m) и област сјевероисточне Црне Горе (600–1500 m). Овај простор карактеришу високе планине (Комови, Проклетије, Дурмитор, Бјеласица, Сињајевина итд.) које су рашчлањене и испресијецане сливовима ријека Лима, Таре, Пиве, Комарнице, Техотине и Ибра, као и њихових притока. Знатни дјелови терена изграђени су од кластичних и флишколиких глиновито-пјесковито-лапоровитих седимената у којима се јављају појаве убрзаног спирања, јаружања, кидања и клизања.

Изворишни дјелови ријеке Таре налазе се на катуну Бушат, испод врхова Маглића (2142 m н. в.), док главни ток настаје спајањем Опасанице и Веруше у мјесту Хан Гаранчића (1080 m н. в.). Од изворишта до ушћа Дрцке, десна страна слива Таре много је развијенија од лијеве. Највеће притоке су: Дрцка, Скрбуша, Пчиња, Свињача, Плашница, Језерштица, Штитарица, Бјелојевићка ријека, Бистрица, Равњак, Селачка ријека, Љутица, Драга и Сушица, а много извора и врела јављају се ободом кањона. Слив припада нивално-плувијалном водном режиму, динарско-македонском подтипу (Dukić & Gavrilović, 2008). Клима на овом простору је умјереноконтинентална, са хладним зимама и благим љетима.

and their influence on the water regime of the upper stream of the Tara River.

STUDY AREA

On the small area which Montenegro occupies (13812 km²), one can encounter extremely diverse and specific forms of relief, as well as phenomena and processes on it, which is a consequence of the long geological evolution of the terrain and pronounced endogenous and exogenous forces.

The waters in Montenegro flow into two basins – basin of the Adriatic Sea and basin of the Black Sea. The Black Sea basin (i.e. the Danube River basin) covers 7545 km² or 54.6 %, while the Adriatic Sea basin covers 6267 km² or 45.4 % of the territory of Montenegro (Sekulić & Radulović, 2019). In regional terms, the Black Sea basin occupies the area of the central high plains (1200–1800 m) and the region of northeastern Montenegro (600–1500 m). This area is characterized by high mountains (Komovi, Prokletije, Durmitor, Bjelasica, Sinjajevina, etc.) which are dissected and intersected by the basins of the rivers Lim, Tara, Piva, Komarnica, Ćehotina and Ibar as well as their tributaries. Considerable parts of the terrain are made of clastic and flysch-like clayey-sandy-marly sediments in which phenomena of accelerated washing, dredging, tearing and sliding occur.

The headwaters of the Tara River are located on the Bušat ridge, below the peaks of Maglič Mountain (2142 m a. s. l.), while the main stream is created by the confluence of Opasanica and Veruša in the village of Han Garančića (1080 m a. s. l.). From the source to the mouth of the Drcka, the right side of the Tara River basin is much more developed than the left. The largest tributaries are: Drcka, Skrbuša, Pčinja, Svinjača, Plašnica, Jezerštica, Štitarica, Bjelojevićka rijeka, Bistrica, Ravnjak, Selačka rijeka, Ljutica, Draga and Sušica, and many springs and hot springs appear along the edge of the canyon. The basin belongs to the nival-pluvial water regime, Dinaric-Macedonian subtype (Dukić & Gavrilović, 2008). The climate in this area is moderate-continental, with cold winters and mild summers.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

MATERIALS AND METHODS

Када се говори о могућим промјенама климатских и хидролошких елемената као и њиховим узроцима, прво је требало да се испита да ли промјене количине воде у ријекама, заједно са порастом температуре ваздуха и смањењем количине падавина уопште постоје, и ако постоје у којем су обиму и нивоу значајности. У раду су анализирани савремени трендови сезонских и годишњих протицаја у горњем току ријеке Таре.

Трендови протицаја анализирани су на профилу Требаљево на ријеци Тари. Хидролошка станица (ХС) Требаљево (кота „0“ = 894.1 m н. в.) налази се у истоименом селу и удаљена је од ушћа око 106 km. Низводније станице (ХС Мојковац, ХС Ђурђевића Тара, ХС Брштановица) имају превелике прескоке у раду, да би се на основу њих могли анализирати и добити адекватни подаци за цијели ток. Битно је напоменути да наведена хидролошка станица није мијењала свој положај, што омогућава адекватну и поуздану анализу хидролошких елемената.

Анализа трендова извршена је употребом статистичког програма XLSTAT (Free version 2019.4.2.), а поступак је заснован на непараметарском Mann-Kendall тесту, који се користи за утврђивање трендова у временским серијама и њиховог статистичког значаја, коришћењем тзв. мулти-временског приступа који подразумева прорачун тренда у покретним прозорима различите дужине (Kundzewicz, 2004; Kundzewicz & Robson, 2004). Mann-Kendall тест (и Sen метод) коришћен је за процјене промјена протицаја, падавина и температуре у посматраном периоду 1966–2014. године. Статистички значај посматраних трендова дефинисан је на нивоу значајности од 99.9 % ($p \leq 0.001$), 99 % ($0.001 < p \leq 0.01$) и 95 % ($0.01 < p \leq 0.05$). Утврђивање постојања „преломне“ године, кад долази до изражене промјене просјечне вриједности протицаја, температуре и падавина, установљено је употребом Pettit теста.

У циљу утврђивања утицаја климатских промјена на колебање протицаја ријеке Таре,

When talking about possible changes in climatic and hydrological elements as well as their causes, it was necessary to first examine whether changes in the amount of water in rivers, together with an increase in air temperature and a decrease in the amount of precipitation, exist at all, and if they do exist, to what extent and to what level of significance. The paper analyzes the contemporary trends in seasonal and annual flows in the upper stream of the Tara River.

Flow trends were analyzed on the Trebaljevo profile on the Tara River. Hydrological station (HS) Trebaljevo (elevation “0” = 894.1 m a. s. l.) is located in the village of the same name and is about 106 km from the mouth. Downstream stations (HS Mojkovac, HS Đurđevića Tara, HS Brštanovica) have too large jumps in operation, so that it would not be possible to analyze them and obtain adequate data for the entire river course. It is important to note that the mentioned hydrological station did not change its position, which enables us to perform an adequate and reliable analysis of the hydrological elements.

The trend analysis was performed using the statistical program XLSTAT (Free version 2019.4.2), and the procedure is based on the non-parametric Mann-Kendall test, which is used to determine trends in time series and their statistical significance, using the so-called the multi-temporal approach, which implies the calculation of the trend in moving windows of different lengths (Kundzewicz, 2004; Kundzewicz & Robson, 2004). The Mann-Kendall test (and Sen’s method) was used to estimate changes in flow, precipitation and air temperature during the observed 1966–2014 periods. The statistical significance of the observed trends is defined at the significance level of 99.9 % ($p \leq 0.001$), 99 % ($0.001 < p \leq 0.01$) and 95 % ($0.01 < p \leq 0.05$). Determining the existence of the “change point” year, when there is a pronounced change in the average value of flow, air temperature and precipitation, was performed using the Pettit test.

In order to determine the impact of climate change on the flow fluctuations on the Tara Riv-

израчунати су трендови средњих годишњих и сезонских температура ваздуха и количина падавина, а подаци су узети са метеоролошке станице Колашин (42°50' с. г. ш., 19°31' и. г. д. и 944 m н. в.) за исти референтни период као и код анализе хидролошких података.

Како би се на адекватан начин утврдило одступање годишње вриједности протицаја од просјечне, очекиване, вриједности, тј. да се утврди да ли се чешће јављају мање водне или више водне године, извршено је рангирање година по водности, што може бити и показатељ реакција цијелог слива на колебање режима ријека услед промјене климе. Ова методологија се користи и примјењује у хидролошким и географским проучавањима ради указивања кретања тренда у вишегодишњем режиму водности једног тока (Gnjato, 2018; Langović et al., 2017; Мустафић, 2012). Приликом оваквих истраживања увијек се поставља питање који је најбољи начин за овакву анализу и рангирање, јер се може примијенити више одређених расподјела (Pearson type III, Gumbel...) у зависности од обрађивача. У овом раду примијењена је Log-Pearson III расподјела за рангирање година према водности, коју је искористио и Оцокољић (1994), гдје је године у зависности од повратног периода величине протицаја, подијелио на катастрофално сушне, веома сушне, сушне, средње водне, водне, веома водне и катастрофално водне године (Ђокић, 2015). Водност одређене године је, у ствари, приказ вишка или мањка воде у водотоку, у односу на одређену нормалу.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Анализа протицаја

Годишњи протицај је индикатор за количину воде у датом ријечном сливу. Ако годишњи протицај расте, ризик од поплава такође расте. Низак годишњи протицај могао би довести до серије узрочно-последичних догађаја који се негативно одражавају на људске активности и водни екосистем.

Вишегодишњи просјечни протицај на ХС Требаљево износи 24.6 m³/s (Таб. 1). Вријед-

er, the trends in mean annual and seasonal air temperatures and precipitation were calculated, and the data were taken from the meteorological station Kolašin (42°50' N latitude, 19°31' E longitude and 944 m a. s. l.) for the same reference period as in the analysis of hydrological data.

In order to adequately determine the deviation of the annual flow value from the average, expected value, i.e. in order to determine whether the years with less water or more water occur more often, the years were ranked by wateriness, which can also be an indicator of the reactions of the entire basin to fluctuating river regimes due to climate change. This methodology is used and applied in hydrological and geographical studies in order to indicate the trend in the multi-year water regime of a stream (Gnjato, 2018; Langović et al., 2017; Мустафић, 2012). During such research, the question always arises as to what is the best way for this kind of analysis and ranking, because several specific distributions (Pearson type III, Gumbel, ...) can be applied depending on the processor. In this research, the Log-Pearson III distribution was applied to rank years according to wateriness, which was also used by Оцокољић (1994), where he divided the years into catastrophically dry, very dry, dry, medium watery, watery, very watery and catastrophically watery years depending on the return period of the flow (Ђокић, 2015). The wateriness of a given year is actually a representation of excess or deficiency of water in the watercourse, in relation to a certain normal.

RESULTS AND DISCUSSION

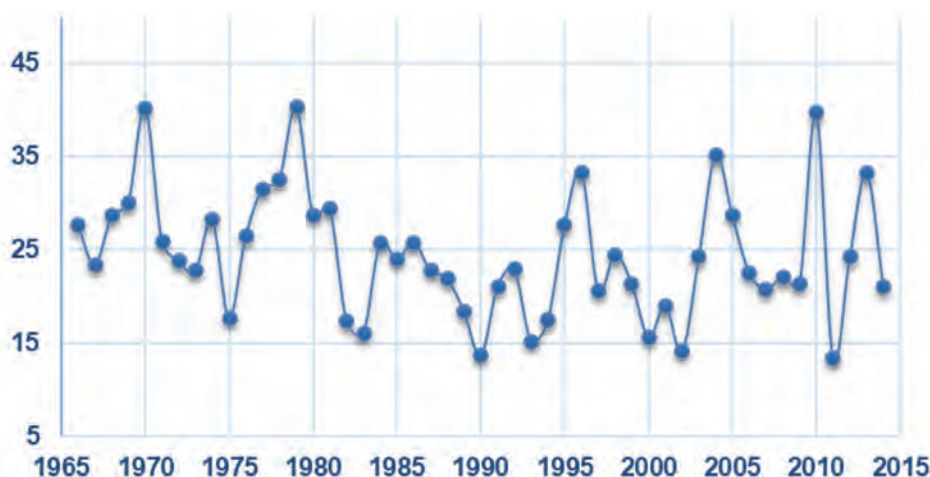
Analysis of Flow

The annual flow is an indicator for the amount of water in a given river basin. If the annual flow increases, the risk of flooding also increases. Low annual flow could lead to a series of causal events that adversely affect human activities and the aquatic ecosystem.

The perennial average flow at HS Trebaljevo is 24.6 m³/s (Tab. 1). The values of

ности средњих мјесечних протицаја приказани су на Сл. 1. Највиши средњи мјесечни протицаји јављају се у прољеће (април–мај), а најнижи у сезонама лето и јесен. Овакав режим протицаја јавља се као последица сувог љетњег периода, којег карактеришу највише температуре ваздуха и минимална количина падавина. Највећи протицаји јављају се у сезони прољеће, што је условљено топљењем сњежног покривача и падавина. Осмотрени сезонски и годишњи трендови у периоду 1966–2014. године на анализираном хидролошком профилу показују одређене негативне трендове (Таб. 1). Може се претпоставити да се негативни трендови протицаја јављају као последица раста температура ваздуха и неравномјерне расподеле количине падавина од краја 20. вијека.

mean monthly flows are shown in Fig. 1. The highest mean monthly flows occur in spring (April–May) and the lowest in the summer and autumn seasons. This flow regime occurs as a consequence of the dry summer period, which is characterized by the highest air temperatures and the minimum amount of precipitation. The highest flows occur in the spring season, which is conditioned by the melting of the snow cover and precipitation. The observed seasonal and annual trends in the 1966–2014 periods on the analyzed hydrological profile show certain negative trends (Tab. 1). It can be assumed that negative flow trends occur as a result of rising air temperatures and uneven distribution of precipitation since the end of the 20th century.



Сл. 1. Вриједности средњегодишњих протицаја на ХС Требаљево у периоду 1966–2014. године
 Fig. 1. Average annual discharge values at HS Trebaljevo in the 1966–2014 periods

Таб. 1. Годишње и сезонске просјечне вриједности протицаја на ХС Требаљево (m³/s), нагиб тренда (m³/s годишње) и његова статистичка значајност и преломне године (за период 1966–2014. године)
 Tab. 1. Annual and seasonal average discharge values (m³/s) at HS Trebaljevo, trend values (m³/s per year) and their statistical significance and change point years (for the 1966–2014 periods)

Сезона / Season	Просјечни протицај / Average discharge	Тренд / Trend		Преломна година / Change point year
		Нагиб / Slope	р-вриједност / p-value	
Година / Year	24.6	-0.120	0.027	1981
Прољеће / Spring	41.0	-0.323	0.129	1987
Љето / Summer	8.7	-0.124	<0.001	1989
Јесен / Autumn	20.0	-0.093	0.555	1980
Зима / Winter	28.4	-0.018	0.086	1988

Резултати анализе за ХС Требаљево показују статистички значајне, на нивоу 99.9 %, негативне трендове протицаја само у сезони љето, док остали средњи сезонски протицаји не показују битнију статистичку значајност. У сезони љето, на профилу Требаљево, средњи протицаји опадали су просјечно за 0.124 m³/s годишње (Таб. 1).

Дакле, анализом осматрених трендова протицаја, може се закључити да углавном преовлађују негативни трендови, који нису статистички значајни (осим годишњих и протицаја у сезони љето). Да би се утврдио евентуални узрок и посљедица оваквих трендова кретања протицаја, потребно је било утврдити постојање „преломне“ године, када долази до изражене позитивне или негативне промјене у вриједностима протицаја. У анализираном сливном подручју, тачка тј. година послје које је дошло до одређених промјена јесте 1989. година (за љетње протицаје, на нивоу значајности од 99.9 %), док је 1981. година преломна у погледу годишњег тренда (Таб. 1).

Рангирање година по водности за истраживано подручје дато је у Таб. 2, на основу чега се може закључити да у анализираном периоду није било екстремно сушних нити екстремно водних година. Јако сушне године забиљежене су 3 пута (1990, 2002. и 2011. година). Највећи процентуални удио имају благо сушне (41 %) као и благо водне године (27 %). Најдужи континуитет појављивања имају благо сушне године и то 1987/’88/’89/’90/’91/’92, 1997/’98/’99. и 2006/’07/’08/’09. године, док су остала појављивања неправилно распоређена. Јако водне године биле су 1970, 1979. и 2010. година – када је дошло до великих поплава у сливу Таре и у цијелој Црној Гори.

The results of the analysis for HS Trebaljevo show statistically significant, at the level of 99.9 %, negative flow trends only in the summer season, while the other seasonal mean flows do not show statistical significant trends. In the summer season, on the Trebaljevo profile, mean flows decreased by an average of 0.124 m³/s per year (Tab. 1).

Therefore, by analyzing the observed flow trends, it can be concluded that mostly negative trends prevail, which are not statistically significant (except for annual and summer flows). In order to determine the possible cause and effect of such flow trends, it was necessary to determine the existence of a “change point” year, when there is a pronounced positive or negative change in flow values. In the analyzed basin area, the point, i.e. the year after which certain changes occurred was 1989 (for summer flows, at a significance level of 99.9 %), while 1981 was a turning point in terms of the annual trend (Tab. 1).

The ranking of years by wateriness for the researched area is given in the Tab. 2, based on which it can be concluded that there were no extremely dry or extremely wet years in the analyzed period. There have been three very dry years here (1990, 2002 and 2011). Mildly dry (41 %) and mildly watery years (27 %) have the highest percentage share. The longest continuity of occurrence have slightly dry years, namely 1987/’88/’89/’90/’91/’92, 1997/’98/’99 and 2006/’07/’08/’09, while the other occurrences were irregularly distributed. Strongly watery years were 1970, 1979 and 2010 – when there were large floods in the Tara River basin, and also in the entire Montenegro.

Таб. 2. Класификација година по водности (за период 1966–2014. године)
Tab. 2. Classification of years by wateriness (for the 1966–2014 periods)

Тип / Type	Екстремно водне / Extremely watery	Јако водне / Strongly watery	Умјерено водне / Moderately watery	Благо водне / Mildly watery	Благо сушне / Mildly dry	Умјерено сушне / Moderately dry	Јако сушне / Very dry	Екстремно сушне / Extremely dry
Број година / Number of years	0	4	3	13	20	6	3	0
%	0	8	6	27	41	12	6	0

Промјене климатских елемената –
 температура ваздуха и падавине

Changes in Climate Elements –
 Air Temperature and Precipitation

Средња годишња вриједност температуре ваздуха за анализирани период 1966–2014. године у Колашину износи 7.4°C (Таб. 3). Најмање средње мјесечне вриједности забиљежене су у јануару (-1.6°C), а највеће у јулу (16.5°C). Апсолутно максимална температура забиљежена је у августу 2012. године (37.1°C), док је апсолутно минимална забиљежена у јануару 1985. године (-29.8°C). Просјечна количина падавина у истраживаном простору износи 2126 mm. Максимуми падавина јављају се у новембру (просјечно 128 mm), а минимуми у мјесецу августу (просјечно 49 mm).

Просјечне вриједности годишњих и сезонских температура и падавина, као и њихови трендови, дати су у Таб. 3. Наведене вриједности показују да се јављају статистички значајни позитивни трендови годишњих и сезонских температура ваздуха. Најизраженији раст температуре забиљежен је у сезонама лето и јесен. За летњи период вриједност тренда износи 0.07°C годишње, а у јесен 0.04°C годишње. С друге стране, забиљежени су трендови смањења годишњих и сезонских висина падавина (значајни у сезони лето).

The average annual value of the air temperature for the analyzed 1966–2014 periods in Kolašin is 7.4°C (Tab. 3). The lowest mean monthly values were recorded in January (-1.6°C) and the highest in July (16.5°C). The absolute maximum air temperature was recorded in August 2012 (37.1°C), while the absolute minimum was recorded in January 1985 (-29.8°C). The annual amount of precipitation in the researched area is 2126 mm. Maximum precipitation occurs in November (128 mm on average) and minimum in August (49 mm on average).

The average values of annual and seasonal air temperatures and precipitation, as well as their trends, are given in the Tab. 3. These values show that there are statistically significant positive trends in annual and seasonal air temperatures. The most pronounced increase in temperature was recorded in the summer and autumn seasons. For the summer season, trend slope is 0.07°C per year, and for autumn season it is 0.04°C per year. On the other hand, negative trends (i.e. reduction) in annual and seasonal precipitation were recorded (significant in the summer season).

Таб. 3. Годишње и сезонске просјечне вриједности температуре ваздуха и падавина у Колашину у периоду 1966–2014. године и њихови трендови
 Tab. 3. Annual and seasonal average values of air temperature and precipitation in Kolašin in the 1966–2014 periods and their trends

Сезона / Season	Температура / Temperature (°C)		Падавине / Precipitation (mm)	
	Просјек / Average	Тренд / Trend	Просјек / Average	Тренд / Trend
Година / Year	7.4	0.04a	2126	-1.50
Прољеће / Spring	6.7	0.03	169	-0.14
Љето / Summer	15.7	0.07 ^a	85.7	-0.55 ^c
Јесен / Autumn	8.0	0.04 ^b	224.4	0.82
Зима / Winter	-0.8	0.02	230.3	-0.46

Напомена: Статистичка значајност на нивоу 99.9 % ^(a), 99 % ^(b) и 95 % ^(c).
 Note: Statistical significance at the level of 99.9 % ^(a), 99 % ^(b) and 95 % ^(c).

На основу годишњих екстремних вриједности падавина може се одредити коефицијент колебања по Хелману, који пружа могућност сазнања о степену постојаности

Based on the annual extreme values of precipitation, the coefficient of fluctuation according to Hellman can be determined, which provides the opportunity to learn about the degree

годишњих сума падавина у дугогодишњем периоду. Коефицијент колебања представља екстремно годишње колебање годишњих сума падавина, а добија се као однос године са највећом и године са најмањом сумом падавина за посматрани период. Коефицијент колебања за Колашин износи 2.6, што указује на доста изражену промјенљивост у вишегодишњој варијацији, односно да је екстремно годишње колебање годишњих сума падавина велико у односу на вриједности у појединим мјестима у Црној Гори.

Имајући у виду да на режим протицаја снажно утичу падавине и температура ваздуха, утврђена је статистичка корелација (Pearsonov коефицијент) између њих, па тако евидентни тренд промјена у њиховом режиму не може бити занемарен. На годишњем нивоу, корелација између протицаја и падавина износи 0.74 ($p=0.01$), док је између протицаја и температуре ваздуха та вриједност -0.18 .

Промјене климатских елемената – сњежни покривач

Снијег је веома важан елемент, који даје и одређује карактеристике и карактер одређеног географског простора, првенствено планинских средина (какав је анализиран географски простор), због свог великог значаја за хидрологију, вегетацију и социјално-економски сектор. Нарочито је битна његова величина (висина сњежног покривача), број дана са појавом снијега и број дана са сњежним покривачем, као и постотак воде у снијегу (еквивалент сњежне воде). За поузданије анализе сњежног покривача непостојање података за веће висине представља проблем. Наиме, у Црној Гори највиша локација на којој се мјери снијег је метеоролошка станица Жабљак (1450 m н. в.), тако да све изнад ове висине представља податке добијене стохастичким методама.

Приликом анализе прво су утврђене основне карактеристике снијега тј. идентификоване су максималне и минималне висине снијега (мјесечне и годишње), као и број дана са снијегом од 0–10 cm, 10–30 cm, 30–50 cm, 50–100 cm, 100–150 cm и > 150 cm. Да би се истражиле и анализирале екстремне вриједности, утврђен је апсолутни дневни максимум за сваки мјесец трајања сњежне сезоне и такође је израчунато и стандардно одступање – девијација (σ) и индекс

of stability of annual precipitation sums over a long period of time. The coefficient of fluctuation represents the extreme annual fluctuation of the annual amount of precipitation, and it is obtained as the ratio of the year with the highest amount of precipitation and the year with the lowest amount of precipitation for the observed period. The fluctuation coefficient for Kolašin is 2.6, which indicates a rather pronounced variability in the multi-year variation, that is, that the extreme annual fluctuation of annual precipitation amounts is large compared to these values in some places in Montenegro.

Having in mind that the flow regime is strongly influenced by precipitation and air temperature, a statistical correlation (Pearson's coefficient) was established between them, so the evident trend of changes in their regime cannot be ignored. At the annual level, the correlation between flow and precipitation is 0.74 ($p=0.01$), while between flow and air temperature, this value is -0.18 .

Changes in Climate Elements – Snow Cover

Snow is a very important element, which gives and determines the characteristics and character of a certain geographical area, primarily mountainous areas (such as the analyzed geographical area), due to its high importance for hydrology, vegetation and the socio-economic sector. Its size (the height of the snow cover), the number of days with the appearance of snow and the number of days with snow cover, as well as the percentage of water in the snow (snow water equivalent) are particularly important. For more reliable analyzes of the snow cover, the lack of data for higher altitudes is a problem. Namely, in Montenegro, the highest location where snow is measured is the meteorological station Žabljak (1450 m a. s. l.), so everything above this height represents data obtained by stochastic methods.

During the analysis, the basic characteristics of the snow were first determined, i.e. the maximum and minimum snow heights (monthly and annually) as well as the number of days with snow of 0–10 cm, 10–30 cm, 30–50 cm, 50–100 cm, 100–150 cm and > 150 cm were identified. In order to investigate and analyze extreme values, the absolute daily maximum was determined for each month of the snow season and also the

варијабилности (%). Почетак сезоне сњежних падавина је дефинисан као датум до којег се акумулира 10 % годишње суме, за дотичну годину, а њен крај као датум до којег се акумулира 90 % вриједности годишњих падавина. Предност ове методе је што игнорише спорадичне сњежне догађаје, на почетку, унутар и на крају сезоне. У Колашину, средња мјесечна дубина сњежног покривача (у просјеку за читав проучавани период) повећава се од новембра (18 cm) до априла, а затим се брзо смањује (Таб. 4). Први и последњи мјесеци зиме одликују се великом разноликошћу у средњој висини снијега, тј. почетак и крај периода са трајним сњежним покривачем варира од године до године, а разлика се може јавити и у неколико десетина дана. Индекс варијабилности је највећи у октобру, новембру и априлу. Дневни и мјесечни средњи максимум сњежног покривача јавља се у фебруару мјесецу. Апсолутни максимум забиљежен је 13. 02. 2012. године и износио је 192 cm. Међутим, и овдје видимо често велике осцилације унутар мјесеци и самих година. Вриједности стандардне девијације доста су високе, а то значи да је уобичајена појава зима знатно сњежнијих од просјека, као и оних знатно мање сњежних.

standard deviation – deviation (σ) and variability index (%) were calculated. The beginning of the snowfall season is defined as the date by which 10 % of the annual sum is accumulated, for the year in question, and its end as the date by which 90 % of the annual precipitation value is accumulated. The advantage of this method is that it ignores sporadic snow events, at the beginning, within and at the end of the season. In Kolašin, the mean monthly snow cover depth (averaged over the entire studied period) increases from November (18 cm) to April, and then rapidly decreases (Tab. 4). The first and last months of winter are characterized by great diversity in the average snow cover height, i.e. the beginning and end of the period with permanent snow cover varies from year to year, and the difference can occur in several tens of days. The variability index is highest in October, November and April. The daily and monthly mean maximum of snow cover occurs in the month of February. The absolute maximum occurred on February 13, 2012 and was 192 cm. However, here too we often see large oscillations within months and years. The values of the standard deviations are quite high, and this means that it is a common phenomenon that we have significantly snowier than average winters, as well as significantly less snowy ones.

Таб. 4. Главне карактеристике сњежног покривача у Колашину
 Tab. 4. Main characteristics of snow cover in Kolašin

Мјесец / Month	Карактеристичне вриједности / Characteristic values			Максимална измјерена вриједност / Maximum measured value	
	Просјек / Average (cm)	σ	Индекс варијабилности / Variability index (%)	Max (cm)	Датум / Date
Октобар / October	6	7	117	27	31. 10. 1974.
Новембар / November	18	15	83	62	09. 11. 2004.
Децембар / December	26	19	73	77	28. 12. 1980.
Јануар / January	42	32	76	135	11. 01. 1985.
Фебруар / February	44	36	82	192	13. 02. 2012.
Март / March	42	34	81	156	07. 03. 2005.
Април / April	18	20	111	100	01. 04. 1995.
Мај / May	3	1	33	4	07. 05. 1989.
Година / Year	65	35	54	192	13. 02. 2012.

Треба још и споменути да је последњих година (од 2000-те) присутна блага тенденција повећања максималне висине сњежног покривача у току зимских мјесеци, али је исто присутно смањење броја дана са снијегом током новембра и марта. Да би се направио увид у евентуалне промјене у висини сњежног покривача, након анализе броја дана са снијегом за одређене висине снијега, урађено је упоређивање два периода (1966–1990. и 1991–2015.), у односу на цијели период 1966–2015. Резултати су приказани у Таб. 5. На основу наведене табеле видимо да су најзаступљенији сњегови са висином до 10 cm (67 %), затим слиједе они са висином 10–30 cm (18 %), 30–50 cm (9 %), 50–100 cm (7 %), док они са вриједностима од 100–150 cm и >150 cm имају учешће од 3 %. У периоду 1991–2015. присутно је смањење броја дана са снијегом у Колашину, у односу на претходни период (1966–2015).

It should also be mentioned that in recent years (since 2000) there is a slight tendency to increase the maximum height of the snow cover during the winter months, but there is also a decrease in the number of days with snow during November and March. In order to gain insight into possible changes in the height of the snow cover, after analyzing the number of days with snow for certain snow heights, a comparison of two periods (1966–1990 and 1991–2015) in relation to the entire 1966–2015 periods was made. The results are shown in Tab. 5. Based on the result shown in table, we can see that the most common snow is snow up to 10 cm of height (67 %), followed by ones with height of 10–30 cm (18 %), 30–50 cm (9 %), 50–100 cm (7 %), while those with height values of 100–150 cm and > 150 cm have a share of 3 %.

Таб. 5. Број карактеристичних дана са снијегом у Колашину у периоду 1966–2015. (I), 1966–1990. (II) и 1991–2015. (III) године

Tab. 5. Number of characteristic days with snow in Kolašin in the 1966–2015 (I), 1966–1990 (II) and 1991–2015 (III) periods

Период / Period	0–10 cm	%	10–30 cm	%	30–50 cm	%	50–100 cm	%	100–150 cm	%	> 150 cm	%	Година / Year
I	119	67	31	18	16	9	13	7	5	3	6	3	178
II	123	68	31	17	16	9	13	7	2	1	0	0	180
III	116	66	32	18	16	9	13	7	12	7	6	3	176

ЗАКЉУЧАК

Анализирајући трендове протицаја, температуре и падавина, може се закључити да њихове промјене утичу на водни режим Таре. Годишњи протицаји имају негативан тренд (-0.120 m³/s годишње). Исти тренд примијећен је кроз сезоне, а најзначајнији је био у сезони љето (-0.124 m³/s годишње). Падавине, као најважнији фактор који утиче на водни режим ријека у проучаваном подручју, показују извјесна колебања. Дакле, евидентан је негативан

CONCLUSION

Analyzing the trends of flow, temperature and precipitation, it can be concluded that their changes affect the water regime of Tara River. Annual flows have a negative trend (-0.120 m³/s per year). The same trend was observed throughout the seasons, and the most significant was in the summer season (-0.124 m³/s per year). Precipitation, as the most important factor affecting the water regime of the rivers in the studied area, shows certain fluctuations. Therefore, a negative trend of -1.50

тренд од -1.50 mm годишње (значајно на нивоу 95 %). У анализираном периоду ово подручје карактеришу значајни позитивни трендови годишњих и сезонских температура ваздуха (нарочито у љетњој сезони). Промјене до којих је дошло у истраживаном подручју, а односе се на период са краја 20. вијека, подударују се са извјештајима и прогнозама Међународног панела за климатске промјене (IPCC, 2014).

Овакви трендови имају негативне утицаје на екосистеме, пољопривреду и само одрживо и рационално управљање водама и у будућности мора се посветити већа пажња системском управљању свим водним ресурсима, а не само сливом Таре.

mm per year is evident (significant at the 95 % level). In the analyzed period, this area is characterized by significant positive trends in annual and seasonal air temperatures (especially in the summer season). The changes that occurred in the study area, and refer to the period from the end of the 20th century, are in agreement with the reports and forecasts of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014).

These trends have negative effects on ecosystems, agriculture and sustainable and rational water management itself, and in the future, greater attention must be paid to the systemic management of all water resources, not just the Tara River basin.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Alexandrov, V., Schneider, M., Koleva, E., & Moisselin, J. M. (2004). Climate Variability and Change in Bulgaria During the 20th Century. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(3), 133–149. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0073-4>
- Bărbulescu, A. (2023). On the Regional Temperature Series Evolution in the South-Eastern Part of Romania. *Applied Sciences*, 13(6), Article 3904. <https://doi.org/10.3390/app13063904>
- Berghuijs, W. R., Aalbers, E. E., Larsen, J. R., Trancoso, R., & Woods, R. A. (2017). Recent Changes in Extreme Floods Across Multiple Continents. *Environmental Research Letters*, 12(11), Article 114035. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8847>
- Birsan, M. V., Dumitrescu, A., Micu, D. M., & Cheval, S. (2014). Changes in Annual Temperature Extremes in the Carpathians Since AD 1961. *Natural Hazards*, 74(3), 1899–1910. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1290-5>
- Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R. A. P., Parajka, J., Merz, B., Lun, D., Arheimer, B., Aronica, G. T., Bilibashi, A., Boháč, M., Bonacci, O., Borga, M., Čanjevac, I., Castellarin, A., Chirico, G. B., Claps, P., Frolova, N., Ganora, D., ... Živković, N. (2019). Changing Climate Both Increases and Decreases European River Floods. *Nature*, 573, 108–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6>
- Bonacci, O., & Oskoruš, D. (2010). The Changes of the Lower Drava River Water Level, Discharge and Suspended Sediment Regime. *Environmental Earth Sciences*, 59(8), 1661–1670. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0148-8>
- Bonacci, O., Bonacci, D., & Roje-Bonacci, T. (2021). Different Air Temperature Changes in Continental and Mediterranean Regions: A Case Study from Two Croatian Stations. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(3), 1333–1346. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03702-0>
- Bouwer, L. M., Vermaat, J. E., & Aerts, J. C. J. H. (2008). Regional Sensitivities of Mean and Peak River Discharge to Climate Variability in Europe. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113, Article D19103. <https://doi.org/10.1029/2008JD010301>
- Bocheva, L., Marinova, T., Simeonov, P., & Gospodinov, I. (2009). Variability and Trends of Extreme Precipitation Events over Bulgaria (1961–2005). *Atmospheric Research*, 93(1–3), 490–497. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.025>
- Burić, D., Luković, J., Ducić, V., Dragojlović, J., & Doderović, M. (2014). Recent Trends in Daily Temperature Extremes over Southern Montenegro (1951–2010). *Natural Hazards*

- and *Earth System Sciences*, 14(1), 67–72. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-67-2014>
- Burić, D., Luković, J., Bajat, B., Kilibarda, M., & Živković, N. (2015). Recent Trends in Daily Rainfall Extremes over Montenegro (1951–2010). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(9), 2069–2077. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-2069-2015>
- Burić, D., Ducić, V., & Doderović, M. (2016). Poplave u Crnoj Gori krajem 2010. godine sa osvrtom na kolebanje proticaja Morače. *Glasnik Odjeljenja prirodnih nauka SANU*, 21, 47–64.
- Burić, D., Dragojlović, J., Penjišević-Sočanac, I., Luković, J., & Doderović, M. (2019). Relationship Between Atmospheric Circulation and Temperature Extremes in Montenegro in the Period 1951–2010. In W. Leal Filho, G. Trbic, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe* (pp. 29–43). Springer.
- Burić, D., & Doderović, M. (2019). Precipitation, Humidity and Cloudiness in Podgorica (Montenegro) During the Period 1951–2018. *Geographica Pannonica*, 23(3), 233–244. <https://doi.org/10.5937/gp23-23582>
- Burić, D., & Doderović, M. (2021). Changes in Temperature and Precipitation in the Instrumental Period (1951–2018) and Projections up to 2100 in Podgorica (Montenegro). *International Journal of Climatology*, 41(S1), E133–E149. <https://doi.org/10.1002/joc.6671>
- Vrsalović, A., Andrić, I., Bonacci, O., & Kovčić, O. (2023). Climate Variability and Trends in Imotski, Croatia: An Analysis of Temperature and Precipitation. *Atmosphere*, 14, Article 861. <https://doi.org/10.3390/atmos14050861>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1217-9>
- Gnjato, S. (2018). Analysis of the Water Discharge at the Sana River. *Гласник/HERALD*, 22, 103–116. <https://doi.org/10.7251/HER2218103G>
- Gnjato, S., Popov, T., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2019). Climate Change Impact on River Discharges in Bosnia and Herzegovina: A Case Study of the Lower Vrbas River Basin. In W. Leal Filho, G. Trbic, & D. Filipovic (Eds.), *Climate Change Adaptation in Eastern Europe* (pp. 79–92). Springer.
- Gnjato, S., Popov, T., Adžić, D., Ivanišević, M., Trbić, G., & Bajić, D. (2021). Influence of Climate Change on River Discharges over the Sava River Watershed in Bosnia and Herzegovina. *Időjárás*, 125(3), 449–462. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.3.5>
- Gnjato, S., Popov, T., Ivanišević, M., & Trbić, G. (2023). Long-Term Streamflow Trends in Bosnia and Herzegovina (BH). *Environmental Earth Sciences*, 82(14), Article 356. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11040-9>
- Dankers, R., & Feyen, L. (2008). Climate Change Impact on Flood Hazard in Europe: An Assessment Based on High Resolution Climate Simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113, Article D19105. <https://doi.org/10.1029/2007JD009719>
- de Luis, D. M., Cufar, K., Saz, M. A., Longares, L. A., Ceglar, A., & Bogataj, L. K. (2014). Trends in Seasonal Precipitation and Temperature in Slovenia During 1951–2007. *Regional Environmental Change*, 14(5), 1801–1810. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0365-7>
- Do, H. X., Westra, S., & Leonard, M. (2017). A Global-Scale Investigation of Trends in Annual Maximum Streamflow. *Journal of Hydrology*, 552, 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.06.015>
- Doderović, M., Burić, D., Ducić, V., & Mijano-
vić, I. (2020). Recent and Future Air Temperature and Precipitation Changes in the Mountainous North of Montenegro. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 70(3), 189–201. <https://doi.org/10.2298/IJGI2003189D>
- Dolinaj, D., Leščešen, I., Pantelić, M., Urošev, M., & Milijašević Joksimović, D. (2019). Danube River Discharge at Bezdán Gauging Station (Serbia) and Its Correlation with Atmospheric Circulation Patterns. *Geographica Pannonica*, 23(1), 14–22. <https://doi.org/10.5937/gp23-18514>

- Ducić, V., Luković, J., Burić, D., Stanojević, G., & Mustafić, S. (2012). Precipitation Extremes in the Wettest Mediterranean Region (Krivošije) and Associated Atmospheric Circulation Types. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(3), 687–697. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-687-2012>
- Dukić, D., & Gavrilović, LJ. (2008). *Hidrologija*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd.
- Dumitrescu, A., Bojariu, R., Birsan, M. V., Marin, L., & Manea, A. (2015). Recent Climatic Changes in Romania from Observational Data (1961–2013). *Theoretical and Applied Climatology*, 122(1–2), 111–119. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1290-0>
- Ђокић, М. (2015). *Нишава – потамолошка студија* [Необјављена докторска дисертација]. Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет.
- Ђокић, М., Stričević, LJ., Gocić, M., Golubović, N., & Miletić, M. (2022). Analysis of Discharge Fluctuation Using Modified Streamflow Drought Index (SDI) and Standardized Precipitation Index (SPI) in the Upper Nišava River Basin. *Serbian Journal of Geosciences*, 8, 15–26. <https://doi.org/10.18485/srbjgeosci.2022.8.1.3>
- EEA. (2017). *Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016: An Indicator-Based Report*. European Environment Agency.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kleinen, T., & Petschel-Held, G. (2007). Integrated Assessment of Changes in Flooding Probabilities Due to Climate Change. *Climatic Change*, 81(3), 283–312. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9159-6>
- Kovačević-Majkić, J., & Urošev, M. (2014). Trends of Mean Annual and Seasonal Discharges of Rivers in Serbia. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 64(2), 143–160. <https://doi.org/10.2298/IJ-GI1402143K>
- Kundzewicz, Z. W. (2004). Searching for a Change in Hydrological Data. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1), 3–6.
- Kundzewicz, Z. W., & Robson, A. J. (2004). Change Detection in Hydrological Records – A Review of the Methodology. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1), 7–19. <https://doi.org/10.1623/hysj.49.1.7.53993>
- Kundzewicz, Z. W., Pińskwar, I., & Brakenridge, G. R. (2013). Large Floods in Europe, 1985–2009. *Hydrological Sciences Journal*, 58(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.745082>
- Langović, M., Manojlović, S., & Čvorović, Z. (2017). Trends of Mean Annual River Discharges in the Zapadna Morava River Basin. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 97(2), 19–45. <https://doi.org/10.2298/GSGD1702019L>
- Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., & Kaspar, F. (2006). Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change*, 75(3), 273–299. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-6338-4>
- Leščešen, I., Šraj, M., Pantelić, M., & Dolinaj, D. (2021). Assessing the Impact of Climate on Annual and Seasonal Discharges at the Sremska Mitrovica Station on the Sava River, Serbia. *Water Supply*, 22, 195–207. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.277>
- Luković, J., Bajat, B., Blagojević, D., & Kilibarda, M. (2014). Spatial Pattern of Rainfall Trends in Serbia. *Regional Environmental Change*, 14(5), 1789–1799. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0459-x>
- Martić Bursać, N., Stričević, LJ., Nikolić, M., & Ivanović, R. (2016). Statistic Analysis of Average, High and Low Waters of the Toplica River. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 96(1), 26–45. <https://doi.org/10.2298/GSGD1601026M>
- Martić Bursać, N. M., Radovanović, M. M., Radivojević, A. R., Ivanović, R. D., Stričević, LJ. S., Gocić, M. J., Golubović, N. M., & Bursać, B. L. (2022). Observed Climate Changes in the Toplica River Valley – Trend Analysis of Temperature, Precipitation and

- River Discharge. *Időjárás*, 126(3), 403–423. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2022.3.8>
- Milly, P. C., Dunne, K. A., & Vecchia, A. V. (2005). Global Pattern of Trends in Streamflow and Water Availability in a Changing Climate. *Nature*, 438, 347–350. <https://doi.org/10.1038/nature04312>
- Milošević, D. D., Savić, S. M., Pantelić, M., Stankov, U., Žiberna, I., Dolinaj, D., & Leščešen, I. (2016). Variability of Seasonal and Annual Precipitation in Slovenia and Its Correlation with Large-Scale Atmospheric Circulation. *Open Geosciences*, 8(1), 593–605. <https://doi.org/10.1515/geo-2016-0041>
- Milošević, D., Stojavljević, R., Szabó, S., Stankov, U., Savić, S., & Mitrović, L. (2021). Spatio-Temporal Variability of Precipitation over the Western Balkan Countries and Its Links with the Atmospheric Circulation Patterns. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 71(1), 29–42. <https://doi.org/10.2298/IJGI2101029M>
- Milovanović, B., Schuster, P., Radovanović, M., Ristić Vakanjac, V., & Schneider, C. (2017). Spatial and Temporal Variability of Precipitation in Serbia for the Period 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1), 687–700. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2118-5>
- Мустафић, С. (2012). *Географски фактори као детерминанте ерозије на примеру слива Нишаве* [Необјављена докторска дисертација]. Универзитет у Београду, Географски факултет.
- Nikolova, N. (2007). Regional Climate Change: Precipitation Variability in Mountainous Part of Bulgaria. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 57, 79–86. <https://doi.org/10.2298/IJGI0757079N>
- Oblak, J., Kobold, M., & Šraj, M. (2021). The Influence of Climate Change on Discharge Fluctuations in Slovenian Rivers. *Acta Geographica Slovenica*, 61(2), 155–169. <https://doi.org/10.3986/AGS.9942>
- Ogrin, D. (2015). Long-Term Air Temperature Changes in Ljubljana (Slovenia) in Comparison to Trieste (Italy) and Zagreb (Croatia). *Moravian Geographical Reports*, 23(3), 17–26. <https://doi.org/10.1515/mgr-2015-0014>
- Ogrin, M., Ogrin, D., Milošević, D., Pantelić, M., Dolinaj, D., Trobec, T., Glojek, K., & Savić, S. (2022). Changes in Daily Air Temperatures and Precipitation Across the Sava River Basin and Their Correlation with Large-Scale Atmospheric Circulations. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(3), 1675–1687. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04024-5>
- Orešić, D., Čanjevac, I., & Maradin, M. (2017). Changes in Discharge Regimes in the Middle Course of the Sava River in the 1931–2010 Period. *Prace Geograficzne*, 151, 93–119. <https://doi.org/10.4467/20833113PG.17.024.8036>
- Оцокољић, М. (1994). *Цикличност сушних и водних периода у Србији* (Посебна издања, Књига 41). Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ.
- Pandžić, K., & Trninić, D. (1998). The Relationship Between the Sava River Basin Annual Precipitation, Its Discharge and Large-Scale Atmospheric Circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 61(1), 69–76. <https://doi.org/10.1007/s007040050052>
- Pandžić, K., Trninić, D., Likso, T., & Bošnja, T. (2009). Long-Term Variations in Water Balance Components for Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 95(1), 39–51. <https://doi.org/10.1007/s00704-007-0366-5>
- Pasquini, A. I., & Depetris, P. J. (2007). Discharge Trends and Flow Dynamics of South American Rivers Draining the Southern Atlantic Seaboard: An Overview. *Journal of Hydrology*, 333(2–4), 385–399. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.005>
- Popov, T., Gnjata, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2017). Trends in Extreme Daily Precipitation Indices in Bosnia and Herzegovina. *Collection of Papers – Faculty of Geography at the University of Belgrade*, 65(1), 5–24. <https://doi.org/10.5937/zrgfub1765005P>
- Popov, T., Gnjata, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2018). Recent Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina. *Carpathian Journal of Earth and Environ-*

- mental Sciences*, 13(1), 211–224. <https://doi.org/10.26471/cjees/2018/013/019>
- Radivojević, A., Martić-Bursać, N., Gocić, M., Filipović, I., Pavlović, M., Radovanović, M., Stričević, LJ., & Punišić, M. (2015). Statistical Analysis of Temperature Regime Change on the Example of Sokobanja Basin in Eastern Serbia. *Thermal Science*, 19(2), 323–330. <https://doi.org/TSCI150119019R>
- Rimbu, N., Boroneant, C., Buta, C., & Dima, M. (2002). Decadal Variability of the Danube River Flow in the Lower Basin and Its Relation with the North Atlantic Oscillation. *International Journal of Climatology*, 22(10), 1169–1179. <https://doi.org/10.1002/joc.788>
- Sekulić, G., & Radulović, M. M. (2019). The Hydrology and Hydrogeology of Montenegro. In V. Pešić, M. Paunović, & A. G. Kostianoy (Eds.), *The Rivers of Montenegro* (pp. 13–42). Springer.
- Szolgayova, E., Parajka, J., Blöschl, G., & Bucher, C. (2014). Long Term Variability of the Danube River Flow and Its Relation to Precipitation and Air Temperature. *Journal of Hydrology*, 519(Part A), 871–880. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.047>
- Stojković, M., Plavšić, J., & Proharska, S. (2014). Dugoročne promene godišnjih i sezonskih proticaja: primer reke Save. *Vodoprivreda*, 46, 29–48.
- Tošić, I., Zorn, M., Ortar, J., Unkašević, M., Gavrilov, M. B., & Marković, S. B. (2016). Annual and Seasonal Variability of Precipitation and Temperatures in Slovenia from 1961 to 2011. *Atmospheric Research*, 168, 220–233. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.09.014>
- Tošić, I., Tošić, M., Lazić, I., Aleksandrov, N., Putniković, S., & Djurdjević, V. (2023). Spatio-Temporal Changes in the Mean and Extreme Temperature Indices for Serbia. *International Journal of Climatology*, 43(5), 2391–2410. <https://doi.org/10.1002/joc.7981>
- Trbić, G., Popov, T., & Gnjato, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21(2), 68–84. <https://doi.org/10.18421/GP21.02-01>
- Trbić, G., Bajić, D., Djurdjević, V., Ducić, V., Čupac, R., Markež, DJ., Vukmir, G., Dekić, R., & Popov, T. (2018). Limits to Adaptation on Climate Change in Bosnia and Herzegovina: Insights and Experiences. In W. Leal Filho & J. Nalau (Eds.), *Limits to Climate Change Adaptation* (pp. 245–259). Springer.
- Ćulafić, G., Mitrović, L., Ivanov, M., & Golijanin, J. (2017). Uticaj klimatskih promjena na vodni režim u slivu Lima. U D. Jojić (Ur.), *Zbornik radova povodom obilježavanja 20 godina rada Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci* (str. 141–147). Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet.
- Ćulafić, G., Popov, T., Gnjato, S., Bajić, D., Trbić, G., & Mitrović, L. (2020). Spatial and Temporal Patterns of Precipitation in Montenegro. *Időjárás*, 124(4), 499–519. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2020.4.5>
- Uлага, F., Kobold, M., & Frantar, P. (2008). Trends of River Discharges in Slovenia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 4(1), Article 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1307/4/1/012030>
- Frantar, P., & Hrvatin, M. (2005). Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000. *Geografski vestnik*, 77(2), 115–127.
- Hu, H., & Luo, Y. (2015). Climate Change and Its Impacts on River Discharge in Two Climate Regions in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(11), 4609–4618. <https://doi.org/10.5194/hess-19-4609-2015>
- Castino, F., Bookhagen, B., & Strecker, M. R. (2017). Oscillations and Trends of River Discharge in the Southern Central Andes and Linkages with Climate Variability. *Journal of Hydrology*, 555, 108–124. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.001>
- Croitoru, A. E., & Minea, I. (2014). The Impact of Climate Changes on Rivers Discharge in Eastern Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, 120(3–4), 563–573. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1194-z>
- Croitoru, A. E., Piticar, A., & Burada, D. C. (2016). Changes in Precipitation Extremes in Romania. *Quaternary International*, 415, 325–335. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.02>

Čanjevac, I. (2012). Changes in Discharge Regimes of Rivers in the Croatian Part of the Danube River Basin. *Hrvatski geografski glasnik*, 74(1), 61–74. <https://doi.org/10.21861/HGG.2012.74.01.04>

Čanjevac, I., & Orešić, D. (2015). Contemporary Changes of Mean Annual and Seasonal River Discharges in Croatia. *Croatian Geographical Bulletin*, 77(1), 7–27. <https://doi.org/10.21861/HGG.2015.77.01.01>

Примљено / Received: 31. 07. 2023.

Исправљено / Revised: 14. 08. 2023.

Прихваћено / Accepted: 21. 08. 2023.