

UDK 556.535(497.541)  
911.2:556](497.541)  
551.582(497.541)

Izvorni znanstveni rad  
Original scientific paper

## PROMJENE PROTOKA I PROTOČNIH REŽIMA NA RIJECI ILOVI

### CHANGES IN FLOW AND THE DISCHARGE REGIME ON THE ILOVA RIVER

DANIJEL OREŠIĆ, IVAN ČANJEVAC, MLADEN PLANTAK

#### Izvod

U radu su analizirani protočni režimi na rijeci Ilovi i njihove promjene od sredine XX stoljeća. Analizirani su podatci o karakterističnim protocima s postaja Veliko Vukovje, Munije i Bastaji. Usporedba srednjih sezonskih protoka na postaji Veliko Vukovje pokazala je da je u posljednjem razdoblju (1991.-2016.) u odnosu na prethodno klimatološki standardno (1961.-1990.) došlo do znatnog porasta srednjeg jesenskog protoka i znatnoga pada srednjeg ljetnog protoka. Usporedba sa sezonskim promjenama padalina i kretanjem sezonskih srednjih temperatura u Daruvaru pokazuje da su ove promjene povezane s promjenama u režimu padalina, a ljetno smanjenje protoka povezano je s porastom srednje ljetne temperature zraka u poriječju, što znači i povećanom evapotranspiracijom. Usporedbom godišnjih hodova u odabranim razdobljima pokazalo se da je na postaji Veliko Vukovje na mjesečnim razinama relativno najznačajnije (ljetno) smanjenje protoka u srpnju i kolovozu, smanjenje protoka u veljači i naglašeno rujansko povećanje protoka. Na postajama Munije i Bastaji glavna je razlika naspram postaje Veliko Vukovje da ne bilježe ni apsolutno a ni relativno značajno smanjenje (ljetnih) protoka u srpnju i kolovozu. Temeljni je zaključak da su promjene protočnih režima Ilove u razdoblju od 1961. do 2016. ponajprije uzrokovane promjenom klimatskih elemenata, unatoč primjetnim antropogenim utjecajima u poriječju, odnosno provedenim hidrotehničkim mjerama kao i postojanju velikih ribnjaka.

**Ključne riječi:** protočni režim, trendovi protoka, Ilova, hidrogeografija, hidrologija

#### UVOD

Cilj ovoga rada je analizirati režim protoka u poriječju<sup>1</sup> Ilove, a posebno promjene u razdoblju od 1961. do danas. Riječni režim u hidrologiji tipično opisuje varijabilnost hidroloških veličina tijekom godine, kao odraz padalina, temperatura, evapotranspiracije i karakteristika poriječja (Beckinsale, 1969). U novije doba češće je i konkretnije analiziran kao protočni režim što obuhvaća način opskrbe tekućica kao i godišnji hod srednjih mjesečnih i drugih ka-

<sup>1</sup> Poriječje ili porječje – prostor koji odvodnjava neka tekućica sa svojim pritocima (Ridanović, 1993.); u inženjerskoj hidrologiji koristi se pojam slijev (sliv).

#### Abstract

This paper presents the discharge regimes on the Ilova River and their changes since the mid-20th century. Characteristic discharges at the hydrological stations Veliko Vukovje, Munije and Bastaji were analysed. Observation of mean seasonal discharges at the Veliko Vukovje hydrological station showed that in the contemporary period (1991-2016), there was a significant increase of mean autumn discharge and a significant decrease of mean summer discharge compared to the previous climatic standard period (1961-1990). Comparison with seasonal precipitation changes and seasonal air temperatures changes at the Daruvar main meteorological station, situated in the catchment area, proved that they are linked to the seasonal discharge changes on the Ilova River. Comparing the annual courses of mean monthly discharges and monthly modular coefficients in selected periods at Veliko Vukovje, it can be concluded that at the monthly level, the most significant are (summer) decrease of discharges in July and August, discharge decrease in February and a notable September discharge increase. The main differences at the Munije and Bastaji hydrological stations compared to the Veliko Vukovje station is the absence of both absolute and relative decreases of discharge values in the summer months. The main conclusion is that the discharge regime changes observed on the Ilova River are mainly caused by local climate change, despite notable anthropogenic influences in the catchment area, mainly hydrotechnical measures and the presence of relatively large fishponds.

**Key words:** discharge regime, discharge trends, Ilova River, hydrogeography, hydrology

#### INTRODUCTION

The objective of this study was to analyse the discharge regime in the Ilova drainage basin, with focus on the period since 1961. The river regime, in hydrological terms, typically describes the variability of the hydrological elements through the year, as reflected by precipitation, temperature, evapotranspiration and the characteristics of the catchment (Beckinsale, 1969) and the ways rivers are water fed (Ridanović, 1993). In recent periods, it is often analysed as

rakterističnih protoka (Riđanović, 1993; Čanjevac, 2012, 2013).

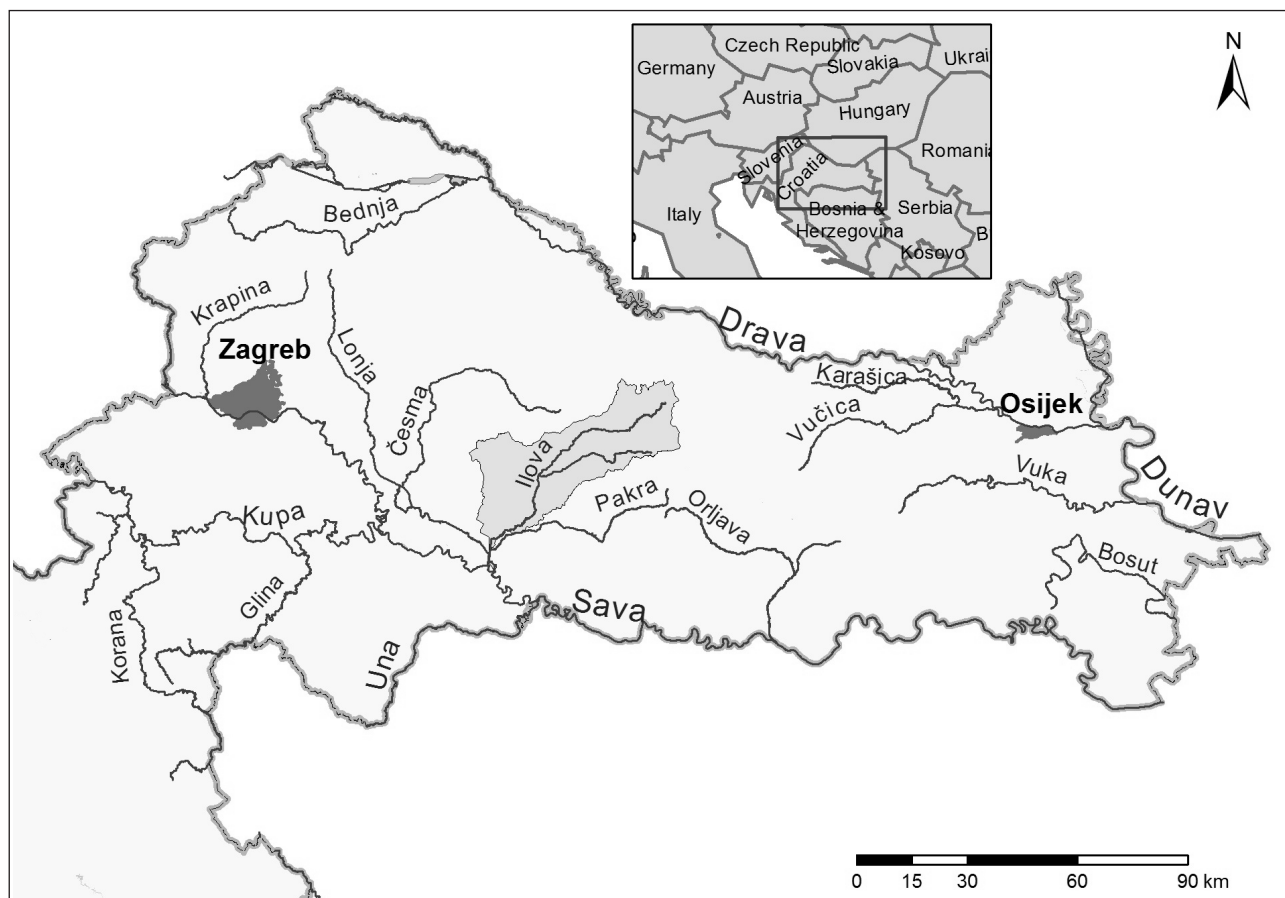
Tipično su na razini Hrvatske (ili velikih regija Hrvatske) već zabilježene određene klimatske promjene i primijećen je njihov utjecaj na promjene u bilanci otjecanja (Bonacci i Gereš, 2001; Pandžić i dr., 2009) odnosno na promjene režima protoka (Gajić-Čapka i Cesarec, 2010; Čanjevac, 2012; Barbalić i Kuspilić 2014; Čanjevac i Orešić, 2015, 2018). Promjenama protoka na Savi bavili su se Bonacci i Ljubenković (2004), Šegota i Filipčić (2007), Trninić i Bošnjak (2009), Bonacci i Oskoruš (2011) te Orešić i dr., (2017), a na Dravi Bonacci i Oskoruš (2010) i Gajić-Čapka i Cesarec (2010). O protocima na Krapini je objavio Orešić (1995), Lici i Gacki objavljuju Bonacci i Andrić (2008, 2009), poriječju Kupe Bonacci i Andrić (2010) te Žganec (2011) dok se Omblom i Cetinom bave Bonacci (1995) te Bonacci i Roje-Bonacci (2001, 2003).

Može se zaključiti da nedostaje regionalnih hidrogeografskih istraživanja na nižim razinama, te ovaj rad doprinosi proširenju takvih istraživanja. Uz to, poriječje Ilove zanimljivo je jer su za njega Plantak i

the flow or discharge regime, where typically the annual course of mean monthly discharge and other characteristic discharge values are being analysed (Čanjevac, 2012, 2013).

At the national level (and level of large regions of Croatia), certain climatic changes have already been recorded, and their influence on changes in the water balance observed (Bonacci & Gereš, 2001; Pandžić et al., 2009) or their influence on changes of the discharge regime (Gajić-Čapka & Cesarec, 2010; Čanjevac, 2012; Barbalić & Kuspilić 2014; Čanjevac & Orešić, 2015, 2018). Changes to discharge on the Sava River were examined by Bonacci & Ljubenković (2004), Šegota & Filipčić (2007), Trninić & Bošnjak (2009), Bonacci & Oskoruš (2011) and Orešić et al., (2017), while changes on the Drava River by Bonacci & Oskoruš (2010) and Gajić-Čapka & Cesarec (2010). A study on the discharges on the Krapina River was published by Orešić (1995), on the Lika and Gacka Rivers by Bonacci & Andrić (2008, 2009), the Kupa catchment by Bonacci & Andrić (2010) and Žganec (2011), while discharges on the Ombla and Cetina Rivers were analysed by Bonacci (1995) and Bonacci & Roje-Bonacci (2001, 2003).

It can be concluded that there is a lack of regional hydrogeographic studies at lower levels, and this study provides a



Sl. 1. Poriječje Ilove u Hrvatskoj

Fig. 1. The Ilova River drainage basin in Croatia

dr. (2016) utvrdili da je u cjelini gledano pod znatnim antropogenim utjecajem zbog brojnih hidrotehničkih radova, izgradnje kanalâ i ribnjakâ. Stoga je u ovom radu od interesa pokušati utvrditi jesu li promjene karakterističnih protoka, odnosno protočnih režima odraz prvenstveno antropogenih utjecaja ili su manje-više odraz prirodnih klimatskih promjena u istraživanom području.

Istraživano područje (sl. 1) ovoga rada obuhvaća riječni sustav Ilove, odnosno njezino poriječje (sl. 2), koje većinom geomorfološki gledano obuhvaća subgeomorfološku regiju zavalu Ilove (Bognar, 2001). Karakteristika poriječja je pripadnost peripannonskom prostoru u kojem dolazi do izmjene nizin-skog i brežuljkasto-brdskog reljefa, a na istoku poriječja gorskog dijela Papuka i Ravne Gore. Prilikom određivanja poriječja došlo je do nekoliko problema koji su posljedica antropogeno znatno izmijenjenih hidroloških odnosa u poriječju (Plantak, 2014). Tako se potoci kod Kutine više ne ulijevaju u Ilovu nego su usmjereni prema kanaliziranom toku Lonja-Trebež. Nadalje, u nizin-skom dijelu Ilove od ušća Pakre do ušća Ilove u Savu izvršeni su hidrotehnički zahvati tako da se rijeka Pakra na tri mjesta spaja s Ilovom: jedna lokacija je južno od naselja Ilova, druga 5,2 km zapadno od naselja Kraljeva Velika i treća najnižvodnija, spojnim kanalom Pakra - Ilova zapadno od naselja Banova Jaruga. Unatoč tomu rijeku Pakru ovdje ne uzimamo kao prtok Ilove, prvenstveno jer se prije hidrotehničkih zahvata rijeka Pakra s Bijelom nije ulijevala u Ilovu (HOK, 1981) nego je imala vlastito korito i ušće u Savu, odnosno Lonju – Trebež. I danas je riječ o umjetnoj bifurkaciji jer se dio vode Pakre ulijeva u dotičnim točkama u Ilovu dok se dio vode rijeke Pakre dalje odvodnjava prema Velikom Strugu i zatim prema Mokrom polju i Savi. Valja razumjeti da je i u prirodnom stanju (prije bilo kakvih hidrotehničkih intervencija) očito uz Savu dolazilo do čestih promjena i miješanja voda savskih pritoka.

Za današnje ušće Ilove također možemo razmatrati barem dvije lokacije: Prva lokacija je ušće prirodnog korita Ilove u Stari Trebež, a nalazi se 5,5 km južno od naselja Kutinsko Selo, a druga lokacija je ušće kanaliziranog dijela toka Starog Trebeža u Savu. S obzirom da se taj dio toka danas ne ulijeva u Lonju – Trebež i da nema mogućnost primanja okolnih voda, to je danas stvarni završetak toka rijeke Ilove.

Za izvorište rijeke Ilove uzima se izvor na nadmorskoj visini od 205 metara na sjevernim obroncima Papuka u okviru naselja Velika Babina Gora (općina Đulovac). Potok se odatle slijeva i kao Ilova teče dolinom koja je uvjetovana rasjedom između Papuka i južnih obronaka Bilogore. Duljina rijeke Ilove iznosi

contribution to such research. Additionally, the Ilova catchment is interesting, as Plantak et al. (2016) established that it is entirely under significant anthropogenic impacts due to numerous hydrotechnical works, the construction of channels and fish ponds. Therefore, this paper aims to determine whether the changes to discharge characteristics and the discharge regime is a reflection of these anthropogenic impacts, or whether they are a reflection of the natural climatic changes in the study area.

The study area encompasses the Ilova River system, i.e. its drainage basin (Fig. 1), which geomorphologically primarily includes the subgeomorphological region of the Ilova Valley (Bognar, 2001). The Ilova River drainage basin belongs to the peri-Pannonian area, with characteristic alternations of lowlands and hills, while the eastern part of the drainage basin lies in the montane area of Pannonian island mountains Mt. Papuk and Ravna Gora. Certain problems arose in determining the boundaries (main water divide) of the drainage basin, resulting from the significant anthropogenic changes to the hydrological system in the basin (Plantak, 2014). For example, the streams near Kutina no longer drain into the Ilova, but have instead been rerouted towards the channelized Lonja-Trebež River. Further, in the lowland areas of the Ilova, from the mouth of the Pakra to the confluence of the Ilova with the Sava River, hydrotechnical works have been performed such that the Pakra River now meets the Ilova at three places: the first south of the settlement Ilova, the second 5.2 km west of the settlement Kraljeva Velika, and the third and most downstream is the connecting channel Pakra-Ilova just west of the settlement Banova Jaruga. Despite this, the Pakra River is not considered a tributary of the Ilova River, primarily since prior to these works, the Pakra River and its tributary Bijela did not drain into the Ilova (HOK, 1981), but instead has its own course and drained directly into the Sava River, i.e. Lonja – Trebež. Even today, this is an artificial bifurcation, as only during high waters does the Pakra partly drain into the Ilova at these points, while most of the water of the Pakra River continues to flow towards Velika Struga, then on to Mokro Polje and the Sava River. It should also be noted that in its natural state (prior to any hydrotechnical works), the entire Sava region was marked by frequent changes in flow and the mixing of waters of the Sava tributaries.

Today's mouth of the Ilova River can be seen in at least two locations: the first is the mouth of the natural bed of the Ilova into the Stari Trebež River, 5.5 km south of the settlement Kutinsko Selo, while the second is the mouth of the channelized part of the Stari Trebež River into the Sava. Since this part of the course does not drain into the Lonja-Trebež and it has no possibility of receiving surrounding waters, this today is the actual end of the course of the Ilova River.

The source of the Ilova River is the source at an elevation of 205 m on the northern slopes of Mt. Papuk, near the settlement of Velika Babina Gora (Đulovac municipality). The stream flows from here, and then as the Ilova River

93,4 km od izvora do ušća u Stari Trebež. Ako pribrojimo duljinu kanaliziranog toka Starog Trebeža koji je danas dio toka Ilove dolazimo do podatka da današnja stvarna duljina Ilove iznosi 100,9 km. Ušće u Savu je na 93 metara nadmorske visine. Digitalizacijom s topografskih karata i pomoćnih izvora utvrđena je površina tako definiranog poriječja od 1128,2 km<sup>2</sup>. Opseg kruga jednak površini poriječja za poriječje Ilove iznosi 119,1 km dok opseg stvarnog poriječja Ilove iznosi 228,5 km što ukazuje na razvijeno poriječje. Koeficijent koncentriranosti poriječja iznosi 0,227, što ukazuje da je poriječje izduženo u smjeru sjevero-istok-jugozapad. Najviša točka u poriječju je Crni Vrh 863,5 metara, a najniža na ušću i iznosi oko 93 metra. Ukupna duljina svih tekućica u poriječju iznosi 588,3 km, a duljina svih pritoka iznosi 487,4 km (Plantak, 2014).

### PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

U geografskoj i hidrološkoj znanstvenoj literaturi poriječje Ilove je zanemareno, posebice sa stajališta analize vodnih resursa ili riječnog sustava. Jedini rad hidrogeografske tematike na razini riječnog sustava Ilove do sada objavljen odnosi se na morfološko stanje tekućica u poriječju Ilove (Plantak i dr., 2016). U novije je doba objavljeno više geografskih radova koji su se bavili promjenama protoka u Hrvatskoj ili na širem području u njezinoj unutrašnjosti (Čanjevac, 2012; Čanjevac i Orešić, 2015, 2018). U njima su, uz brojne druge postaje, s Ilove korišteni podatci samo s hidrološke postaje Veliko Vukovje. Naravno, njihovi su zaključci na razini zajedničkih trendova određenih tipova režima te ne objašnjavaju promjene na nižim razinama tj. u pojedinim tekućica, pa tako ni Ilove. Za istraživanu temu relevantan hidrološki rad objavili su Barbalić i Kuspilić (2014) o trendovima indikatora hidroloških promjena, također na razini hrvatskog dijela poriječja Dunava, a u njemu je od 84 analizirane postaje njih 5 iz poriječja Ilove. Objavljeni rezultati međutim opet ponajprije govore o općim procesima u hrvatskom Podunavlju i to u zadnjih 30 godina (odnosno za razdoblje 1980.-2009. godine). Stoga i dalje nedostaje regionalnih hidroloških radova, odnosno radova koji bi se bavili osnovnim promjenama karakterističnih protoka i protočnih režima na razini pojedinih manjih poriječja, odnosno tekućica u Hrvatskoj. Ovaj rad je prilog u tom smislu te se nastavlja na dosadašnji rad M. Plantaka posvećen Ilovi (Plantak, 2014, Plantak i dr., 2016)

### PODATCI I METODE

Poriječje Ilove je određeno digitalizacijom s topografskih karata mjerila 1:25 000 i svi premjeri

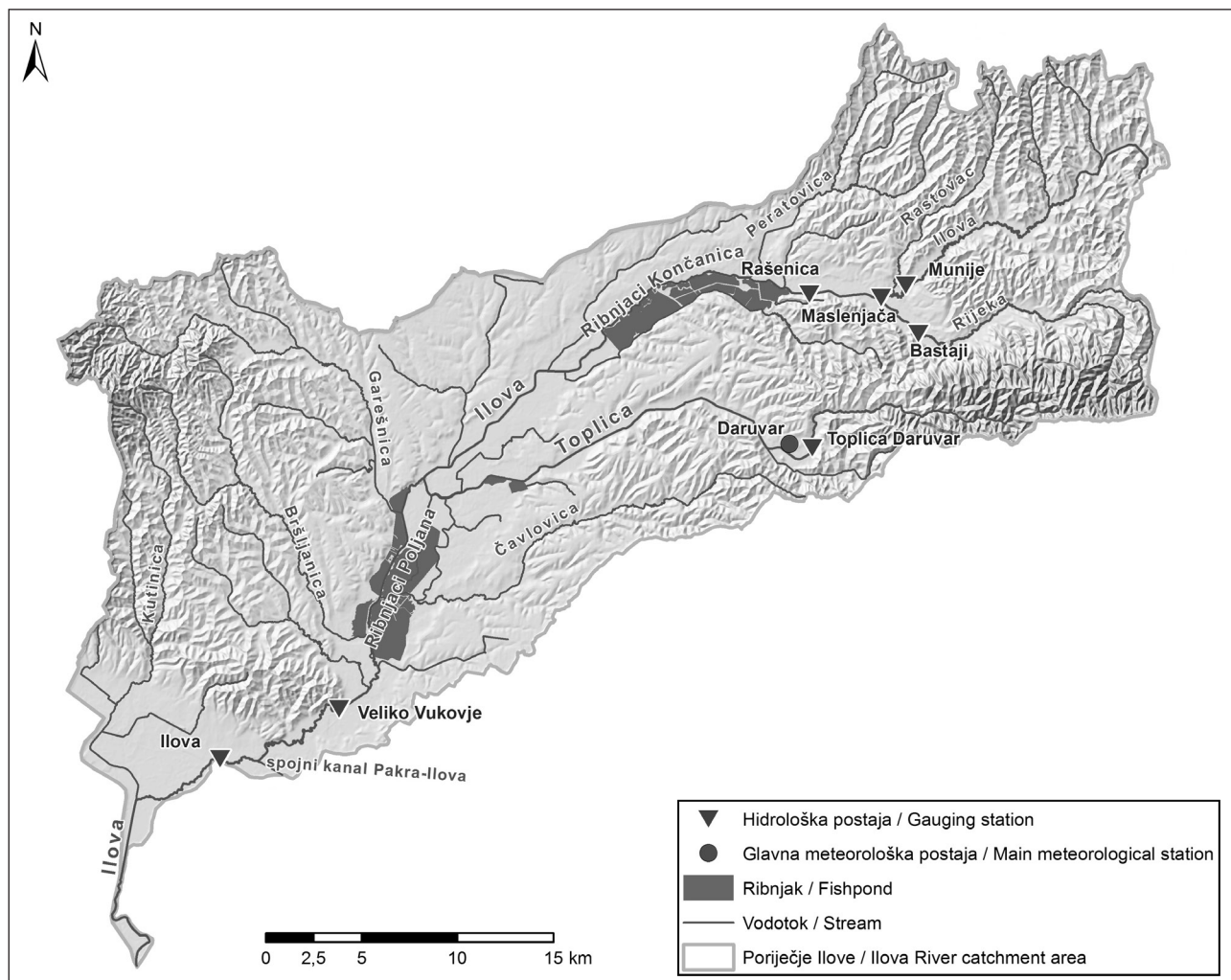
through the valley created by the fault between Mt. Papuk and the southern slopes of Mt. Bilogora. The Ilova River runs for 93.4 km from its source to the mouth in the Stari Trebež. If the length of the channelized course of the Stari Trebež is added, as part of the present day course of the Ilova, then the current actual length of the river is 100.9 km. The elevation at its confluence with the Sava River is 93 metres. With the digitalisation of topographic maps and using other sources, the confirmed area of this defined river basin is 1128.2 km<sup>2</sup>. The perimeter of circle equal to the basin area is 119.1 km, while the perimeter of the actual Ilova River basin is 228.5 km, indicating its development. The concentration coefficient of the basin is 0.227, indicating that the basin area is elongated in a northeasterly-southwesterly direction. The highest point in the drainage basin is the peak Crni Vrh (863.5 m), and the lowest is at the mouth (about 93 m). The total length of all watercourses in the drainage basin is 588.3 km, and the length of all tributaries is 487.4 km (Plantak, 2014).

### PREVIOUS RESEARCH

In the geographic and hydrological literature, the Ilova River basin has been neglected, particularly from the perspective of analysing water resources or the river system. The only publication on a hydrogeographic theme addressing the Ilova River system pertains to the morphological state of the watercourses in the Ilova basin (Plantak et al., 2016). In recent years, several geographic papers have been published, analysing changes in discharge in Croatia or in broader areas within the country (Čanjevac, 2012; Čanjevac & Orešić, 2015, 2018). In these studies, only the Veliko Vukovje hydrological station was included, alongside numerous other stations. Of course, their conclusions were made at the level of joint trends for certain types of regimes and do not explain changes at lower levels, i.e. for individual watercourses, including the Ilova. Barbalić & Kuspilić (2014) conducted a relevant hydrological study on the trends of hydrological change indicators, also at the level of the Croatian part of the Danube Basin, at 84 stations including 5 from the Ilova catchment. However, the results again speak of general processes in the Croatian Danube basin over the past 30 years (1980–2009). Therefore, there is still a lack of regional hydrological papers dealing with fundamental changes to discharge characteristics and discharge regimes at the level of smaller basins and watercourses in Croatia. This paper is a contribution in that sense, and continues the work of M. Plantak dedicated to the Ilova River (Plantak, 2014, Plantak et al., 2016).

### DATA AND METHODS

The Ilova River basin was determined by digitalisation of topographic maps (scale 1:25,000) and all measurements



Sl. 2. Sustav tekućica, hidrološke postaje u poriječju Ilove i glavna meteorološka postaja Daruvar

Fig. 2. River system, hydrological stations and main meteorological station Daruvar in the Ilova River basin.

Tab. 1. Osnovni podatci hidroloških postaja u poriječju Ilove

Table 1. Basic data on hydrological stations in the Ilova River catchment

Hidrološka postaja / Hydrological station	Tekućica / Watercourse	Kota nula vodokaza / Gauge zero level	Površina slijevnog područja / Drainage area	Početak i kraj rada postaje / Start and end of station operation	Mjerenje protoka / Discharge measurements
Ilova	Ilova	93.942 m	-	1999-	2008-
Veliko Vukovje	Ilova	98.651 m	995.0 km <sup>2</sup>	1947-	1947-
Rašenica	Ilova	128.058 m	214.4 km <sup>2</sup>	1975-2013	1980-2011
Maslenjača	Ilova	132.686 m	-	1998-	2008-
Munije	Ilova	135.631 m	87.0 km <sup>2</sup>	1977-2013	1977-2012
Daruvar	Toplica	151.588 m	30.6 km <sup>2</sup>	1953-	1954-1964 1984-
Bastaji	Rijeka	141.445 m	79.4 km <sup>2</sup>	1975-	1978-

Izvor: DHMZ, Sektor za hidrologiju  
Source: DHMZ, Hydrology sector

su obavljani uz pomoć ArcMap 10.1. programa. Za statističku analizu vremenskih nizova korišten je MSEXcel i njegova statistička aplikacija XLSTAT. Podatci o mjesečnim količinama padalina za razdoblje 1961.-2017. korišteni su s glavne meteorološke postaje DHMZ Daruvar, a za analizu promjena protoka korišteni su podatci s hidroloških postaja DHMZ u poriječju Ilove (sl. 2, Tab. 1).

Za praćenje promjena protoka, a posebno za praćenje promjena protočnih režima povoljnije je ako raspoložemo duljim vremenskim nizom podataka, kako bi se u njima reflektirale moguće klimatske promjene. U tom smislu, unatoč brojnim postajama u poriječju Ilove, svega jedna raspoložuje s duljim vremenskim nizom podataka za protoke, Veliko Vukovje na Ilovi, od 1947. godine. To je jedina postaja na kojoj je u potpunosti obuhvaćeno i klimatološki standardno razdoblje 1961.-1990., a iz toga razdoblja još jedino mogu u potvrđivanju osnovnih obilježja poslužiti postaje Munije na Ilovi i Bastaji na pritoci Rijeka. Zanimljiva je usporedba promjena karakterističnih protoka na postaji Veliko Vukovje s ostalima, s obzirom da je ona smještena na Ilovi nizvodno od velikih ribnjaka, dok su druge dvije odabrane postaje Munije i Bastaji u velikoj mjeri izbjegle veće antropogene utjecaje jer su uzvodnije, odnosno na dva izvorišna kraka u sustavu tekućica poriječja Ilove (sl. 2). Za vremenski okvir odabrano je razdoblje od 1961. do 2016., čime je omogućena usporedba protočnih režima iz standardnoga klimatološkog razdoblja 1961.-1990. s onim iz posljednjeg razdoblja 1991.-2016.

Istraživanje je započeto utvrđivanjem linearnih trendova karakterističnih godišnjih srednjaka protoka (srednjih niskih protoka - MQmin, srednjih godišnjih protoka - MQ i srednjih visokih protoka - MQmax) i usporedbom istih s godišnjim padalinama. Statistička značajnost trendova provjerena je Mann-Kendallovim testom, uz razinu značajnosti  $\alpha = 0,05$ . U nastavku protoci su razmatrani po sezonama i analizirani za standardno razdoblje 1961.-1990. i posljednje razdoblje 1991.-2016. Naposljetku, usporedno za oba razdoblja su priređeni protočni režimi u obliku modulnih koeficijenata te su analizirane razlike. Najvažnije promjene u protočnim režimima uspoređene su s promjenama u režimu padalina, kako bi se utvrdilo utječu li one na uočene promjene.

## REZULTATI I RASPRAVA

### SREDNJI GODIŠNJI PROTOCI

Istraživanje Barbalića i Kuspilića (2014) na 80-ak hidroloških postaja u Hrvatskoj pokazalo je da u razdoblju 1980.-2009. na oko 3/4 postaja ne bilježimo statistički značajne trendove u kretanju srednjih godišnjih protoka. Pa

were conducted using the program ArcMap 10.1. For statistical analysis of time series, MSEXcel and its statistical application XLSTAT were used. The data on monthly quantities of precipitation for the period 1961–2017 were obtained from the Daruvar main meteorological station (of the State Hydrological and Meteorological Institute – DHMZ), while for the analysis of discharge changes, the data were obtained from the DHMZ hydrological stations in the Ilova catchment (Fig. 2, Tab. 1).

Regarding changes in discharge, and especially monitoring changes in discharge regime, the longer the time series of data the better, as they can reflect possible climate changes. Considering that, despite there are rather many stations in the Ilova catchment, only one has long enough time series of discharge data - Veliko Vukovje, since 1947. This is the only station which completely covers the climatological standard period 1961–1990. From the same period, only the stations Munije (Ilova) and Bastaji (tributary Rijeka) can serve to confirm the basic characteristics. It is interesting to compare the changes in discharge characteristics at the station Veliko Vukovje with the others, since it is situated on the Ilova River downstream of the large fish ponds, while the other two selected stations (Munije and Bastaji) have largely avoided the anthropogenic impacts due to their upstream location, on two source streams in the Ilova River system (Fig. 2). The period from 1961 to 2016 was selected as the timeframe, thereby enabling comparison of the discharge regime from the standard climate period 1961–1990 with the most recent period 1991–2016.

The study began by determining the linear trends of characteristic annual mean discharges (mean low flow – MQmin, mean annual flow – MQ, and mean high flow MQmax) and comparison of these with annual precipitation. Statistical significance of trends was verified using the Mann-Kendall test, at a significance level of  $\alpha = 0.05$ . Discharge data were analysed by season and for the standard period (1961 – 1990) and recent period (1991 – 2016). Finally, discharge regimes were calculated for both periods in the form of modular coefficients, and the differences were analysed. The most important changes in the discharge regimes were compared with changes in the precipitation regime, to determine whether they impacted the observed changes.

## RESULTS AND DISCUSSION

### MEAN ANNUAL DISCHARGES

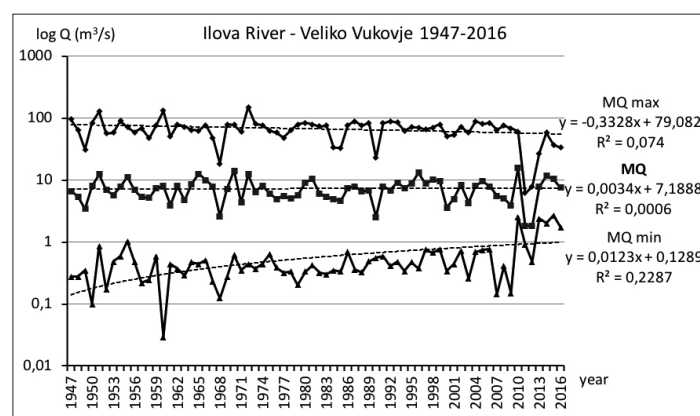
The study by Barbalić & Kuspilić (2014) on some 80 hydrological stations in Croatia showed that in the period 1980–2009, statistically significant trends in mean annual discharges were recorded at about 3/4 of stations. At the hydrological stations on the Sava River, a statistically signifi-

ipak, na hidrološkim postajama na Savi u Hrvatskoj bilježimo statistički značajan dugoročni trend smanjenja srednjih godišnjih protoka (Orešić i dr., 2017), a prema rezultatima istraživanja promjena protočnih režima na 116 hidroloških stanica u Hrvatskoj u usporedbi 1961.-1990. i 1991.-2009. (Čanjevac i Orešić, 2018) općenito je za tekućice Panonskog kišnog režima (kojima pripada i Ilova) utvrđeno smanjenje srednjega protoka između dva razdoblja za oko 7%. Prema tomu, na hidrološkoj postaji Veliko Vukovje na kojoj se protok prati od 1947. godine, mogli bi očekivati blago smanjenje srednjih protoka. Međutim, na donjoj Ilovi je, prema podacima s Velikog Vukovja kretanje srednjih godišnjih protoka u cijelom razdoblju mjerenja statistički stagnantno (sl. 3) te ostaje u grupi postaja u Hrvatskoj bez statistički značajnih trendova promjena srednjih protoka. Bilježi se blagi pad srednjih godišnjih protoka posebno za standardno razdoblje 1961.-1990. i posljednje razdoblje 1991.-2016. godine (Tab. 2) no ove promjene nisu statistički značajne (Mann Kendallov test). Usporedimo li pak prosječne protoke iz standardnog klimatološkog razdoblja 1961.-1990. i iz posljednjeg razdoblja 1991.-2016. (koje je svega 4 godine kraće) čak se bilježi porast srednjeg protoka od 9,5% u novijem razdoblju

Vrlo je zanimljivo primijetiti da je na Ilovi na istoj postaji zamjetan i relativno velik porast srednjih godišnjih minimalnih protoka. Iako istraživanja o promjenama srednjih minimalnih protoka na razini Hrvatske nedostaje, možemo reći da to nije očekivano s obzirom na uobičajene procese za drugu polovinu XX stoljeća gdje su na većini tekućica u unutrašnjoj Hrvatskoj provedeni zahvati izravnavanja dijelova toka, produbljivanja korita i čišćenja priobalnog (riparijskog) pojasa vegetacije koji tipično dovode do snižavanja temeljnice i sma-

cant, long-term declining trend of mean annual discharges was recorded (Orešić et al., 2017), while according to the results of studies on changes to discharge regimes at 116 hydrological stations in Croatia comparing the periods 1961–1990 and 1991–2106 (Čanjevac & Orešić, 2018), a general decline of about 7% in the mean discharge was observed for the watercourses of the Pannonian rain regime (including the Ilova) between those two periods. Discharge has been monitored at the Veliko Vukovje hydrological station since 1947, and given the above study, a slight decline in mean discharge can also be expected. However, on the lower Ilova, according to the data from Veliko Vukovje, the trend of mean annual discharge for the entire period was statistically stagnant (Fig. 3), and remains in the group of stations in Croatia without any statistically significance changes in the mean discharge trends. A slight decline in the mean annual discharge was observed, particularly for the period 1961–1990 and the recent period 1991–2016 (Tab. 2), however without any statistical significance (Mann-Kendall test). A comparison of the mean discharges from the standard climatological period (1961–1990) and the recent period (1991–2016, which is four years shorter), an increase in the mean discharge of 9.5% is evident in the recent period.

It is very interesting to note that a notable and relatively large increase in the mean annual minimum discharges was recorded at this station on the Ilova River. Though there is a lack of research on changes to mean minimum discharges at the national level, this was not expected due to the usual processes in the late 20<sup>th</sup> century, where the majority of watercourses in continental Croatia were subject to works to straighten out sections of the watercourse, to deepen the riverbed and to clean the riparian belt of vegetation that typically leads to lowering of the water table and reductions in discharge. According to Plan-



Sl. 3. Srednji godišnji protoci (MQ), srednji godišnji visoki protoci (MQ max) i srednji godišnji niski protoci (MQ min) na postaji Veliko Vukovje na Ilovi u razdoblju 1947.-2016. godine.

Fig. 3. Mean annual discharges (MQ), mean annual maximum discharges (MQ max) and mean annual minimum discharges (MQ min) on the Ilova River at Veliko Vukovje hydrological station in 1947-2016 period.

Tab. 2: Vrijednosti karakterističnih prosječnih protoka i jednadžbe linearnog trenda u odabranim razdobljima na postaji Veliko Vukovje, Ilova.

Table 2. Average characteristic discharges and linear trend equations in selected periods on the Ilova River at the Veliko Vukovje hydrological station.

Karakteristični protok / Characteristic discharge	Razdoblje / Period	Prosječni protok / Mean ann. discharge	Indeks / Index	Linearni trend / Linear trend	Mann-Kendall trend test results (p values)
MQ max	1947.-2016.	67,27 m <sup>3</sup> /s	-	y = -0,3328x + 79,082	0,1232
	1961.-1990. N = 30	67,98 m <sup>3</sup> /s	100	y = -0,1010x + 69,549	0,7209
	1991.-2016. N = 26	61,74 m <sup>3</sup> /s	90,8	y = -1,8974x + 87,359	0,0022*
MQ	1947.-2016.	7,31 m <sup>3</sup> /s	-	y = 0,0034x + 7,1888	0,7494
	1961.-1990. N = 30	7,03 m <sup>3</sup> /s	100	y = -0,0757x + 8,1991	0,3176
	1991.-2016. N = 26	7,70 m <sup>3</sup> /s	109,5	y = -0,0481x + 8,3496	0,4320
MQ min	1947.-2016.	0,57 m <sup>3</sup> /s	-	y = 0,0123x + 0,1289	0,0002*
	1961.-1990. N = 30	0,39 m <sup>3</sup> /s	100	y = 0,0017x + 0,3637	0,8862
	1991.-2016. N = 26	0,86 m <sup>3</sup> /s	220,5	y = 0,0599x + 0,0479	0,0186*

napomena: \* statistički značajan trend ( $\alpha = 0,05$ )

note: \* statistically significant trend ( $\alpha = 0.05$ )

njenja temeljnoga protoka. Prema Plantak i dr. (2016) takvi su se radovi provodili i u poriječju Ilove, a osim toga voda Ilove korištena je za dva velika kompleksa ribnjaka, Končanica i Poljana. Izgradnja ovih ribnjaka započela je početkom XX. stoljeća (Končanica 1900. i Poljana 1902.) te su proširivani do 1980-ih (Končanica do 1177 ha, Poljana do 1271 ha). Početkom Domovinskog rata i tijekom procesa privatizacije prestali su se održavati i dijelom su zapušteni te se prestaje koristiti voda iz Ilove za proljetno punjenje i održavanje vodostaja tijekom ostatka godine. U tom smislu bi se moglo pomisliti na vezu između porasta srednjih minimalnih protoka na Ilovi kod Velikog Vukovja i zapuštanja ribnjaka (koji se nalaze uzvodnije). Ribnjaci se tek u novije vrijeme (Končanica od 2012.) postupno revitaliziraju. Međutim, prema formulama linijskih trendova (Tab. 2) ovo povećanje srednjih minimalnih protoka prvenstveno se događa u novijem razdoblju, pri čemu je prosječni godišnji minimalni protok iz razdoblja 1991.-2016. više nego udvostručen u odnosu na prethodno razdoblje 1961.-1990., a statistički je značajan (Tab. 2, vidi p vrijednosti) rastući linearni trend u cijelom (1947.-2016.) i u posljednjem razdoblju (1991.-2016.). Skok je posebno očit (sl. 3) u razdoblju nakon 2010. godine. Te je godine zabilježena poplava na Ilovi i postavlja pitanje: jesu li možda mjerenja nakon toga kompromitirana?

Stoga je kretanje godišnjih srednjaka karakterističnih protoka na Velikom Vukovju uspoređeno s onima na

tab et al. (2016), such works were also conducted in the Ilova catchment, and the waters of the Ilova were also used to create two large fish pond complexes, Končanica and Poljana. The construction of these fish ponds began in the early 20<sup>th</sup> century (Končanica – 1900; Poljana - 1902) and they were both expanded until the 1980s (Končanica to 1177 ha, Poljana to 1271 ha). With the start of the Homeland War and the subsequent privatisation practices, these fish ponds were partially abandoned and the waters from the Ilova were no longer diverted for the spring filling of the ponds, and the maintenance of water levels throughout the year. In that sense, this could be associated with the increasing mean minimum discharges on the Ilova at the Veliko Vukovje station and the abandonment of the fish ponds (found upstream). Only in recent years, the fish ponds have been under gradual revitalisation (Končanica since 2012). However, according to the formula of linear trends (Tab. 2), this increase in mean minimum discharges has primarily occurred in more recent years, where the mean annual minimum discharges from the period 1991–2016 is more than double that in comparison to the standard period (1961–1990), and the growing overall linear trend (for 1947–2016) and in the recent period (1991–2016) is statistically significant (Tab. 2, see p values). This peak is particularly evident in the period following 2010 (Fig. 3). That year was marked by flooding on the Ilova River, and the question must be posed: were measurements perhaps compromised following these floods?

Therefore, the trend of mean annual characteristic discharge at Veliko Vukovje was compared with the trends at the



postajama Munije na Ilovi i Bastaji na pritoku Rijeci (sl. 4 i 5, Tab. 3 i 4). Obje postaje nalaze se uzvodno, njihova slijevna područja minimalno su izložena antropogenim utjecajima, odnosno nisu pod utjecajem ribnjaka i većih hidrotehničkih mjera na toku (Plantak i dr., 2016),

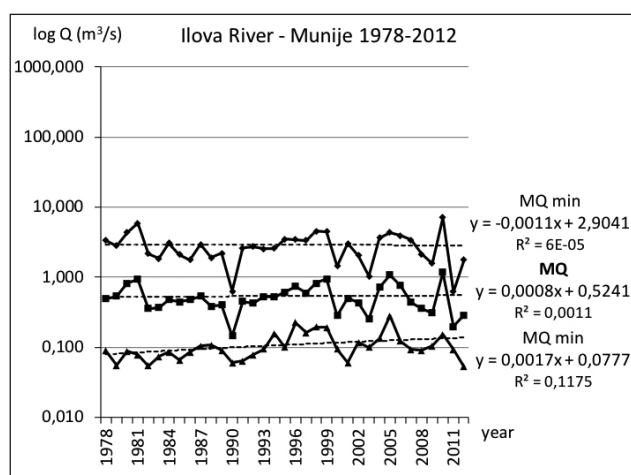
stations Munije (Ilova) and Bastaji (tributary Rijeka) (Figs. 4 and 5, Tabs. 3 and 4). Both stations are situated upstream, their drainage basins are minimally affected by anthropogenic influences, i.e. they are not affected by the fish ponds or hydrotechnical works on the watercourse (Plantak et al.,

Tab. 3: Vrijednosti karakterističnih prosječnih protoka i jednadžbe linearnog trenda u odabranim razdobljima na postaji Munije, Ilova.  
Table 3. Average characteristic discharges and linear trend equations in the selected periods on the Ilova River at the Munije hydrological station.

Karakteristični protok / Characteristic discharge	Razdoblje / Period	Prosječni protok / Mean ann. discharge	Indeks / Index	Linearni trend / Linear trend	Mann-Kendall trend test results (p values)
MQ max	1978.-2012.	2,885 m <sup>3</sup> /s	-	$y = -0,0011x + 2,9041$	0,8880
	1978.-1990. N = 13	2,699 m <sup>3</sup> /s	100	$y = -0,2127x + 4,1877$	0,0305*
	1991.-2012. N = 22	2,994 m <sup>3</sup> /s	110,9	$y = -0,0084x + 3,09$	0,6166
MQ	1978.-2012.	0,538 m <sup>3</sup> /s	-	$y = 0,0007x + 0,5247$	0,7999
	1978.-1990. N = 13	0,492 m <sup>3</sup> /s	100	$y = -0,0299x + 0,7011$	0,1289
	1991.-2012. N = 22	0,565 m <sup>3</sup> /s	114,8	$y = -0,0027x + 0,5968$	0,5041
MQ min	1978.-2012.	0,101 m <sup>3</sup> /s	-	$y = 0,0017x + 0,0777$	0,0164*
	1978.-1990. N = 13	0,079 m <sup>3</sup> /s	100	$y = 0,0012x + 0,0713$	0,5098
	1991.-2012. N = 22	0,125 m <sup>3</sup> /s	158,2	$y = -0,0007x + 0,1337$	0,7387

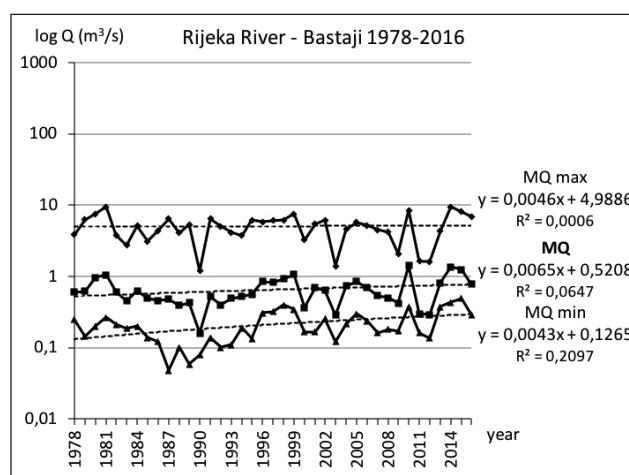
napomena: \* statistički značajan trend

note: \* statistically significant trend



Sl. 4. Srednji godišnji protoci (MQ), srednji godišnji visoki protoci (MQ max) i srednji godišnji niski protoci (MQ min) na postaji Munije na Ilovi u razdoblju 1978.-2012. godine.

Fig. 4. Mean annual discharges (MQ), mean annual maximum discharges (MQ max) and mean annual minimum discharges (MQ min) on the Ilova River at Munije hydrological station in the 1978-2012 period.



Sl. 5. Srednji godišnji protoci (MQ), srednji godišnji visoki protoci (MQ max) i srednji godišnji niski protoci (MQ min) na postaji Bastaji, Rijeka u razdoblju 1978.-2016. godine.

Fig. 5. Mean annual discharges (MQ), mean annual maximum discharges (MQ max) and mean annual minimum discharges (MQ min) on the Rijeka River at Bastaji hydrological station in the 1978-2016 period.

a nisu ni izložena nekim velikim promjenama u pokrovu (Plantak, 2014). Usporedba pokazuje da nema značajnih razlika, odnosno možemo zaključiti da je i stagnacija (odnosno blagi porast) srednjih godišnjih protoka (i srednjih godišnjih maksimalnih protoka) u razdoblju motrenja kao i povećanje srednjih godišnjih minimalnih protoka u

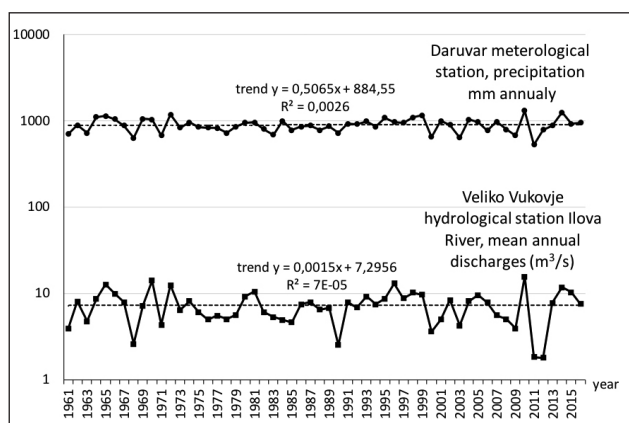
2016), and they were not subjected to significant changes in vegetation cover (Plantak, 2014). A comparison shows that there are no significant differences, and that it can be concluded that the stagnation (and slight increase) of the mean annual discharges (and mean annual maximum discharges) in the observation period, and the increase in the mean annu-

Tab. 4: Vrijednosti karakterističnih prosječnih protoka i jednadžbe linearnog trenda u odabranim razdobljima na postaji Bastaji, Rijeka.  
Table 4. Average characteristic discharges and linear trend equations in selected periods on the Rijeka River at the Bastaji hydrological station.

Karakteristični protok / Characteristic discharge	Razdoblje / Period	Prosječni protok / Mean ann. discharge	Indeks / Index	Linearni trend / Linear trend	Mann-Kendall trend test results (p values)
MQ max	1978.-2016.	5,081 m <sup>3</sup> /s	-	$y = 0,0046x + 4,9886$	0,8665
	1978.-1990. N = 13	4,887 m <sup>3</sup> /s	100	$y = -0,2337x + 6,5231$	0,4354
	1991.-2016. N = 26	5,179 m <sup>3</sup> /s	105,9	$y = 0,011x + 5,0295$	0,7603
MQ	1978.-2016.	0,652 m <sup>3</sup> /s	-	$y = 0,0065x + 0,5208$	0,3271
	1978.-1990. N = 13	0,564 m <sup>3</sup> /s	100	$y = -0,0431x + 0,866$	0,0043*
	1991.-2016. N = 26	0,695 m <sup>3</sup> /s	123,2	$y = 0,0123x + 0,5291$	0,0551
MQ min	1978.-2016.	0,212 m <sup>3</sup> /s	-	$y = 0,0043x + 0,1265$	0,0268*
	1978.-1990. N = 13	0,154 m <sup>3</sup> /s	100	$y = -0,0149x + 0,2585$	0,0016*
	1991.-2016. N = 26	0,242 m <sup>3</sup> /s	157,1	$y = 0,0063x + 0,15$	0,3431

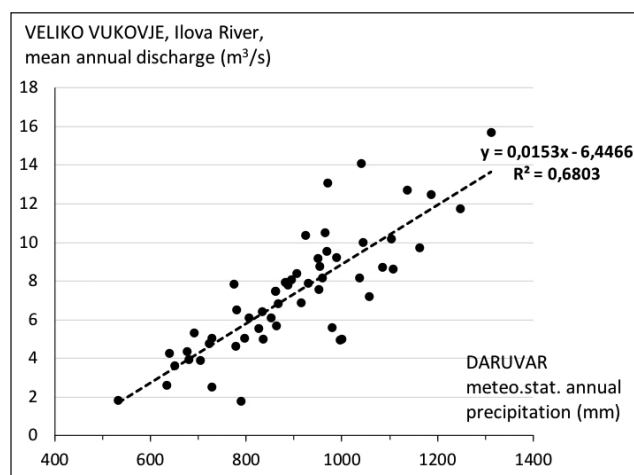
napomena: \* statistički značajan trend

note: \* statistically significant trend



Sl. 6. Usporedba kretanja godišnjih količina padalina na meteorološkoj postaji Daruvar (mm) i godišnjih protoka na hidrološkoj postaji Veliko Vukovje na Ilovi (m<sup>3</sup>/s) u razdoblju 1961.-2016.

Fig 6. Comparison of the annual precipitation at Daruvar (mm) main meteorological station and the mean annual discharges at Veliko Vukovje hydrological station on the Ilova River (m<sup>3</sup>/s) in 1961-2016 period.



Sl. 7. Linearna korelacija između srednjeg godišnjeg protoka Ilove u Velikom Vukovju i godišnjih količina padalina u Daruvaru. Podatci za razdoblje 1961.-2016. (izvor: DHMZ)

Fig. 7. Linear correlation between the Ilova River mean annual discharge at Veliko Vukovje and the annual precipitation at Daruvar. Data for the period 1961-2016. (source: DHMZ)

novijem razdoblju, tj. 1991. - 2012. godine u odnosu na prethodno razdoblje (1978.-1990. kod Munija i Bastaja), pojava koja se odnosi na cijelo poriječje.

Ako na opisano kretanje karakterističnih srednjih godišnjih protoka antropogene promjene nemaju presudan utjecaj, ostaje zaključiti da su u velikoj mjeri uvjetovane klimatskim elementima, prvenstveno kretanjima godišnje količine padalina.

Povezanost godišnjih količina padalina i srednjih godišnjih protoka možemo u istraživanom području ustanoviti usporedbom vremenskih nizova s hidrološke postaje Veliko Vukovje i glavne meteorološke postaje Daruvar koja je smještena u poriječju (sl. 2).

Usporedba nizova godišnjih padalina u Daruvaru i srednjih godišnjih protoka Ilove kod Velikog Vukovja (sl. 6) na logaritamskoj skali pokazuje da, uz manje iznimke, promjene srednjeg godišnjeg protoka dobro prate promjene godišnjih količina padalina. Kvantificirali se taj odnos određivanjem koeficijenta korelacije (sl. 7) jasno se očituje linearna veza u kojoj je izračunati koeficijent determinacije 0,68 što ukazuje na statistički značajnu vezu. Odnos čvrstoće veze među varijablama i koeficijenta korelacije nije definiran i unificiran, ali uzima se da koeficijent determinacije 0,91 ukazuje kako je veza vrlo čvrsta (Srebrenović, 1986). Prema Chadockovoj ljestvici vrijednost koeficijent determinacije od 0,64 je granica između veze srednje jakosti i čvrste veze. U hidrologiji se pak općenito smatra da se korelacijski odnos može koristiti ako je apsolutna vrijednost veća od 0,6 (Žugaj, 2000).

### SREDNJI SEZONSKI PROTOCI

Dosadašnji zaključci odnose se na kretanja godišnjih srednjaka karakterističnih protoka, no potrebno je razmotriti dolazi li do unutargodišnje (sezonske) preraspodjele protoka te ima li i kakve su promjene u godišnjem hodu srednjih mjesečnih protoka u usporedbi standardnog klimatološkog razdoblja 1961.-1990. i posljednjeg razdoblja 1991.-2016. Primjerena usporedba je moguća jedino na postaji Veliko Vukovje (niz podataka 1961.-2016.), dok podatci postaja Munije i Bastaji ne omogućuju posve dobru usporedbu, ali se mogu tumačiti općenite promjene.

Usporedba srednjih sezonskih protoka na postaji Veliko Vukovje pokazala je da je u posljednjem razdoblju (1991.-2016.) u odnosu na prethodno standardno (1961.-1990.) došlo do znatnog porasta srednjeg jesenskog protoka (za 37,4 indeksnih postotaka) dok je u srednjim ljetnim protocima došlo do pada (za 25,3 indeksna postotka). Usporedba sa sezonskim promjenama padalina u istim razdobljima u Daruvaru (Tab. 6) pokazuje da su ove pro-

al minimum discharges in the recent period (1991–2012) in comparison to the previous period (1978 – 1990 for Munije and Bastaji), occurred throughout the entire drainage basin.

If the anthropogenic changes have no crucial impact on the described trends of the mean annual characteristic discharges, it can then be concluded that they are largely attributable to climatic elements, primarily the trends in annual precipitation.

The association between mean annual precipitation and mean annual discharges in the study period can be determined by comparing the time series from the Veliko Vukovje hydrological station and the main meteorological station at Daruvar, which is also found in the Ilova River drainage basin (Fig. 2).

A comparison of the data series for annual precipitation at Daruvar, and the mean annual discharges of the Ilova River at Veliko Vukovje (Fig. 6) on a logarithmic scale indicate that, with minor exceptions, the changes in the mean annual discharges are closely following the changes in annual precipitation. If this relationship is quantified by determining the correlation coefficients (Fig. 7), then a clearly linear relationship is seen, with a correlation coefficient of 0.68, indicating a significant statistical relationship. The strength of the relationship between the variables and correlation coefficient is not defined or unified, but a correlation coefficient of 0.91 is considered to be very strong (Srebrenović, 1986). According to the Chadock scale, the value of a coefficient of 0.64 is the limit between a very strong and strong relationship. Also generally in hydrology a relationship is considered to be correlated where the absolute value of the coefficient is over 0.6 (Žugaj, 2000).

### MEAN SEASONAL DISCHARGES

The above conclusions pertain to the trends in annual mean characteristic discharges. However, it is also necessary to consider whether there are seasonal distributions in discharge, and whether these have changes in the annual course of the mean monthly discharges in relation to the standard climatological period (1961 – 1990) and the recent period (1991 – 2016). An appropriate comparison is possible only at the station Veliko Vukovje (data series 1961–2016), while the data for the stations Munije and Bastaji do not enable a suitable comparison, though can be used to interpret the general changes (Tab. 5).

A comparison of the mean seasonal discharges at the station Veliko Vukovje shows that in the recent period (1991–2016) in comparison to the standard period (1961–1990), there was a significant increase in mean autumn discharge (37.4 index percentage points), while the mean summer discharge dropped (by 25.3 index percentage points). A comparison with the seasonal precipitation changes in the same period in Daruvar (Tab. 6) showed that these changes

Tab. 5. Sezonski prosječni protoci (MQ) i indeks njihove promjene (Index) u odabranim razdobljima na postajama Veliko Vukovje i Munije na Ilovi te Bastaji na Rijeci.

Table 5. Mean seasonal discharges (MQ) and their change index (Index) in selected periods on the Ilova River at Veliko Vukovje and Munije hydrologic station and on tributary the Rijeka River at Bastaji hydrologic station.

	Zima / Winter (XII-II)		Proljeće / Spring (III-V)		Ljeto / Summer (VI-VIII)		Jesen / Autumn (IX-XI)	
Ilova, Veliko Vukovje								
Period	MQ	Index	MQ	Index	MQ	Index	MQ	Index
1961-1990 N = 30	10,42	100	8,69	100	3,44	100	5,57	100
1991-2016 N = 26	11,16	107,1	9,42	108,5	2,57	74,7	7,65	137,4
Ilova, Munije								
Period	MQ	Index	MQ	Index	MQ	Index	MQ	Index
1978-1990 N = 13	0,81	100	0,85	100	0,16	100	0,16	100
1991-2012 N = 22	0,88	109,9	0,67	79,57	0,23	147,2	0,48	298,9
Rijeka, Bastaji								
Period	MQ	Index	MQ	Index	MQ	Index	MQ	Index
1978-1990 N = 13	0,77	100	1,03	100	0,26	100	0,20	100
1991-2016 N = 26	0,88	114,0	1,02	98,9	0,36	114,0	0,53	272,1

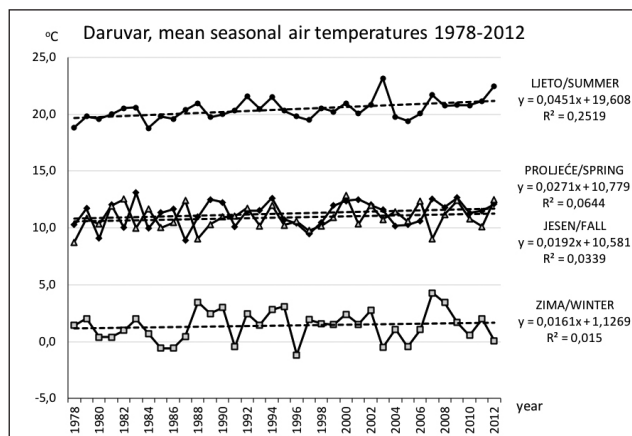
Tab. 6. Prosječne sezonske sume padalina (Ps mm), indeks njihove promjene (Index) i sezonski udio padalina (Ps %) u odabranim razdobljima na meteorološkoj postaji Daruvar.

Table 6. Mean seasonal precipitation (Ps mm), their change index (Index) and seasonal share of total precipitation (Ps %) in selected periods on Daruvar main meteorological station.

	Zima / Winter (XII-II)			Proljeće / Spring (III-V)			Ljeto / Summer (VI-VIII)			Jesen / Autumn (IX-XI)		
Period	Ps mm	Index	Ps %	Ps mm	Index	Ps %	Ps mm	Index	Ps %	Ps mm	Index	Ps %
1961-1990 N = 30	171	100	19,5	221	100	25,3	276	100	31,2	209	100	23,9
1991-2016 N = 27	181	106,1	19,8	215	97,2	23,1	248	89,8	26,9	279	133,5	30,2

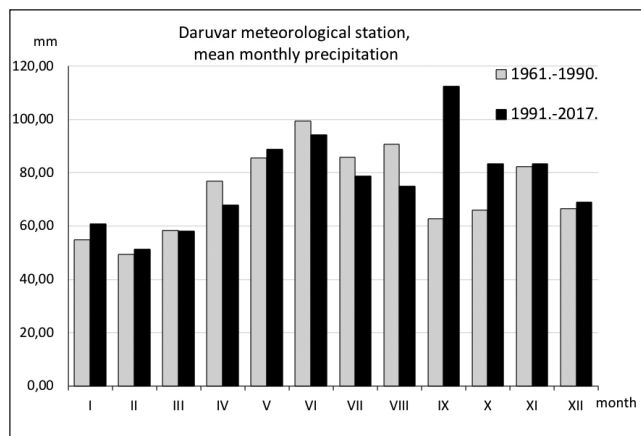
mjene povezane s preraspodjelom padalina, jer je srednja proljetna i posebno srednja ljetna (-10,2 indeksnih postotaka) količina padalina posljednjeg razdoblja (1991.-2017.) u padu u odnosu na prethodno klimatološko standardno razdoblje (1961.-1990.), a znatno je pao i relativan udio ljetnih padalina u ukupnim godišnjim (s 31,2 % na 26,9 %). Pad ljetnih padalina upravo u razdoblju 1961.-2010. dokazana je pojava (Gajić-Čapka i dr., 2014) prisutna u cijeloj Hrvatskoj u manjoj ili većoj mjeri. Suprotno se odnosi na jesenske padaline, čiji srednjak bilježi znatan porast (čak 33,5 indeksnih postotaka), a raste i udio jesenskih u ukupnim padalinama (s 23,9 % na 30,2 %) u usporedbi klimatološki standardnog razdoblja 1961.-1990. i posljednjeg razdoblja

are associated with a redistribution of precipitation, with declining mean spring and especially mean summer precipitation (-10.2 index points) in the recent period (1991–2016) in comparison to the climatology standard period (1961–1990), and a drop in the relative share of summer precipitation in total annual precipitation (from 31.2 to 26.9%). The drop in summer precipitation in the period 1961–2010 has been proven (Gajić-Čapka et al., 2014) throughout Croatia, to a greater or lesser extent. The opposite is true for autumn precipitation, whose means recorded a significant increase (of 33.5 index points), with an increase in the share of autumn rains in total precipitation (from 23.9 to 30.2%) in comparison to the climatological standard period (1961–1990) and



Sl. 8. Trendovi prosječnih sezonskih temperatura zraka u Daruvaru. Podatci za razdoblje 1978.-2012. (izvor: DHMZ)

Fig. 8. Linear trends of mean seasonal air temperatures at Daruvar main meteorological station. Data for 1978-2012 period. (source: DHMZ)



Sl. 9. Srednje mjesečne padaline u odabranim razdobljima u Daruvaru (izvor: DHMZ)

Fig. 9. Mean monthly precipitations in the selected periods at the Daruvar main meteorological station (source: DHMZ)

1991.-2017. Naravno, promjene u protočnom režimu nisu i ne mogu biti isključivo povezane s padalinama; istraživanja (Zaninović i Gajić-Čapka, 2000; Pandžić i dr., 2009) su dokazala da su promjene u otjecanju u unutrašnjosti Hrvatske također pod znatnim utjecajem promjena temperaturnog režima, općenito porasta temperature zraka i povezano s tim evapotranspiracije. U tom smislu indikativan je opći porast temperature zraka u svim sezonama u Daruvaru (podatci za razdoblje 1978.-2012.), a najviše izražen upravo ljeti (sl. 8), ujedno jedini statistički značajan među sezonskim trendovima računa li se prema Mann-Kendallovu testu ( $p$  vrijednost 0,0051).

Ljetno smanjenje protoka u posljednjem razdoblju 1991.-2016. u usporedbi sa standardnim razdobljem 1961.-1990. na postaji Veliko Vukovje na donjem dijelu toka Ilove odraz je dakle ne samo trenda pada prosječnih ljetnih količina i udjela padalina već i trenda porasta srednje godišnje i posebno srednje ljetne temperature zraka u poriječju, što znači i povećane evapotranspiracije. Valja napomenuti da istodobno promjene pokrova nisu bile usmjerene ka povećanju otvorenih obrađenih površina, već zapravo bilježimo suprotne tendencije zapuštanja i zarastanja poljoprivrednih površina (Plantak, 2014), nadalje da u poriječju nema značajnijih natapanih oraničnih površina, a da ribnjaci ne samo da se nisu povećavali i time eventualno utjecali na veću ljetnu evaporaciju, nego su i donedavno zapušteni. Drugim riječima, promjene režima protoka Ilove ipak su ponajprije uzrokovane promjenom klimatskih elemenata, unatoč primjetnim antropogenim utjecajima u poriječju (Plantak i dr., 2016). Promotrimo li promjene u godišnjem hodu mjesečnih padalina (sl. 9) još možemo zaključiti da je jesensko povećanje protoka na postaji Ve-

the recent period (1991–2016). Changes in the discharge regime are not and cannot be exclusively associated with precipitation. Recent research has shown the changes in runoff in central Croatia are also under significant influence of changes to the temperature regime, a general rise in air temperatures and the associated evapotranspiration (Zaninović & Gajić-Čapka, 2000; Pandžić et al., 2009). In that sense, the general increase in air temperature in all seasons at Daruvar (data for 1978–2012) is indicative, and is most pronounced in summer (Fig. 8). This is also the only statistically significant relationship between the seasonal trends according to the Mann-Kendall test ( $p = 0.0051$ ).

The summer reductions in discharge in the recent period (1991–2016) in comparison with the standard period (1961–1990) at the station Veliko Vukovje in the lower course of the Ilova River is a reflection not only of the declining trend of mean summer precipitation (quantity and share), but also of the growing trend of mean annual, and especially mean summer air temperatures in the basin, which also causes increased evapotranspiration. It should be noted that the changes to plant cover were not directed at increasing open arable land, but the opposite has been recorded, e.g. an abandonment and overgrowth of agricultural lands (Plantak, 2014). Furthermore, there are no irrigated plough fields in the catchment area, and the fish ponds have not increased in size, thereby affecting the increasing summer evaporation, but have also been partly uncared for until recently. In other words, the changes in the discharge regime of the Ilova River are primarily caused by changes to climatic elements, despite the observed anthropogenic impacts in the basin (Plantak et al., 2016). Observing the changes in the annual course of monthly precipitation (Fig.

liko Vukovje, kao i na ostalim promatranim postajama (Tab. 5) posebno povezano s izrazitim lokalno izraženim porastom količine padalina u mjesecu rujnu.

Što se tiče sezonskih protoka na postajama Munije na gornjem dijelu toka Ilove te Bastaji na pritoku Rijeka (Tab. 5), bez obzira što u njihovom slučaju nemamo kompletan klimatološki standardni niz 1961.-1990., nego 13 godišnje nizove (podatke 1978.-1990.) ipak su srednjaci dovoljno reprezentativni da usporedbom sa srednjacima posljednjeg razdoblja (Munije do 2012., 22 godišnji niz; Bastaji do 2016., 26 godišnji niz) uočimo glavne razlike. Jasno je izraženo spomenuto jesensko povećanje protoka, no ovdje se umjesto ljetnog smanjenja protoka bilježi proljetno smanjenje protoka (Tab. 5; vidi indekse). Razmotrimo li podatke o srednjim sezonskim protocima relativno, u odnosu na njihovu godišnju sumu, tada je u usporedbi po razdobljima došlo do preraspodjele protoka praktički samo u proljeće (pad s 45 % udjela 1978.-1990. na 29 % udjela 1991.-2012. kod Munija; pad s 47 % udjela 1978.-1990. na 36 % udjela 1991.-2016. kod Bastaja) i u jesen (u usporednim razdobljima: porast s 9 % na 20 % udjela kod Munija; porast s 10 % na 18 % udjela kod Bastaja), dok su zimski i ljetni udjeli manje više ostali nepromijenjeni. Unatoč primjerice određenom apsolutnom porastu ljetnih srednjaka u usporedbi odabranih razdoblja (Tab 5; vidi indekse) ljetni udio je ostao na 8 %, odnosno 9 % kod Munija te na 11% odnosno 12 % kod Bastaja, dakle praktički nepromijenjen.

#### GODIŠNJI HOD SREDNJIH MJESEČNIH PROTOKA

Promjene se još detaljnije mogu pratiti prikazemo li usporedno protočne režime, a opisane relativne promjene posebno su jasne promotrimo li godišnji hod (Pardéovih) modulnih koeficijenata<sup>2</sup> za odabrana razdoblja (sl. 10, 11 i 12). Naravno i ovdje je, s obzirom na raspolaganje podacima posve dobra usporedba moguća na postaji Veliko Vukovje kod koje imamo potpuni niz iz klimatološki standardnog razdoblja 1961.-1990. Za postaje Munije i Bastaje iz toga razdoblja raspolažemo s 13 godišnjim nizovima 1978.-1990, no i to je dovoljno da uočimo glavne karakteristike promjene protočnih režima na te dvije postaje.

Na postaji Veliko Vukovje (sl. 10) tako se jasno uočava da je u usporedbi dvaju razdoblja došlo do opisanih ljetnih smanjenja protoka, kako u apsolutnom tako i u relativnom pogledu te da je jesensko povećanje posebno odraz rujanskog gotovo utrostručenog protoka (a pokazali smo da je to, prema podacima s meteorološke

9), it can be concluded that the autumn increases in discharge at the station Veliko Vukovje, and in other observed stations (Tab. 5) are particularly associated with the prominently local increase in precipitation in September.

With regard to the seasonal discharges at the station Munije on the upper course of the Ilova River, and Bastaji on the Rijeka tributary (Tab. 5), regardless of the fact that these two stations do not have complete climate standard series (1961–1990), but instead only a 13-year series (1978–1990), the means are sufficiently representative for comparison with the means of the recent period (Munije to 2012, 22-year series; Bastaji to 2016, 26-year series), and the main differences can be observed. The mentioned autumn increase in discharge is clearly evident, however here instead of a summer reduction in discharge, we record a spring reduction in discharge (Tab. 5, see indexes). With relative consideration of the mean seasonal discharge data, with regard to their annual sum, then in the comparison by season there is a redistribution of discharge only in spring (drop from 45% in 1978 – 1990 to 29% in 1991 – 2012 for Munije; drop from 47% in 1978 – 1990 to 36% in 1991 – 2016 for Bastaji) and in autumn (in the comparative periods: increase of 9% to 20% at Munije; increase from 10% to 18% at Bastaji), while the summer and winter shares remained unchanged. Despite the certain absolute increase in the summer means in comparison to the selected periods (Tab. 5; see indexes), the summer share remained at 8% and 9% at Munije, and 11% and 12% at Bastaja; i.e. they were virtually unchanged.

#### ANNUAL COURSE OF MEAN MONTHLY DISCHARGES

The changes can be monitored in even greater detail if we consider the discharge regime, and the relative changes are particularly evident when considering the annual course of (Pardé) modular coefficient<sup>1</sup> for the selected periods (Figs. 10, 11 and 12). Considering the available data, again it is clear that a proper comparison is possible only for the Veliko Vukovje station, which possesses the complete data series from the climatic standard period (1961–1990). For the Munije and Bastaji stations, only a 13-year data series is available for this period (1978–1990), though this is sufficient to observe the main characteristics of changes in the discharge regime at these two stations.

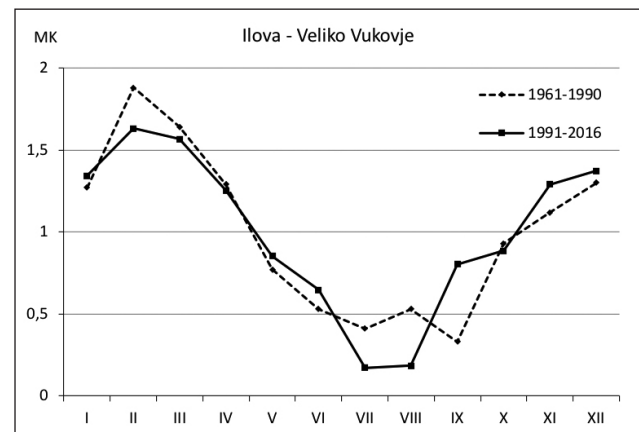
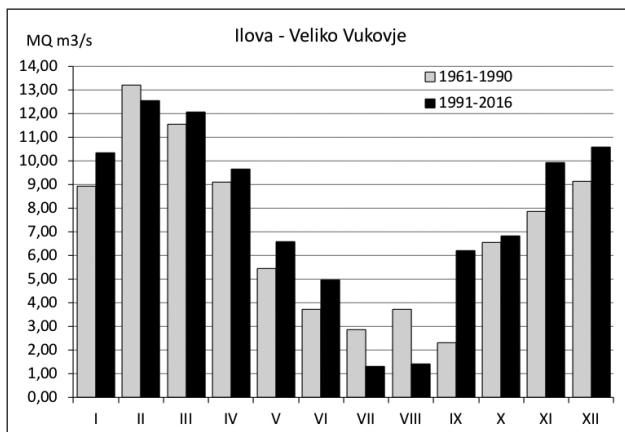
At the Veliko Vukovje station (Fig. 10), it is clearly evident in the comparison of the two time periods that there was the described summer decline in discharge, both absolutely and relatively, and that the autumn increase is specifically a reflection of the almost five-fold increase in discharge in September (which according to the data from the Daruvar me-

<sup>2</sup> Modulni koeficijent je odnos srednjeg mjesečnog i srednjeg godišnjeg protoka (Riđanović, 1993).

<sup>1</sup> Modular coefficient is the relationship between the mean monthly and mean annual discharges (Riđanović, 1993).

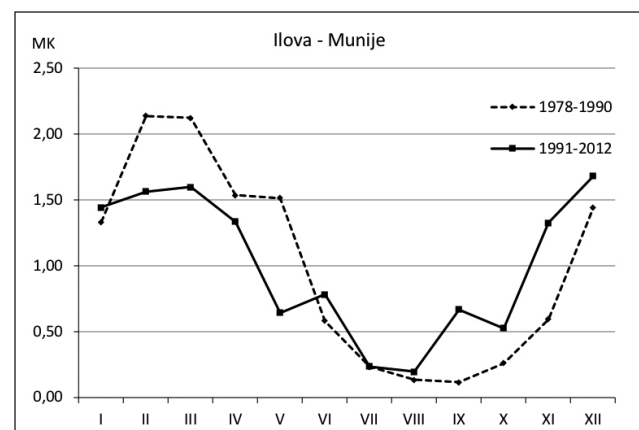
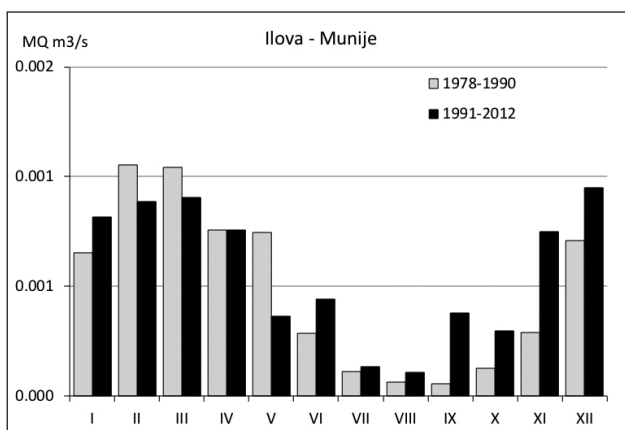
postaje Daruvar, prvenstveno odraz izrazitog rasta ru-janskih padalina). No usporedba režima otkriva nam još pojedinosti; tako je u posljednjem razdoblju 1991.-2016. došlo do smanjenja apsolutnog i još više relativnog značaja kasnozimskog maksimuma (veljača) u odnosu na klimatološki standardno razdoblje 1961.-1990. Također, u posljednjem razdoblju je u odnosu na klimatološki standardno razdoblje nestao ljetni, kolovoški maksimum ("zubac" na hidrogramu) protoka, a javila su se, za panonski kišni režim tipična, "ramena" u hodu modulnih koeficijenata formirana u lipnju i rujnu. Unatoč promjenama, od kojih je, prema podacima s postaje Veliko Vukovje, na mjesečnim razinama relativno najznačajnije (ljetno) smanjenje protoka u srpnju i kolovozu, smanjenje protoka u veljači i naglašeno rujansko povećanje protoka, nije došlo do promjene tipa protočnog režima

teorological station was primarily a reflection of the extreme increase in September precipitation). However, a comparison of the regimes reveals further details; i.e. in the recent period (1991–2016), there was a reduction in the absolute and even greater reduction in the relative significance of the late winter maximum (February) in relation to the climate standard period (1961–1990). Also, in the recent period in comparison to the climate standard period, there is the absence of the summer maximum discharge in August (peak in the hydrogram), and instead we see the "shoulders" in the course of the modular coefficients formed in June and September, which is typical for the Pannonian rain regime. Despite these changes, the most prominent of which according to the data from the Veliko Vukovje station, is the monthly reduction in discharge in July and August, the reduced discharge in February and pronounced increase in September, there were no changes to



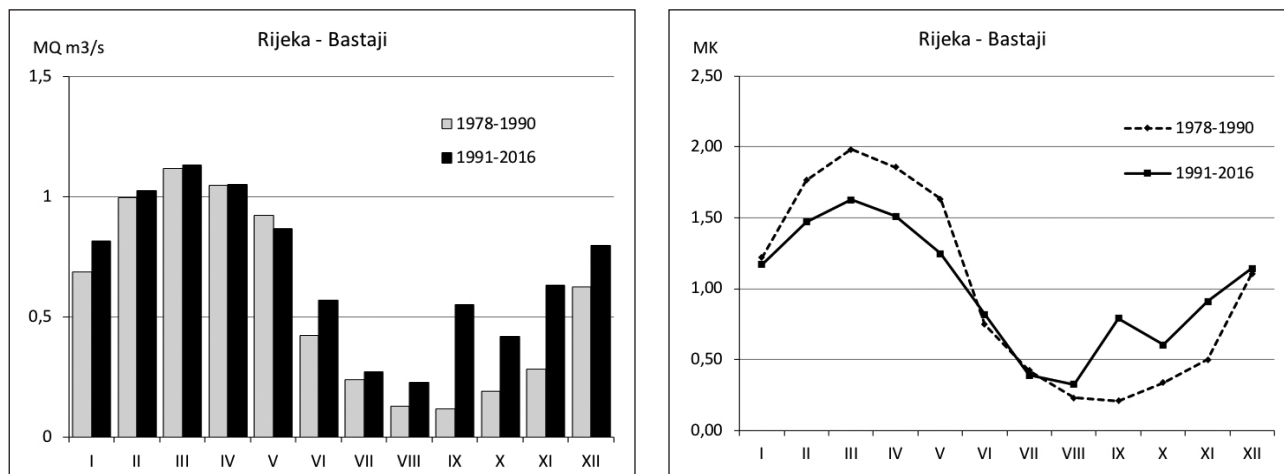
Sl. 10. Usporedba protočnih režima na postaji Veliko Vukovje na Ilovi u odabranim razdobljima, izraženo godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s (lijevo) i godišnjim hodom mjesečnih modulnih koeficijenata (MK) (desno).

Fig. 10. Comparison of discharge regimes on Veliko Vukovje hydrological station on the Ilova River for selected periods, presented as mean monthly discharges (MQ) in m<sup>3</sup>/s (on the left) and as monthly modul coefficients (MK) (on the right).



Sl. 11. Usporedba protočnih režima na postaji Munije na Ilovi u odabranim razdobljima, izraženo godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s (lijevo) i godišnjim hodom mjesečnih modulnih koeficijenata (MK) (desno).

Fig. 11. Comparison of discharge regimes on Munije hydrological station on the Ilova River for selected periods, presented as mean monthly discharges (MQ) in m<sup>3</sup>/s (on the left) and as monthly modul coefficients (MK) (on the right).



Sl. 12. Usporedba protočnih režima na postaji Bastaji na Rijeci u odabranim razdobljima, izraženo godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s (lijevo) i godišnjim hodom mjesečnih modulnih koeficijenata (MK) (desno).

Fig. 12. Comparison of discharge regimes on Bastaji hydrological station on the Rijeka River for selected periods, presented as mean monthly discharges (MQ) in m<sup>3</sup>/s (on the left) and as monthly modul coefficients (MK) (on the right).

na donjem toku Ilove koji je ostao Panonski kišni režim, premda obilježjima više odgovara tipu godišnjeg hoda iz posljednjeg razdoblja (tipologija prema: Čanjevac, 2013).

Na postajama Munije i Bastaji (sl. 11 i 12) na prikazima godišnjega hoda mjesečnih modulnih koeficijenata potvrđuju se ranije opisane sezonske relativne promjene na ovim dvjema postajama, dakle pad proljetnih i porast jesenskih protoka u usporedbi protočnih režima dvaju razdoblja, 1978.-1990. i 1991.-2012. (2016. kod Bastaja). Načelno po tome nema bitnih razlika prema Velikom Vukovju. I u ovim postajama, kao i u Velikom Vukovju bilježimo pad značaja kasnozimskog-ranoproljetnog maksimuma (veljača i ožujak), dapače na postaji Munije, dakle u gornjem dijelu toka Ilove do te mjere da je maksimum u posljednjem razdoblju prebačen na prosinac. Također i na Munijama i Bastajima bilježi se znatno apsolutno i relativno povećanje rujanskih protoka. Ono po čemu se uvelike razlikuju promjene protočnih režima na postajama Munije i Bastaji naspram onih na postaji Veliko Vukovje jest da ne bilježe ni apsolutno a ni relativno značajno smanjenje (ljetnih) protoka u srpnju i kolovozu. Unatoč nepotpunom nizu podataka na postajama Munije i Bastaji za standardno klimatološko razdoblje 1961.-1990. unutar kojeg raspolažemo s 13 godina podataka (1978.-1990.) za razliku od potpunog niza podataka za 1961.-1990. na postaji Veliko Vukovje, ipak se te razlike ne mogu zanemariti ni pripisati nedovoljnoj reprezentativnosti 13 godišnjih nizova. Moguće objašnjenje leži u činjenici da su postaje Munije i Bastaji smještene u brdskom dijelu poriječja Ilove, u njezinom izvorišnom dijelu, s razmjerno malim slijevnim površinama (Tab. 1). U brdskom, izvo-

the type of discharge regime in the lower course of the Ilova River, which has remained part of the Pannonian rain regime, though these characteristics better correspond to the type in recent period (typological according to Čanjevac, 2013).

At the Munije and Bastaji stations (Figs. 11 and 12), the shown annual course of monthly module coefficients confirm the previously described relative seasonal changes, i.e. a drop in spring and increase in autumn discharges in comparison to the discharge regimes of the two periods (1978–1990; 1991–2012 (2016 for Bastaji)). There were no significant differences compared to the Veliko Vukovje station. Furthermore, at these stations, like at Veliko Vukovje, a drop was recorded in the significance of the late winter/early spring maximum (February and March). At Munije, in the upper Ilova, this reduction is such that the maximum has been shifted to December in the recent period. Also, at both Munije and Bastaji, substantial absolute and relative increases are seen in the September discharge. Where they do differ in comparison to Veliko Vukovje is in the fact that, in discordance with Veliko Vukovje, they record no absolute or relative significant reduction in summer discharges in July and August. Despite the incomplete data series for Munije and Bastaji for the standard climate period (1961–1990) and the existence of only a 13-year series (1978–1990), unlike the complete set for the standard climate period at Veliko Vukovje, these differences cannot be ignored or attributed to the insufficient representation with the 13-year series. A possible explanation lies in the fact that the Munije and Bastaji stations are situated in hilly parts of the Ilova drainage basin, in the headwaters, with relatively small own drainage basin areas (Tab. 1). In the hilly headwaters of the Ilova basin, under conditions of steep slopes and abundant forest cover, the



rišnom dijelu poriječja Ilove, u uvjetima većih nagiba i pošumljenosti ljetni gubici evaporacijom znatno su manji nego u nizinskom i više ogoljelom dijelu poriječja, gdje se i otjecanje usporava. Zabilježeni trend porasta ljetnih temperatura svakako će veći utjecaj imati u nizinskom dijelu poriječja Ilove, u kojem su mali nagibi, otvorena polja i sporo otjecanje, dijelom i kroz ribnjake. Stoga u brdskom, šumovitom dijelu poriječja možemo očekivati znatno manji utjecaj visokih ljetnih temperatura i isparavanja, a s druge strane padaline se možda ne umanjuju u brdskom dijelu (općenito izloženi i vlažniji obronci Papuka, kao i svake otočne planine u hrvatskom međuriječju) u istoj mjeri kao u nizinskom dijelu poriječja. Iz navedenog bi se moglo pretpostaviti da se u gornjem, izvorišnom dijelu toka Ilove ne događa suvremeno ljetno smanjenje protoka (postaja Munije) zbog dobre pošumljenosti, reljefa i nagiba te manje evaporacije, dok se u nizinskom, posebno donjem dijelu toka Ilove (postaja Veliko Vukovje) ljetno smanjenje protoka u suvremenom razdoblju javlja zahvaljujući većem utjecaju rasta temperature zraka nad otvorenim poljima, livadama i pašnjacima te izgrađenim područjima u nizinama i time izraženijoj evaporaciji. Međutim, potvrda ovakve tvrdnje ipak zahtjeva dodatna istraživanja koja nisu predviđena ovim radom.

## ZAKLJUČAK

Na Ilovi je, prema najduljim raspoloživim podacima postaje Veliko Vukovje, kretanje srednjih godišnjih protoka u razdoblju od 1947. do 2016. statistički stagnantno. Nasuprot tomu, zamjetan je relativno velik porast srednjih godišnjih minimalnih protoka što nije očekivano s obzirom na hidrotehničke zahvate i postojanje ribnjaka u slijevnom području. Skok je posebno očit u razdoblju nakon visokih voda 2010., no usporedba s postajama Munije i Bastaji čija su slijevna područja minimalno izložena antropogenim utjecajima pokazala je da nije riječ o kompromitiranim podacima. Može se zaključiti da je i stagnacija (odnosno blagi porast) srednjih godišnjih protoka u razdoblju motrenja kao i povećanje srednjih godišnjih minimalnih protoka u novijem razdoblju pojava koja se odnosi na cijelo poriječje i u velikoj je mjeri uvjetovana klimatskim elementima, prvenstveno kretanjima godišnje i mjesečnih količina padalina. Utvrđena je razmjerno visoka linearna korelacija godišnjih padalina u Daruvaru i srednjih godišnjih protoka Ilove kod Velikog Vukovja (koeficijent determinacije od 0,62, što je prema Chadockovoj ljestvici veza srednje jakosti, blizu granice 0,64 koja je donja granica čvrste veze).

Usporedba srednjih sezonskih protoka na postaji Veliko Vukovje pokazala je da je u posljednjem razdoblju (1991.-2016.) u odnosu na prethodno standardno (1961.-1990.) došlo do znatnog porasta srednjeg je-

losses by evaporation are substantially less than in the barer, lowland areas, where flow is slowed. The recorded trend in increasing summer temperatures certainly has a greater influence in the lowland areas of the Ilova basin, where slopes are slight, fields are more open and flow is slow, and partly also through the fishponds. Therefore, in the hilly, forested parts of the Ilova River basin, a substantially lower influence of high summer temperatures and evaporation can be expected, while on the other hand, precipitation is perhaps not reduced in the hills areas (generally exposed and wetter slopes of Mt Papuk, like all other island mountains standing between Drava and Sava rivers in Croatia) to the same extent as in the lowland part of the basin area. From the above, it can be assumed that in the upper, source section of the Ilova River, there are no recent summer reductions in discharge (Munije station) due to good forestation, relief and slope, with less evaporation, while in the lowland and especially the lower sections of the Ilova River (station Veliko Vukovje), the summer reduction in discharge in the recent period appears due to greater influence of rising air temperatures over open fields, meadows and pastures, and constructed areas in the lowlands, and therefore more pronounced evaporation. However, confirmation of these claims requires additional research that is outside the scope of this paper.

## CONCLUSIONS

On the Ilova River, according to the longest available data set for the station Veliko Vukovje, the trends of mean annual discharge in the period from 1947–2016 show a statistical stagnation. On the contrary, a relatively large increase in the mean annual minimum discharges is seen, which is not expected due to the hydrotechnical works and presence of fish ponds within the drainage basin area. This increase is particularly evident in the period after 2010, and a comparison with the upstream stations Munije and Bastaji, whose catchment areas are minimally exposed to anthropogenic impacts, showed that this is not the result of compromised data. It can be concluded that the stagnation (or slight increase) of the mean annual discharges in the observation period, and in the increasing mean annual minimum discharges in the recent period, pertain to the entire drainage basin area. This is largely due to climatic elements, primarily trends in annual and monthly quantities of precipitation. A relatively high linear correlation of annual precipitation at Daruvar with the mean annual discharges of the Ilova at Veliko Vukovje was determined (determination coefficient of 0.62, which according to the Chadock scale is a moderately strong correlation, near the limit of 0.64 which indicates a strong relationship).

A comparison of the mean seasonal discharges at the station Veliko Vukovje showed that in the recent period (1991–2016) in comparison to the standard period (1961–1990), there was a significant increase in the mean

senskog protoka (za 37,4 indeksnih postotaka) dok je u srednjim ljetnim protocima došlo do pada (za 25,3 indeksna postotka). Usporedba sa sezonskim promjenama padalina i kretanjem sezonskih srednjih temperatura u istim razdobljima u Daruvaru pokazuje da su ove promjene povezane s promjenama u režimu padalina, a ljetno smanjenje protoka povezano je s porastom srednje ljetne temperature zraka u poriječju, što znači i povećanom evapotranspiracijom.

Analiza godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka pokazala je da je jesensko povećanje protoka na Ilovi u posljednjem razdoblju 1991.-2016. u odnosu na klimatološki standardno razdoblje 1991.-2016. posebno odraz rujanskog gotovo utrostručenog protoka, koji je opet prvenstveno uzrokovan izrazitim rastom rujanskih padalina prema podacima meteorološke postaje Daruvar. Također, na svim je razmatranim postajama (Veliko Vukovje i Munije na Ilovi te Bastaji na Rijeci) u posljednjem razdoblju (1991.-2016.) došlo do smanjenja apsolutnog i još više relativnog značaja kasnozimskog-ranoproljetnog maksimuma (veljača ili ožujak) u odnosu na klimatološki standardno razdoblje. Ono po čemu se uvelike razlikuju promjene protočnih režima na postajama Munije i Bastaji naspram onih na postaji Veliko Vukovje jest da Munije i Bastaji ne bilježe ni apsolutno a ni relativno značajno smanjenje (ljetnih) protoka u srpnju i kolovozu. Iz navedenog bi se moglo pretpostaviti da se u gornjem, izvorišnom dijelu toka Ilove ne događa suvremeno ljetno smanjenje protoka (postaja Munije) zbog dobre pošumljenosti, višeg reljefa i većih nagiba te manje evaporacije, dok se u nizinskom, posebno donjem dijelu toka Ilove (postaja Veliko Vukovje) ljetno smanjenje protoka u suvremenom razdoblju javlja zahvaljujući većem utjecaju zabilježenog ljetnog porasta temperature zraka (meteorološka postaja Daruvar) nad otvorenim poljima, livadama i pašnjacima te izgrađenim područjima u nizinama i time izraženijoj evaporaciji. Međutim, potvrda ovakve tvrdnje zahtjeva daljnja istraživanja.

Temeljni je zaključak da su promjene režima protoka Ilove u razdoblju 1961. do 2016. ipak ponajprije uzrokovane promjenom klimatskih elemenata, unatoč primjetnim antropogenim utjecajima u poriječju, odnosno provedenim hidrotehničkim mjerama kao i postojanju velikih ribnjaka.

autumn discharges (by 37.4 index points), while there was a drop in the mean summer discharges (25.3 index points). A comparison with the seasonal changes in precipitation and trends of seasonal mean temperatures in the same periods at Daruvar showed that these changes are associated with changes to the precipitation regime, while the summer drops in discharge are related to increasing mean summer air temperatures in the catchment, which also implies increased evapotranspiration.

An analysis of the annual course of mean monthly discharges showed that the autumn increase of flow on the Ilova in the recent period (1991–2016) in relation to the climatological standard period (1991–2016) is a reflection of the almost doubled discharge in September, which is again primarily caused by the pronounced increase in September precipitation according to the data of the Daruvar meteorological station. At all observed stations (Veliko Vukovje and Munije on the Ilova and Bastaji on the tributary Rijeka), in the recent period (1991–2016), there was a reduction of the absolute and an even higher reduction in the relative significance of the late winter/early spring maximum (February or March) in comparison to the climate standard period. However, there was an important difference in the discharge regime at the stations Munije and Bastaji compared to the station Veliko Vukovje, in that the former two did not record any absolute or relative significant reductions in (summer) discharge in July and August. From this, it could be assumed that in the upper, headwater section of the Ilova River basin, there has been no recent summer reduction in discharge (station Munije) due to good forest cover, higher elevation and steeper slopes, with less evaporation, while in the lowland areas, particularly the lower sections of the Ilova (station Veliko Vukovje), the summer reduction in discharge in the recent period appears due to the increasing influence of the recorded summer increase in air temperature (Daruvar meteorological station) over open fields, meadows and pastures, and constructed areas in the lowlands, and with that more pronounced evaporation. However, confirmation of such claims requires further research.

The basic conclusion is that the changes to the discharge regime on the Ilova River in the period 1961 to 2016 are above all caused by changes in climate elements, despite the evident anthropogenic impacts in the catchment, i.e. the hydrotechnical works performed, and the existence of large fish ponds.

## LITERATURA / LITERATURE

- Barbalić, D., Kuspilić, N. (2014): Trends of indicators of hydrological alterations. *Građevinar* 66 (7), 613-624.
- Beckinsale R. P., (1969): River regimes. [u:] R.J. Chorley (ed.), *Water, Earth and Man*. Methuen, London, 176-192.
- Bognar, A. (2001): Gemorfološka regionalizacija Hrvatske. *Acta Geographica Croatica* 34 (1), 7-26.
- Bonacci, O. (1995): Groundwater behavior in karst regions: Example of the Ombla spring (Croatia). *Journal of Hydrology* 165 (1-4), 113-134.
- Bonacci, O., Andrić, I. (2008): Sinking karst rivers hydrology: case of the Lika and Gacka / Croatia. *Acta Carsologica* 37 (2), 185-196.
- Bonacci, O., Andrić, I. (2009): Zajednička analiza Like i Gacke. *Hrvatske vode* 17 (67), 1-12.
- Bonacci, O., Andrić, I. (2010): Hidrološka analiza krške rijeke Dobre. *Hrvatske vode* 18 (72), 127-138.
- Bonacci O., Ljubenkov I. (2004): Statistička analiza maksimalnih godišnjih protoka Save kod Zagreba u razdoblju 1926-2000. *Hrvatske vode* 12 (48), 243-252.
- Bonacci, O., Gereš, D. (2001): Utjecaj i prilagodba klimatskim promjenama: Hidrologija i vodni resursi. *Prvo nacionalno izvješće RH prema Okvirnoj konvenciji UN o promjeni klime (UNFCCC)* (ur. Jelavić, V.), RH, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, 175.-189.
- 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.
- Bonacci, O., Oskoruš, D. (2011): Hidrološka analiza sigurnosti Zagreba od poplave vodama rijeke Save u novim uvjetima. *Hrvatske vode* 19 (75), 13-24.
- Bonacci, O., Roje-Bonacci, T. (2001): Hidrološke promjene duž toka rijeke Cetine. *Hrvatske vode* 9 (37), 395-408.
- Bonacci, O., Roje-Bonacci, T. (2003): The influence of hydroelectrical development on the flow regime of the karstic river Cetina. *Hydrological Processes* 17 (1), 1-15.
- Čanjevac, I. (2012): Novije promjene protočnih režima u hrvatskom dijelu poriječja Dunava. *Hrvatski geografski glasnik* 74 (1), 71-74.
- Čanjevac I. (2013): Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj. *Hrvatski geografski glasnik* 75 (1), 23-42.
- Čanjevac, I., Orešić, D. (2015): Contemporary changes of mean annual and seasonal river discharges in Croatia. *Hrvatski geografski glasnik* 77 (1), 7-27.
- Čanjevac I, Orešić, D. (2018): Changes in discharge regimes of rivers in Croatia. *Acta Geographica Slovenica* 58 (2), 7-18.
- Gajić-Čapka, M., Cesarec, K. (2010): Trend i varijabilnost protoka i klimatskih veličina u slivu rijeke Drave. *Hrvatske vode* 18 (71), 19-30.
- Gajić-Čapka, M., Cindrić K., Pasarić, Z. (2014): Trends in precipitation indices in Croatia, 1961-2010. *Theoretical and Applied Climatology* 121 (1-2), 167-177.
- HOK, 1981: *Hrvatska osnovna karta u mjerilu 1:5000*, Geoportal Državne geodetske uprave.
- Orešić, D. (1995): Osnovne značajke režima tekućica poriječja Krapine. *Geografski glasnik* 57, 37-53.
- 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 Geograficne* 151, 93-119.
- Pandžić K., Trninić D., Likso T., Bošnjak T. (2009): Long-term variations in water balance components for Croatia. *Theoretical and Applied Climatology* 95 (1-2), 39-51.
- Plantak, M. (2014): *Promjene režima otjecanja u porječju rijeke Ilove*. Diplomski rad, Geografski odsjek, PMF, Zagreb.
- Plantak, M., Čanjevac, I., Vidaković, I. (2016): Morphological State of Rivers in the Ilova River Catchment. *Hrvatski geografski glasnik* 78 (1), 5-24.
- Riđanović, J. (1993): *Hidrogeografija*. Školska knjiga, drugo izmj. i dopunj. izdanje, Zagreb, 221 str.
- Srebrenović, D. (1986): *Primjenjena hidrologija*. Tehnička knjiga, Zagreb, 509 str.
- Šegota T., Filipčić A. (2007): Suvremene promjene klime i smanjenje protoka Save u Zagrebu. *Geodria* 12 (1), 47-58.
- Trninić D., Bošnjak T. (2009): Karakteristični protoci Save kod Zagreba. *Hrvatske vode* 17 (69/70), 257-268.

Zaninović, K., Gajić-Čapka, M. (2000): Changes in Components of the Water Balance in the Croatian Lowlands. *Theoretical and Applied Climatology* 65 (1), 111-117.

Žganec, K. (2011): The effects of water diversion and climate change on hydrological alteration and

temperature regime of karst rivers in central Croatia. *Environmental Monitoring and Assessment* 184 (8), 5705-5723.

Žugaj, R. (2000): *Hidrologija*. Sveučilište u Zagrebu i RGN fakultet, Zagreb, 407 str.

**Danijel Orešić**

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet,  
Geografski odsjek  
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Hrvatska  
doresic@geog.pmf.hr

**Ivan Čanjevac**

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet,  
Geografski odsjek  
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Hrvatska  
canjevac@geog.pmf.hr

**Mladen Plantak**

Elektroprojekt, d.d., Odjel zaštite voda, prirode i okoliša  
Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska  
mladen.plantak@elektroprojekt.hr

**Danijel Orešić**

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of  
Geography  
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Croatia  
doresic@geog.pmf.hr

**Ivan Čanjevac**

University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geography  
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Croatia  
canjevac@geog.pmf.hr

**Mladen Plantak**

Elektroprojekt, d.d., Department for the protection of water, nature  
and the environment  
Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia  
mladen.plantak@elektroprojekt.hr