

Promjene minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj u razdoblju 1931. - 2020. godine

Božanović, Petar

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:515350>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Petar Božanović

**Promjene minimalnih i maksimalnih protoka Save u
Hrvatskoj u razdoblju 1931. – 2020. godine**

Diplomski rad

Zagreb

2022.

Petar Božanović

**Promjene minimalnih i maksimalnih protoka Save u
Hrvatskoj u razdoblju 1931. – 2020. godine**

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistra edukacije geografije

Zagreb

2022.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija*; smjer: *nastavnički* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Ivana Čanjevca i prof. dr. sc. Danijela Orešića.

Sveučilište u Zagrebu
 Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geografski odsjek

Diplomski rad

Promjene minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj u razdoblju 1931. – 2020. godine

Petar Božanović

Izvadak: Rad se bavi promjenama protoka rijeke Save u Hrvatskoj u razdoblju 1931. – 2020. godine, uz naglasak na promjene minimalnih i maksimalnih protoka. Istraživanje je provedeno na šest odabranih hidroloških postaja (Zagreb, Rugvica, Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica) i za tri standardna tridesetogodišnja razdoblja. Analiza promjene obavljena je usporedbom vrijednosti protoka mjesečnih srednjih minimuma i maksimuma (SNQ i SVQ), godišnjih srednjaka i varijacija godišnjih doba statističkim pokazateljima (linearnim trendom, medijanom, koeficijentom varijacije). U radu su prikazane i (srednje) godišnje amplituda protoka. Za analizu režima rijeke Save u Hrvatskoj na odabranim stanicama korišteni su Pardéovi modulni koeficijenti dobiveni na temelju srednjih godišnjih i mjesečnih vrijednosti protoka. Rad je popraćen hidrogramima, tablicama, tematskom kartom i metodičkom pripremom za nastavni sat geografije.

59 stranica, 27 grafičkih priloga, 11 tablica, 25 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: protočni režim, rijeka Sava, linearni trend, modulni koeficijent, medijan

Voditelji: doc. dr. sc. Ivan Čanjevac i prof. dr. sc. Danijel Orešić

Povjerenstvo: doc. dr. sc. Ivan Čanjevac
 prof. dr. sc. Danijel Orešić
 doc. dr. sc. Ružica Vuk

Tema prihvaćena: 11. 2. 2021.

Rad prihvaćen: 8. 9. 2022.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

**Changes in the Minimum and Maximum Discharges of the Sava River in Croatia in the
1931 - 2020 period**

Petar Božanović

Abstract: The paper deals with changes in the discharge of the Sava River in Croatia in the 1931 - 2020 period, with an emphasis on changes in minimum and maximum discharges. The research was conducted at six selected hydrological stations (Zagreb, Rugvica, Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod and Županja stepenica) and for three standard thirty-year periods. The change analysis was performed by comparing the discharge values of monthly mean minimums and maximums, annual means and seasonal variations using statistical indicators (linear trend, median, coefficient of variation). The paper also presents the (mean) annual discharge amplitude. For the analysis of the regime of the Sava River in Croatia at selected stations, Pardé's modular coefficients obtained on the basis of mean annual and monthly discharge values was used. It includes hydrographs, tables, a thematic map and a methodical paper for geography school lesson.

59 pages, 27 figures, 11 tables, 25 references; original in Croatian

Keywords: discharge regime, Sava river, linear trend, modular coefficients, median

Supervisors: Ivan Čanjevac, PhD, Assistant Professor and Danijel Orešić, PhD, Full Professor

Reviewers: Ivan Čanjevac, PhD, Assistant Professor
Danijel Orešić, PhD, Full Professor
Ružica Vuk, PhD, Assistant Professor

Thesis title accepted: 11/02/2021

Thesis accepted: 08/09/2022

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

Sadržaj

| | |
|---|-----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja i literature | 4 |
| 1.2. Teorijski okvir, izvori i metodologija rada | 6 |
| | |
| 2. ANALIZA PROMJENA PROTOČNOG REŽIMA SAVE U HRVATSKOJ | 9 |
| 2.1. Suvremeni protočni režimi na odabranim stanicama | 9 |
| 2.2. Promjene minimalnih i maksimalnih protoka te godišnjih amplituda | 11 |
| 2.3. Promjene minimalnih i maksimalnih protoka prema godišnjim dobima | 24 |
| 2.3.1. Proljeće | 24 |
| 2.3.2. Ljeto | 27 |
| 2.3.3. Jesen | 29 |
| 2.3.4. Zima | 32 |
| 2.4. Promjene srednjih mjesečnih maksimuma | 34 |
| 2.5. Promjene srednjih mjesečnih minimuma | 38 |
| 2.6. Promjene modulnih koeficijenata | 43 |
| | |
| 3. RASPRAVA | 47 |
| | |
| 4. ZAKLJUČAK | 55 |
| | |
| Literatura | 56 |
| Izvori | 59 |
| | |
| Popis slika | VII |
| | |
| Popis tablica | IX |
| | |
| Prilog: Metodička priprema za nastavni sat geografije | X |

Zahvala

*Kratko bih se zahvalio Bogu, svojim roditeljima i bratu,
docentu Ivanu Čanjevcu,
profesoru Danijelu Orešiću i docentici Ružici Vuk,
djelatnicima na Geografskome odsjeku i svojim profesorima,
najboljoj studentskoj referadi,
prijateljima, kolegama, Klubu studenata geografije i pjevačkome zboru Geodeamus.*

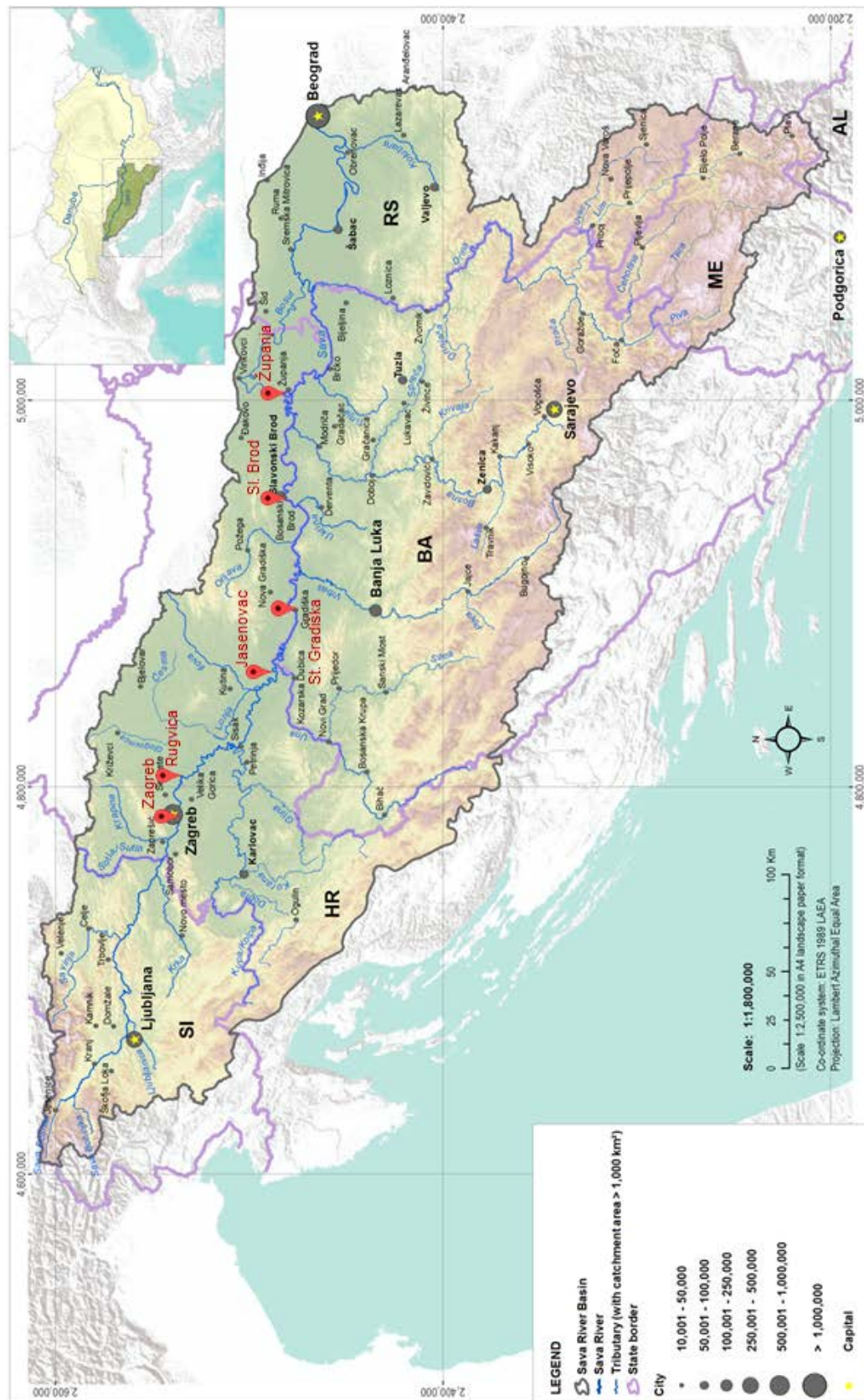
1. Uvod

Ovaj rad se bavi promjenama minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj u razdoblju od 1931. do 2020. godine. Rijeka Sava jedna je od najvažnijih rijeka Europe (posebno u jugoistočnoj Europi) kao treći najduži, a protokom najveći prtok rijeke Dunav (Orešić i dr., 2017). Ona je duga 945 km i ima porječje površine 97.200 km² (Međunarodna komisija za sliv rijeke Save, n.d.). Prosječni protok na ušću joj je oko 1564 m³/s i osma je po količini vode u Europi (Orešić i dr., 2017). Sava izvire u Sloveniji na 1222 m nadmorske visine u Julijskim Alpama i ime nosi od ušća dvaju izvorišnih krakova – Save Dolinke i Save Bohinjke (sl. 1). Dalje teče prema jugoistoku i istoku. Srednji tok joj započinje nizvodno od Zagreba, kod Rugvice, i od nje teče prema Jasenovcu i granici s Bosnom i Hercegovinom. Rijeka Sava prirodna je granica dviju država i pritoci iz Bosne i Hercegovine imaju veliki utjecaj na njen protočni režim. Njen donji tok započinje u Republici Srbiji, nizvodno od ušća rijeke Drine kao najutjecajnijeg pritoka. Sava svoj tok završava u Beogradu ušćem u Dunav na 67 m nadmorske visine.

Istraživanje će biti provedeno na šest odabranih hidroloških postaja (od zapada prema istoku: Zagreb, Rugvica, Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica) i za tri standardna tridesetogodišnja razdoblja: 1931. – 1960., 1961. – 1990. i 1991. – 2020. godine (u tekstu se pojavljuju i kao starije, srednje i novije razdoblje). Protok je količina vode koja otječe u jedinici vremena, a dobiva se umnoškom srednje brzine otjecanja i površine mokrog profila (m³/s). Način na koji se rijeka opskrbljuje vodom i raspodjela protoka tijekom hidrološke godine čine protočni režim rijeke (Riđanović, 1993). Prema zadnjoj tipologiji protočnih režima Hrvatske, Sava kod Zagreba pripada peripanonskom kišno-snježnom režimu (Čanjevac, 2012a), kao i Sava kod Rugvice (Orešić i dr., 2017). Zaključak je da režim prelazi u panonski kišno-snježni režim u blizini stanice Jasenovac koja je uzvodno od ušća Une, a zbog utjecaja rijeke Kupe kao prve od mnogih velikih desnih pritoka iz dinarskog područja. Između ušća Kupe (uzvodno od stanice Jasenovac) i ušća Une (nizvodno od stanice) tranzicijski je segment rijeke Save (Orešić i dr., 2017; Čanjevac, 2013). Od ušća rijeke Une režim protoka u potpunosti je panonski kišno-snježni (Orešić i dr., 2017). Samo Sava Dolinka i Sava Bohinjka imaju alpski snježno-kišni režim (Frantar i Hrvatinić 2005; Čanjevac 2013). U radu će kod promjena protočnih režima naglasak biti na minimalnim i maksimalnim protocima. To su rekordni protoci u nekome vremenskom periodu.

Na slici 1 prikazano je porječje Save koje će biti obuhvaćeno ovim radom. Na njoj su posebno označene odabrane hidrološke stanice. Osim samih stanica, na karti su i pritoke koje doprinose eventualnoj promjeni režima i obilježja. Važnost Save možemo vidjeti u površini njenoga porječja. Uzvodno od prve promatrane stanice Zagreb od pritoka na području Slovenije izdvajaju se rijeke Ljubljanica, Savinja i Krka (Dolenjska). U Hrvatskoj se izdvajaju Sutla i Krapina uzvodno od prve stanice Zagreb. Istočno od Zagreba, u općini Rugvici, nalazi se istoimena hidrološka stanica gdje započinje srednji tok. Uzvodno od treće stanice Jasenovac, važno je spomenuti desni pritok Kupu koja svoje ušće ima u Sisku, a prva je od onih koje donose vode iz Dinarida. Stanica Jasenovac nalazi se uzvodno od ušća rijeke Une. Slijedi stanica Stara Gradiška od koje je nizvodno ušće rijeke Vrbas. Slavonski Brod peta je stanica, a nizvodno od nje su ušće rijeke Bosne pa stanica Županja.

Za klimatološka istraživanja dane su prilično jasne smjernice Svjetske meteorološke organizacije (WMO) o potrebi i problemima analize dugih vremenskih nizova podataka. Po uzoru na standardna klimatološka razdoblja, pravilo uzimanja tih standardnih tridesetogodišnjih nizova podataka ipak je novijim istraživanjima donekle dopunjeno (Čanjevac, 2012a). Optimalno razdoblje za istraživanja promjena temperature često je kraće od 30 godina, a za istraživanje padalina često dulje (Svjetska meteorološka organizacija, 2011). WMO nema jasnih smjernica po pitanju hidroloških istraživanja, no po preporukama relevantnih autora statističke se metode u hidrologiji također koriste na nizovima podataka od najmanje 30 godina (Žugaj, 2000). Tako su i ovim radom obuhvaćena tri standardna tridesetogodišnja razdoblja (1931. – 1960., 1961. – 1990. i 1991. – 2020) te će se među njima promatrati promjene minimalnih i maksimalnih protoka.



Sl. 1. Porječje rijeke Save s označenim odabranim hidrološkim stanicama
 Izvor: Međunarodna komisija za sliv rijeke Save, 2012 (uredio autor)

Jedan od početnih koraka istraživanja postavljanje je hipoteza na temelju dostupne literature i predznanja o objektu rada. Polazne hipoteze navedene su u nastavku teksta.

1. Minimalni protoci bilježe pad na svim stanicama u cijelome promatranome razdoblju.
2. Maksimalni protoci bilježe pad ljeti na svim stanicama u cijelome promatranome razdoblju.
3. U novijem razdoblju jesenski maksimum postaje primarni.

Cilj istraživanja je širenje znanja o trendovima protoka rijeke Save kao dijela veće slike međuodnosa fizičkogeografskih čimbenika u regiji. „Prikladno je spomenuti da je režim riječnog protoka vrlo stabilna komponenta hidrološkog ciklusa, što znači da su potrebne relativno velike promjene prije nego što se mogu odraziti na njega, a kada se dogode, analiza dugih vremenskih nizova protoka može pružiti vrijedne informacije o trendovima i varijacijama klimatskih elemenata promatranog područja“ (Chiew i McMahon, 1996 prema Orešić i dr., 2017, 106). Promjene minimalnih i maksimalnih protoka govore nam i o trendovima smanjenja vode kao jednom od problema upravljanja vodom te pojavama opasno visokih i poplavnih voda. Niske vode rijeke važne su za stanovništvo i ostali živi svijet. Primjerice, održavaju udio vlage u tlu i razine podzemnih voda u optimalnim okvirima. Trend smanjenja niskih voda značio bi onečišćenje vode zbog smanjenog utjecaja autopurifikacije, više temperature vode i povećanje evapotranspiracije. Visoke vode potencijalno mogu biti opasne za stanovništvo zbog pritiska na sustav obrane od poplava, tj. mogu rezultirati poplavama. Uzroci pojave poplava mogu biti prirodni ili antropogeni, a često su to povećane količine oborina i pucanje obrambenih nasipa. Poplave je bitno spriječiti i istraživati jer uzrokuju izravne i neizravne štete u poljoprivredi, prometu, energetici, na infrastrukturi, objektima i drugom te predstavljaju rizik za onečišćenje okoliša, za život i zdravlje ljudi (Projekt FRISCO1, n.d.).

1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja i literature

Prema Gilji i dr. (2018) u desetogodišnjem razdoblju od 2008. do 2018. zabilježen je veliki broj velikovodnih događaja u porječju rijeke Save: 2010. godine zabilježen je najviši vodostaj kod Zagreba nakon zagrebačke poplave 1964. godine; 2014. godine je na Kupi kod Karlovca izmjeren protok 100-godišnjeg povratnog razdoblja. Naposljetku, u svibnju 2014. u srednjem i donjem toku rijeke Save zabilježen je protok 1000-godišnjeg povratnog razdoblja

kada su popustili nasipi i kada su Sava i njeni pritoci poplavili dijelove Hrvatske (Gunju i okolice), Bosne i Hercegovine te Srbije. Prema Abdulaju i dr. (2014) statističkom analizom utvrđeno je da maksimalni protok ($Q = 6000 \text{ m}^3/\text{s}$) mjeren 17. svibnja 2014. nizvodno od ušća rijeke Bosne u Savu odgovara 1000-godišnjem povratnom razdoblju. Na dionici rijeke uzvodno, od stanice Jasenovac do stanice Slavonski Brod, protok je odgovarao nižem 100-godišnjem povratnom razdoblju što znači da su na poplavu 2014. najveći utjecaj imali pritoci rijeke Bosne (Gilja i dr., 2018).

U dosadašnjim istraživanjima najviše se pažnje dalo srednjim protocima, a ne minimalnim i maksimalnim. Trendovi protoka ukazuju uglavnom na rast maksimuma i padove srednjaka i minimuma. Orešić i dr. (2017) navode kako je takav rast amplitude protoka nepovoljna karakteristika režima jer predstavlja veću varijabilnost protoka pri čemu se u slučaju stagnirajućih ili rastućih maksimuma pojava potencijalno opasnih i poplavnih voda ne smanjuju bez obzira na smanjenje srednjih i minimalnih protoka. Istraživanje protoka u Sloveniji donosi da je prisutan opći pad maksimuma, srednjaka i minimuma u gotovo cijeloj Sloveniji, osim na istoku te zemlje (Ulaga i dr., 2008).

Prva promatrana stanica u ovome radu, stanica Zagreb, istraživana je na temu hidrološke analize sigurnosti Zagreba od poplavnih voda Save gdje je zaključeno da maksimalni protoci opadaju trendom koji nije statistički značajan, a da srednjaci i minimalni protoci padaju zabrinjavajućim stopama (Bonacci i Oskoruš, 2011). Bonacci i Ljubenković (2008) zaključili su da je protočni režim na toj stanici pod utjecajem hidrotehničkih zahvata (poboljšanje sustava obrane od poplave) u području Zagreba. Prema Čanjevcu (2012a), Trniniću i Bošnjak (2009) te Šegoti i Filipčić (2007) trend na postaji Zagreb je negativan. Također, klimatske promjene odrazile su se na promjene protoka rijeke Save kod Zagreba (Šegota i Filipčić, 2007). Za vodnost Save kod Zagreba najvažnije su oborine koje padnu na teritoriju Republike Slovenije. Prema Trniniću i Bošnjak (2009) meteorološke stanice Ljubljana (1866. – 2007.), Rateče (1948. – 2007.) te informativno Zagreb-Grič (1862. – 2007.) imaju smanjenje godišnjih oborina.

Istraživanja za Savu u Hrvatskoj su najčešće provedena na stanicama Rugvica, Jasenovac i Županja. Prema Orešiću i dr. (2017) maksimumi u Rugvici i Jasenovcu rastu, dok srednjaci i minimumi padaju na sve tri stanice. Kao razlog zašto stanica Županja ima negativne trendove za oba pokazatelja navodi se veće slijevno područje koje za posljedicu ima stabilniji protočni režim. Uzvodno od stanice Jasenovac pad srednjaka ima i Kupa od 9,7 %

od 1980. do 2009. u odnosu na period od 1961. do 1990. (Čanjevac, 2012b). Odabrana stanica Stara Gradiška nije obuhvaćena u istraživanjima, a podacima sa stanice Slavonski Brod bavio se Bonacci (2014). Kao i Županja, Slavonski Brod ima padove svih karakterističnih protoka 1926. – 2013. godine.

Čanjevac (2012a; 2013) se bavio tipologijom i promjenama protočnih režima rijeka u Hrvatskoj. Penzar i Penzar (1979; 1981) tvrde kako su smanjene padaline u listopadu, a prema novijem istraživanju mjesec s najvećim varijacijama u padalinskom režimu u Hrvatskoj jest također listopad (Maradin, 2007). Prema istraživanjima za Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu (BiH), kao posljedica klimatskih promjena, snijeg ima manji udio u padalinama i snježni pokrov kraće traje (Gajić-Čapka, 2011; Stručni tim za Drugi nacionalni izvještaj BiH i Projektni odbor, 2013) što utječe na protočni režim Save. Kao što je navedeno, ističe se trend povećanja ekstrema u regiji zbog promjene klime. Prema izvješćima za Hrvatsku očekuje se da će se pogoršanjem hidroloških prilika uslijed djelovanja klimatskih promjena s jedne strane povećati učestalost i trajanje sušnih razdoblja, a s druge strane i učestalost i intenzitet poplavnih situacija (Vlada Republike Hrvatske, 2020). Tako i Stručni tim za Drugi nacionalni izvještaj BiH i Projektni odbor (2013) izvještavaju za Bosnu i Hercegovinu te nam daju rezultate o rastu temperature i preraspodjeli padalina u godišnjem hodu koja donose ekstremne pojave. Važan novi dokument za Hrvatsku je *Sedmo nacionalno izvješće i treće dvogodišnje izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC)* (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2018) koje donosi navedene potencijalne probleme i odgovore za smanjenje visoke ranjivosti u sektoru hidrologije i upravljanju vodnim resursima.

1.2. Teorijski okvir, izvori i metodologija rada

Prilikom istraživanja promjena minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj u razdoblju 1931. – 2020. godine korišteni su podaci hidroloških stanica Sektora za hidrologiju Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske. Hidrološke stanice odabrane su na temelju dugih vremenskih nizova vođenja podataka o protocima. U tablici 1 navedene su analizirane postaje te njihova površina slijeva i broj podataka za tri tridesetogodišnja razdoblja odabranih stanica. Zagreb tako nema podatke 1996. – 1998. godine, a Rugvica nema 1944., 1945., 1947. te 1996. – 1999., 2004., 2006. i 2014. Stanici Jasenovac nedostaju podatci

iz 1945. te 1991. – 1995.. Stanica Stara Gradiška u novijem razdoblju nema podatke od 1991. do 2004. godine, kao i Slavonski Brod 1994. – 2003. te 2016. Stanica Županja stepenica ima najkompletnije podatke te joj podaci nedostaju samo 1943. i 1944. godine.

Tab. 1. Površina slijeva i broj podataka za tri tridesetogodišnja razdoblja odabranih stanica

| # | Odabrane stanice | Površina slijeva | 1931. – 1960. | 1961. – 1990. | 1991. – 2020. |
|----|-------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1. | Zagreb | 12.450 km ² | + | + | N=27 |
| 2. | Rugvica | 12.730 km ² | N=27 | + | N=19 |
| 3. | Jasenovac | 38.953 km ² | N=29 | + | N=25 |
| 4. | Stara Gradiška | 40.262 km ² | N=24 | + | N=16 |
| 5. | Slavonski Brod | 50.858 km ² | + | + | N=20 |
| 6. | Županja stepenica | 62.891 km ² | N=28 | + | + |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Napomena: znak + govori nam da postaja ima svih 30 podataka za navedeni period.

Istraživanje je provedeno usporedbom tri standardna tridesetogodišnja razdoblja (u daljnjem tekstu: starije, srednje i novije razdoblje) po uzoru na prijašnja istraživanja i klimatske standardne periode. Analiza promjene obavljena je usporedbom vrijednosti protoka mjesečnih srednjih minimuma i maksimuma, godišnjih srednjaka i varijacija godišnjih doba statističkim pokazateljima (linearnim trendom, medijanom, koeficijentom varijacije). U radu su dane i godišnje amplitude protoka kao razlike između (srednjih) minimuma i maksimuma. Za analizu režima rijeke Save u Hrvatskoj na odabranim stanicama korišteni su Pardéovi modulni koeficijenti dobiveni na temelju srednjih godišnjih i mjesečnih vrijednosti protoka. Za analizu i obradu podataka korišteni su programi *Excel* iz paketa *Microsoft Officea* te njegovo proširenje *XLSTAT*. Stanice Rugvica, Jasenovac i Županja često su uzete u analize istraživačkih radova o zadanoj temi. Razlog tomu je dug i homogen niz podataka koji se smatra relevantnim unatoč promjenama u instrumentariju, hidrotehničkim zahvatima i sl. Promjene koje bi mogle utjecati na rezultate opisane su u historijatima mjernih stanica. Proveden je Pettittov test na homogenost nizova godišnjih minimuma i maksimuma odabranih stanica. Promjenu na stanici Zagreb 2018. godine nije moguće ispitati zbog kratkog niza poslije promjene (2018. – 2020.). Rugvica, Jasenovac i Županja kao što je navedeno imaju

homogene nizove podataka, kao i Stara Gradiška i Slavonski Brod. Promjene u protocima i podaci o zabilježenim klimatološkim promjenama na prostoru Slovenije i Bosne i Hercegovine preuzeti su iz literature. Analiza ima naglasak na promjenama minimuma i maksimuma, dok su izračuni o promjenama srednjaka protoka u kraćim crtama navedeni i uspoređeni sa zaključcima iz literature.

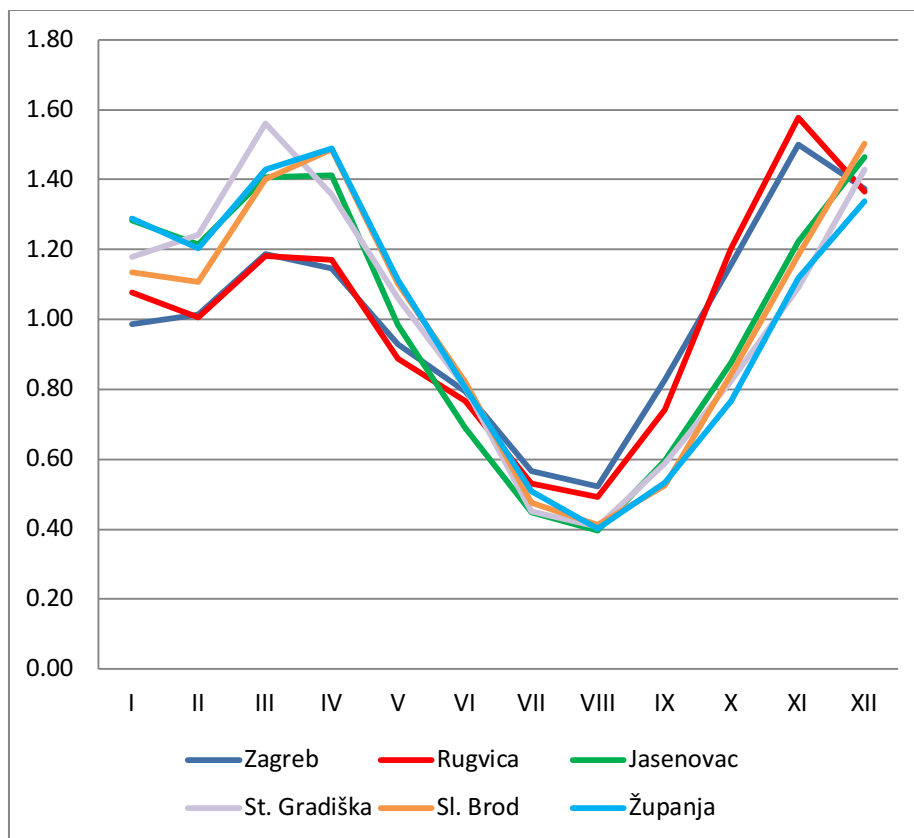
2. Analiza promjena minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj

2.1. Suvremeni protočni režimi na odabranim stanicama

U ovome su potpoglavlju prikazani suvremeni protočni režimi Save na odabranim stanicama (sl. 2 i tab. 2). Drugi aspekt protočnih režima odabranih stanica jesu promjene režima na istoj stanici gdje se uspoređuje režim za različita tridesetogodišnja razdoblja. Potonji aspekt bit će analiziran u poglavlju 2.5. *Promjene modulnih koeficijenata*.

Prema zadnjoj tipologiji protočnih režima regije, Sava kod Zagreba pripada peripanonskom kišno-snježnom režimu (Čanjevac, 2012a), kao i Sava kod Rugvice (Orešić i dr., 2017). Zaključak je da režim prelazi u panonski kišno-snježni režim u blizini stanice Jasenovac koja je uzvodno od ušća Une, a zbog utjecaja rijeke Kupe kao prve od mnogih velikih desnih pritoka iz dinarskog područja. Između ušća Kupe (uzvodno od stanice Jasenovac) i ušća Une (nizvodno od stanice) tranzicijski je segment rijeke Save (Orešić i dr., 2017; Čanjevac, 2013). Od ušća rijeke Une režim protoka u potpunosti je panonski kišno-snježni (Orešić i dr., 2017).

Na slici 2 i u tablici 2 su Pardéovi modulni koeficijenti za suvremeno razdoblje 1991. – 2020. dobiveni na temelju srednjih mjesečnih vrijednosti protoka (za mjesečni protok jednak godišnjem prosjeku modulni koeficijent iznosi 1,00). Važno je napomenuti zbog utjecaja na krajnji rezultat da jedino Županja ima svih 30 podataka za navedeno razdoblje, dok Zagreb ima 27, Rugvica 19, Jasenovac 25, Stara Gradiška 16 i Slavonski Brod 20 (tab. 1).



Sl. 2. Modulni koeficijenti odabranih stanica za suvremeno razdoblje 1991. – 2020. godine

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

U tablici 2 su primarni i sekundarni minimumi i maksimumi posebno istaknuti. Zajedničko svim stanicama jest izraziti primarni minimum u kolovozu (od 0,40 do 0,52). Peripanonski kišno-snježni režim u Zagrebu i Rugvici složeni je režim s po dva minimuma i maksimuma tijekom godine (Čanjevac, 2012a). Navedeni primarni minimum u kolovozu veći je na uzvodnim stanicama Zagreb i Rugvica nego u nizvodnim. Zagreb sekundarni minimum ima u siječnju, dok Rugvica u veljači. Sekundarni su minimumi i u ostalih stanica u siječnju i veljači, ali većega koeficijenta.

Primarni maksimumi u Zagrebu i Rugvici javljaju se u studenome (izraženi), a kod nizvodnih stanica u prosincu ili u proljeće. Modulni koeficijenti tijekom čitavog proljeća i proljetni maksimumi na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja izrazito su veći od onih u Zagrebu i Rugvici, a također i razlika između travnja i svibnja. Protok je u studenom od Jasenovca do Županje manji u odnosu na Zagreb i Rugvicu te imaju veću razliku studeni-prosinac. Modulni koeficijenti za ožujak i travanj su približnih vrijednosti (pogotovo u Rugvici i Jasenovcu). Kada je primarni maksimum nizvodnih stanica u prosincu, manja je razlika između primarnih i sekundarnih maksimuma.

Iznadprosječne vrijednosti u Zagrebu javljaju se od veljače do travnja i od listopada do prosinca. U Rugvici u jednome nizu: od listopada do travnja. Nadalje, u Jasenovcu su iznadprosječne vrijednosti od studenog do travnja, dok su na ostalim stanicama od studenog do svibnja. Možemo uvidjeti razliku u režimu rijeke kod Zagreba i Rugvice u odnosu na nizvodne stanice. Glavna karakteristika koja razlikuje panonski kišno-snježni režim od peripanonskoga je primarni maksimum u proljeće s redovito jako izraženim koeficijentima u travnju (od 1,5 do 2), a sekundarni maksimum je u prosincu (Orešić i dr., 2017). Podaci u tablici 2 pokazuju da jedina stanica koja u suvremenome razdoblju u potpunosti odgovara potonjemu režimu je stanica Županja, a što bi mogla biti posljedica nepotpunih podataka za stanice Stara Gradiška i Slavonski Brod.

Tab. 2. Modulni koeficijenti odabranih stanica za suvremeno razdoblje 1991. – 2020. godine

| STANICA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|-------------|-------------|
| Zagreb | 0,99 | 1,01 | 1,19 | 1,14 | 0,93 | 0,79 | 0,57 | 0,52 | 0,83 | 1,16 | 1,50 | 1,37 |
| Rugvica | 1,08 | 1,01 | 1,18 | 1,17 | 0,89 | 0,77 | 0,53 | 0,49 | 0,74 | 1,20 | 1,58 | 1,36 |
| Jasenovac | 1,28 | 1,21 | 1,41 | 1,41 | 0,99 | 0,69 | 0,45 | 0,40 | 0,60 | 0,88 | 1,22 | 1,46 |
| St. Gradiška | 1,18 | 1,24 | 1,56 | 1,36 | 1,06 | 0,81 | 0,45 | 0,41 | 0,59 | 0,82 | 1,09 | 1,43 |
| Sl. Brod | 1,14 | 1,11 | 1,40 | 1,49 | 1,10 | 0,82 | 0,48 | 0,41 | 0,52 | 0,84 | 1,18 | 1,50 |
| Županja | 1,29 | 1,20 | 1,43 | 1,49 | 1,11 | 0,81 | 0,51 | 0,40 | 0,53 | 0,77 | 1,12 | 1,34 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

2.2. Promjene minimalnih i maksimalnih protoka te godišnjih amplituda

Za početak analize promjena minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj podaci za odabrane stanice podijeljeni su na tridesetogodišnja razdoblja te su izračunati različiti statistički pokazatelji (prosječne godišnje stope promjene, medijani, koeficijenti varijacije). Na slikama 3 i 4 su godišnji minimumi i maksimumi protoka odabranih stanica za razdoblje 1931. – 2020. godine s njihovim linearnim trendovima. Linearni (linijski) trend je trend koji ima oblik pravca, a koji označava tendenciju kretanja pojave u promatranome razdoblju. Promatrana pojava s vremenom se povećava ili smanjuje za približno isti apsolutni iznos (Šošić, 2009). Jednadžbu linijskog trenda $Q = b \times t + a$ čine koeficijent smjera pravca (b) koji nam ukazuje je li se protok u promatranom razdoblju prosječno godišnje povećavao ili smanjivao i apsolutnu vrijednost promjene, varijabla t iznosi 0 u ishodišnoj 1931. godini te

je jedinica za nju 1 godina, a varijabla a predstavlja očekivanu vrijednost protoka u ishodišnoj 1931. godini.

Linearni trendovi maksimuma i minimuma prve četiri postaje ukazuju na rast maksimuma i pad minimuma, dok Slavonski Brod i Županja bilježe padove minimuma i maksimuma (sl. 3 i 4). Pad minimuma na stanicama Zagreb i Rugvica veći je od onih u Jasenovcu i Staroj Gradiški što možemo vidjeti po prosječnoj godišnjoj stopi promjene (varijabla b podijeljena s prosječnim godišnjim vrijednostima) u tablici 3, a padovi su po 0,33 % (ili u 90 razmatranih godina oko 26 %). Rast maksimuma najveći je na stanici Rugvica (0,22 %) što znači da je na toj stanici amplituda između minimuma i maksimuma najveća. O amplitudama ćemo nešto kasnije u ovome poglavlju. Slavonski Brod i Županja bilježe minimalne padove maksimuma od 0,02 i 0,06 %, a padovi minimuma su 0,15 i 0,13 %.

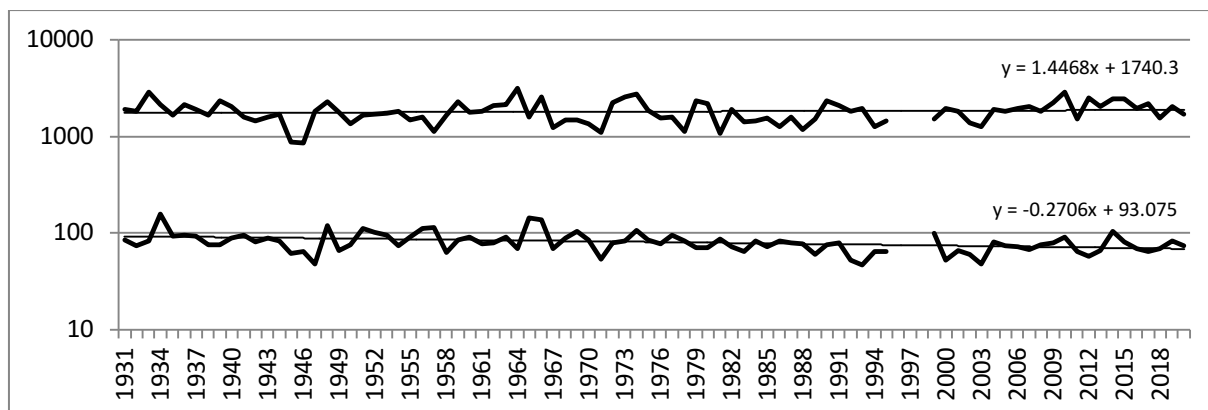
Medijan nekoga niza podataka manje je osjetljiv na ekstremne vrijednosti od aritmetičke sredine pa je pogodniji za analizu protoka. Medijan maksimuma stanice Zagreb za cijeli promatrani period iznosi 1798, Rugvice 1476, Jasenovca 1990, Stare Gradiške 1920, Slavonskoga Broda 2460 te Županje 2862 m³/s. Primjetan je pad medijana u Rugvici u odnosu na Zagreb od 17,9 %. Vrijednosti medijana minimuma stanica rastu kako idemo nizvodno: medijan Zagreba je 79, Rugvice 84, Jasenovca 169, Stare Gradiške 172, Slavonskoga Broda 231 te Županje 275 m³/s. Usporedimo li medijane s aritmetičkim sredinama za iste podatke, ne nalazimo veće razlike u rezultatima. Zaključak je da ekstremne vrijednosti nemaju izraženi utjecaj na podatke prikazane slikama 3 i 4.

Dijeljenjem aritmetičke sredine sa standardnom devijacijom dobiva se koeficijent varijacije koji nam govori kolika su međugodišnja odstupanja podataka od aritmetičke sredine. Varijabilnost veća od 30 % smatra se velikom, a što je vrijednost koeficijenta varijacije niža, to je procjena preciznija (Košutić, 2020). Ustanovljeno je da na stanici Zagreb koeficijent varijacije za maksimume iznosi 25 % te da ima razlike u međugodišnjim odstupanjima od aritmetičke sredine u tri razdoblja (srednje 30 % ; novije 20 %). Na stanici Rugvica koeficijent za maksimume također je 25 %, no odstupanja su slična u trima razdobljima. Ostale stanice imaju manja odstupanja, od 14 do 18 %. Stanica Jasenovac ima najveću razliku između razdoblja. Starije razdoblje (1931. – 1960.) ima niska odstupanja od 6 %, srednje razdoblje 14 % te novije 18 %.

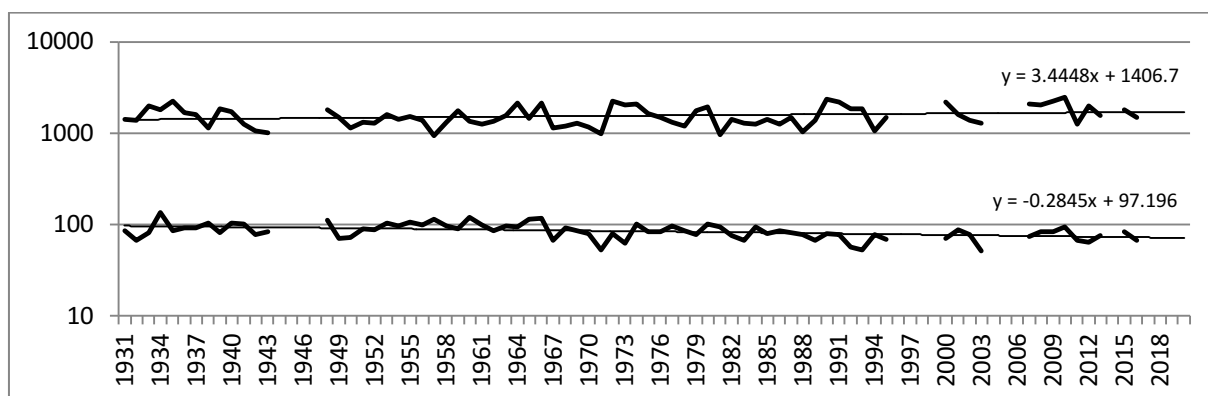
Najmanja odstupanja od aritmetičke sredine kod minimuma ima stanica Rugvica s 19 %, dok ostale stanice imaju od 24 do 27 %. Zagreb i Rugvica imaju slične iznose za tri razdoblja, dok su kod ostalih stanica razlike velike. Jasenovac u srednjem razdoblju ima odstupanja od 19 %, a u novijem 29 %. Stara Gradiška također u srednjem ima 16 %, a u

novijem velikih 38 %. Slavonski Brod u srednjem ima 17, u novijem 31 %, dok je kod Županje razlika najveća između starijeg s 33 % i srednjeg sa 16 %.

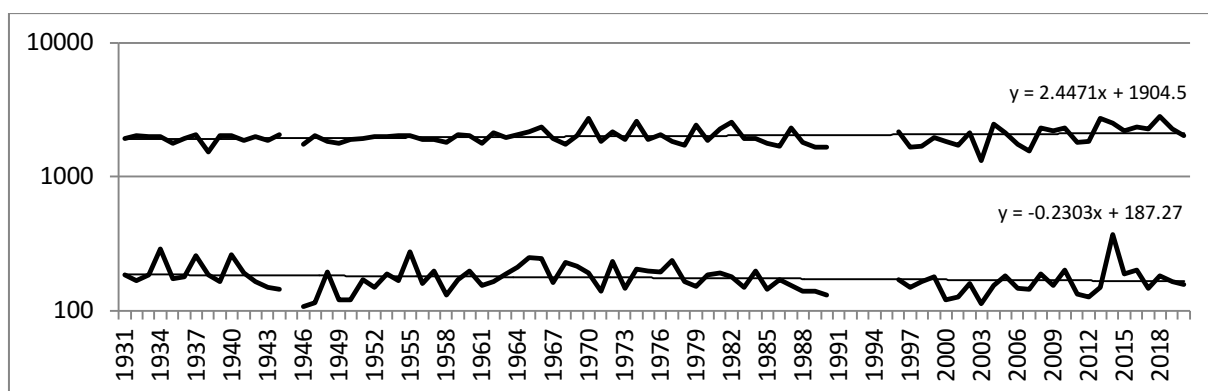
Zagreb



Rugvica



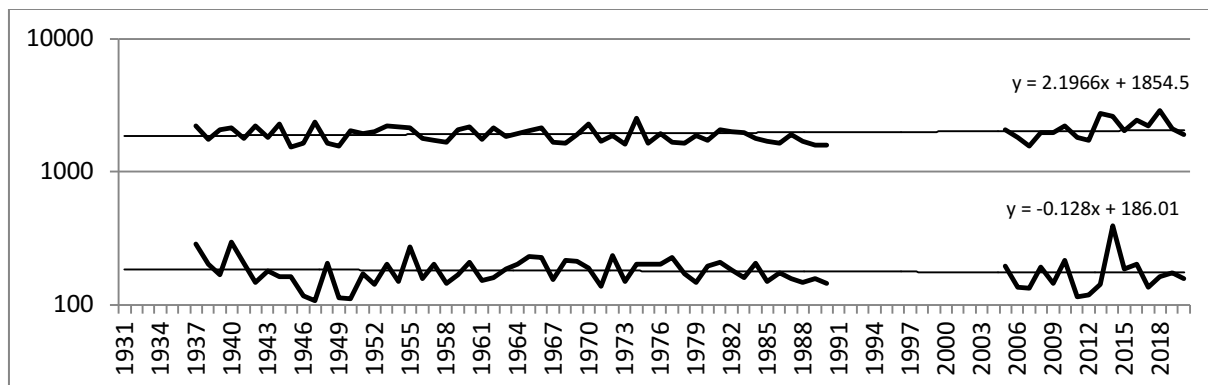
Jasenovac



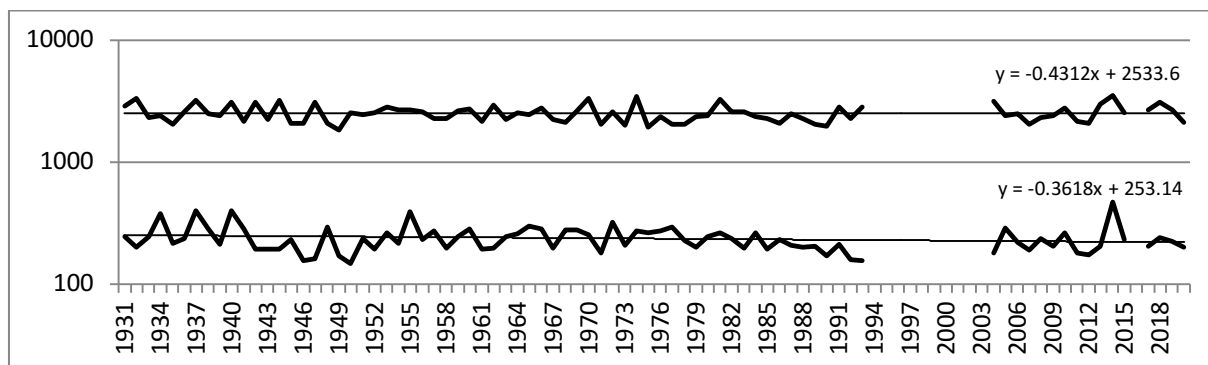
Sl. 3. Godišnji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Zagreb, Rugvica i Jasenovac 1931. – 2020. godine

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

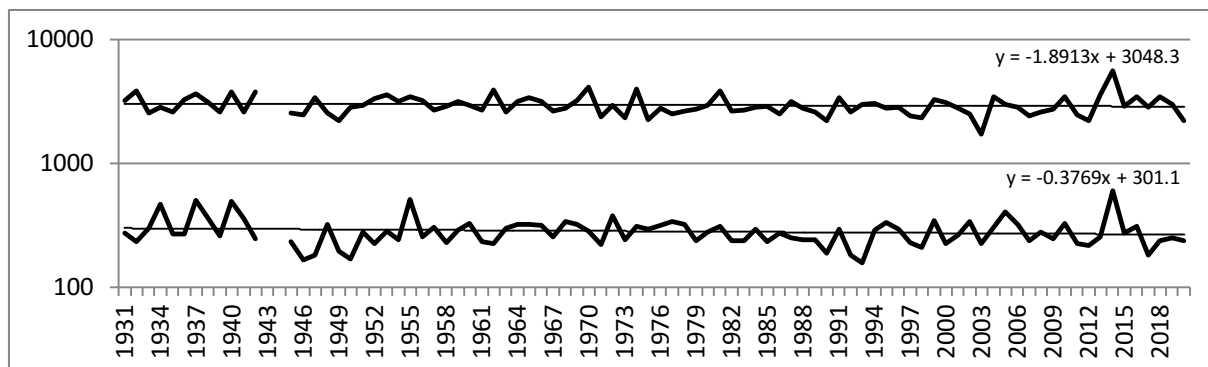
Stara Gradiška



Slavonski Brod



Županja stepenica



Sl. 4. Godišnji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. godine

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Gotovo sve postaje bilježe negativne prosječne godišnje stope promjene maksimuma i minimuma u razdoblju 1931. – 1960. (tab. 3). U razdoblju 1961. – 1990. sve postaje bilježe negativne stope, a 1991. – 2020. pozitivne stope. Najveći utjecaj na pozitivne stope promjene maksimuma Zagreba, Rugvice, Jasenovca i Stare Gradiške ima novije razdoblje (do 1,7 %).

Tab. 3. Prosječne godišnje stope promjene minimuma i maksimuma protoka na odabranim stanicama 1931. – 2020. te po tridesetogodišnjim razdobljima

| | S _{max} (%) | S _{min} (%) | S _{max} 1931.-1960. (%) | S _{min} 1931.-1960. (%) | S _{max} 1961.-1990. (%) | S _{min} 1961.-1990. (%) | S _{max} 1991.-2020. (%) | S _{min} 1991.-2020. (%) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Zagreb | 0,08 | -0,33 | -0,88 | -0,10 | -1,03 | -0,96 | 0,83 | 0,72 |
| Rugvica | 0,22 | -0,33 | -0,82 | 0,43 | -0,17 | -0,67 | 0,18 | 0,60 |
| Jasenovac | 0,12 | -0,13 | 0,05 | -0,63 | -0,35 | -1,04 | 1,27 | 1,08 |
| St. Gradiška | 0,11 | -0,07 | -0,09 | -0,86 | -0,46 | -0,61 | 1,70 | 0,73 |
| Sl. Brod | -0,02 | -0,15 | -0,25 | -0,41 | -0,38 | -0,62 | 0,03 | 1,06 |
| Županja | -0,06 | -0,13 | -0,12 | -0,66 | -0,58 | -0,65 | 0,43 | 0,34 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

U tablici 4 uspoređujemo promjene medijana između tridesetogodišnjih razdoblja gdje su vrijednosti godišnjeg maksimuma: VQ_1 za razdoblje od 1931. do 1960., VQ_2 od 1961. do 1990. i VQ_3 od 1991. do 2020. Isto vrijedi i za vrijednosti godišnjih minimuma NQ . Od 1931. do 1960. medijani maksimuma veći su od onih u razdoblju od 1961. do 1990. Novije razdoblje ima uglavnom najveći medijan maksimalnih protoka. Kod Zagreba i Rugvice postotci razlike su veliki (do 29,5 %), u Jasenovcu i Staroj Gradiški nešto manji, Slavonski Brod ima jednako novije i starije razdoblje, a Županja ima manji medijan u novijem razdoblju od starijeg. Kod minimuma, medijani 1991. – 2020. manji su od ostalih razdoblja (od 4,2 do 20,6 %). Razlika između perioda 1931. – 1960. i 1961. – 1990. u Zagrebu i Rugvici ide u smjeru većeg starijeg razdoblja, a na ostalim stanicama srednjeg razdoblja. Zaključno, najveće razlike se nalaze u računu s razdobljem 1991. – 2020. godine.

Usporedimo li promjene medijana s promjenama aritmetičkih sredina za tridesetogodišnja razdoblja (tab. 4 i 5), zaključak je da su ekstremi kod maksimuma izraženi na prve tri stanice (podebljani postotci u tab. 5). Ekstremi maksimuma u Staroj Gradiški izraženi su samo u jednome stupcu. Za minimume, ekstremi su izraženi na zadnje tri stanice.

Tab. 4. Promjena medijana godišnjih minimuma i maksimuma između tridesetogodišnjih razdoblja na odabranim postajama

| | VQ ₂ – VQ ₁ (%) | NQ ₂ – NQ ₁ (%) | VQ ₃ – VQ ₁ (%) | NQ ₃ – NQ ₁ (%) | VQ ₃ – VQ ₂ (%) | NQ ₃ – NQ ₂ (%) |
|--------------|--|--|--|--|--|--|
| Zagreb | -8,0 | -8,3 | 11,8 | -20,6 | 21,5 | -13,4 |
| Rugvica | -1,6 | -7,2 | 27,4 | -17,4 | 29,5 | -11,0 |
| Jasenovac | -2,0 | 6,7 | 7,8 | -7,6 | 10,0 | -13,4 |
| St. Gradiška | -10,1 | 9,2 | 2,3 | -4,2 | 13,8 | -12,2 |
| Sl. Brod | -6,7 | 3,6 | 0,0 | -12,0 | 7,2 | -15,1 |
| Županja | -7,6 | 4,2 | -5,1 | -4,8 | 2,7 | -8,6 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Tab. 5. Promjena aritmetičkih sredina godišnjih minimuma i maksimuma između tridesetogodišnjih razdoblja na odabranim postajama

| | VQ ₂ – VQ ₁ (%) | NQ ₂ – NQ ₁ (%) | VQ ₃ – VQ ₁ (%) | NQ ₃ – NQ ₁ (%) | VQ ₃ – VQ ₂ (%) | NQ ₃ – NQ ₂ (%) |
|--------------|--|--|--|--|--|--|
| Zagreb | 1,5 | -5,1 | 8,6 | -19,9 | 7,1 | -15,6 |
| Rugvica | 3,9 | -8,1 | 19,8 | -21,1 | 15,3 | -14,1 |
| Jasenovac | 4,8 | 2,2 | 7,4 | -6,2 | 2,5 | -8,2 |
| St. Gradiška | -5,3 | 2,0 | 9,0 | -1,7 | 15,0 | -3,8 |
| Sl. Brod | -5,5 | -3,3 | 1,0 | -9,3 | 7,0 | -6,3 |
| Županja | -4,3 | -5,4 | -3,6 | -6,4 | 1,0 | -1,1 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

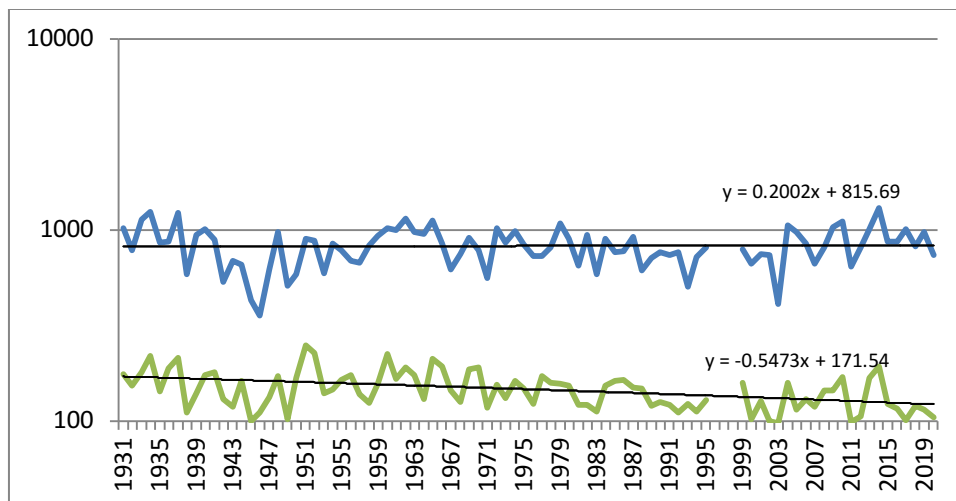
Na slikama 5 i 6 prikazani su godišnji srednji maksimumi i minimumi. Linearni trendovi srednjih maksimuma i minimuma te stope promjene (tab. 6) ukazuju uglavnom na padajuće trendove. Jedini rastući trendovi su srednji maksimumi Zagreba (prosječna stopa promjene je 0,02 % ili u 90 godina 2,20 %) i Stare Gradiške (0,06 % ili u 90 godina 5,30 %). Srednji maksimumi padaju od 0,05 % u Slavonskom Brodu do 0,11 % u Županji. Srednji minimumi su u padu od 0,27 % u Staroj Gradiški do 0,43 % u Jasenovcu.

Srednji maksimumi i minimumi u prva dva tridesetogodišnja razdoblja imaju padajuće stope promjene. Najveće padove maksimuma bilježi stanica Zagreb (-0,88 % u oba), a padovi su veći 1961. – 1990. (od 0,32 u Rugvici, 0,80 u Županji do navedenih 0,88 % u Zagrebu). Najmanji pad minimuma u tom razdoblju ima Zagreb i padovi su veći 1961. – 1990. (od -0,52 u Rugvici do -1,09 % u Županji).

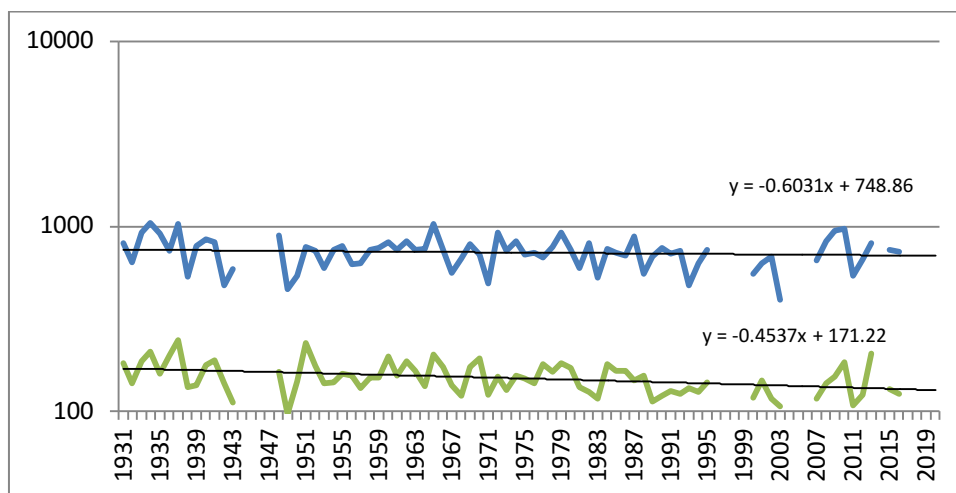
Posljednje tridesetogodišnje razdoblje uglavnom ima rastuće stope promjene. Najviše stope ima Jasenovac (srednji maksimum 0,98 i minimum visokih 2,01 %). Najniže stope ima Županja, pad srednjeg maksimuma za 0,07 % i rast srednjeg minimuma za 0,04 %. Medijan srednjeg maksimuma stanice Zagreb iznosi 824, Rugvice 741, Jasenovca 1198, Stare Gradiške 1176, Slavenskoga Broda 1472 te Županje 1709 m³/s. Ponovo je primjetan pad medijana u Rugvici u odnosu na Zagreb od 10 %. Vrijednosti medijana srednjih minimuma stanica rastu kako idemo nizvodno: medijan Zagreba je 145, Rugvice 147, Jasenovca 405, Stare Gradiške 438, Slavenskoga Broda 569 te Županje 689 m³/s. Usporedimo li medijane s aritmetičkim sredinama za iste podatke, nećemo naići na veće razlike u rezultatima. Zaključak je da ekstremne vrijednosti nemaju izraženi utjecaj na podatke prikazane slikama 5 i 6.

U vezi koeficijenta varijacije, odstupanja od aritmetičke sredine srednjih maksimuma su od 18 % na nizvodnim postajama do 23 % u Zagrebu. Najmanja odstupanja srednjih maksimuma su 1961. – 1990. (od 13 % u Staroj Gradiški do 19 % u Zagrebu). S druge strane, koeficijenti srednjih minimuma iznose od 20 % u Rugvici do 30 % u Jasenovcu te nizvodnije stanice imaju viša odstupanja (u svim periodima). Najveću razliku između razdoblja imaju Jasenovac (srednje 21, novije 35 %) i Stara Gradiška (srednje 22, novije 33 %). Najmanja odstupanja su 1961. – 1990. kao i kod maksimuma (od 16 % u Rugvici do 22 % u nizvodnim stanicama).

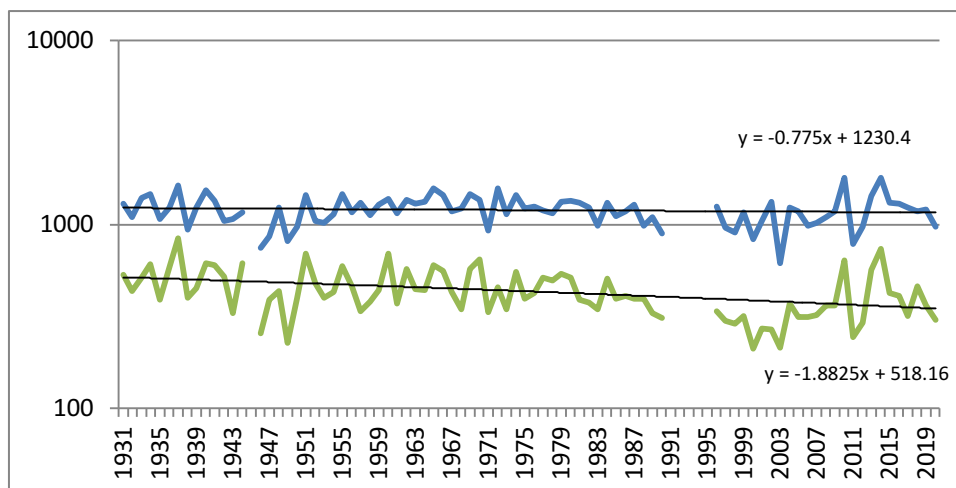
Zagreb



Rugvica



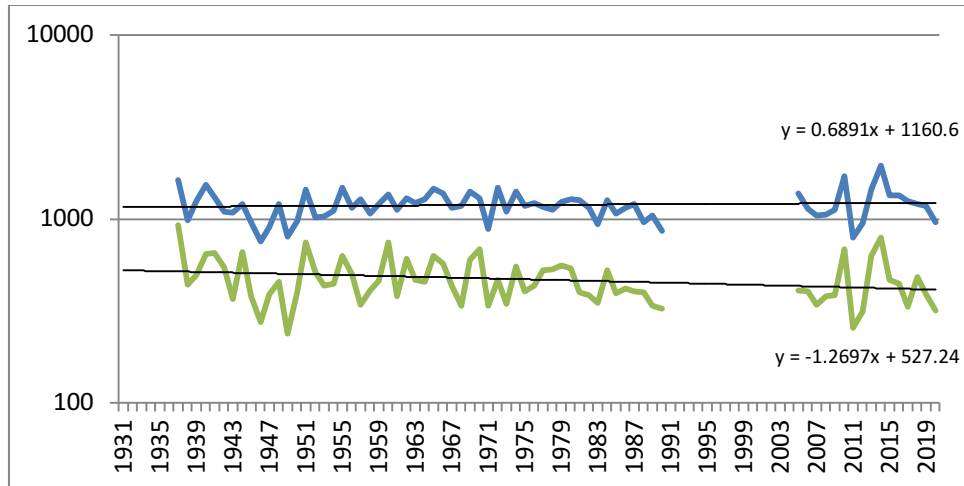
Jasenovac



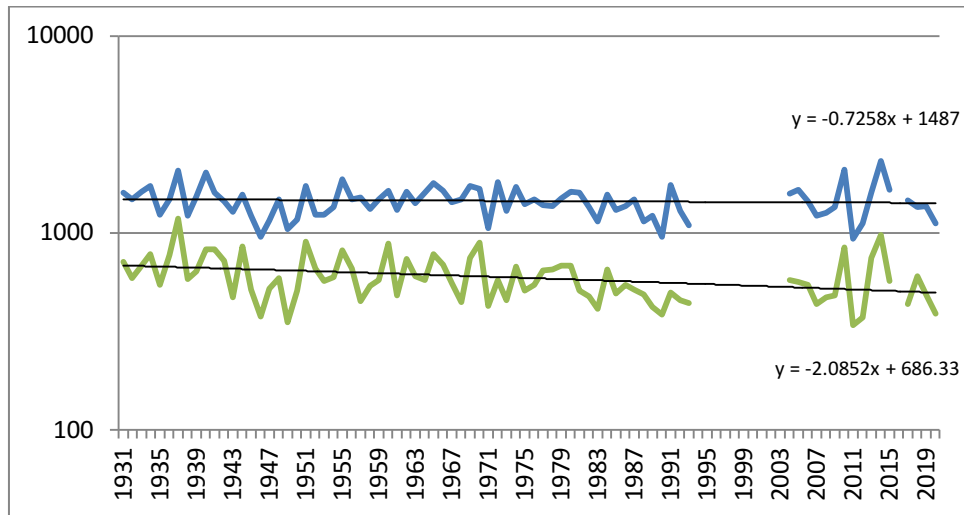
Sl. 5. Godišnji srednji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Zagreb, Rugvica i Jasenovac 1931. – 2020. godine

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

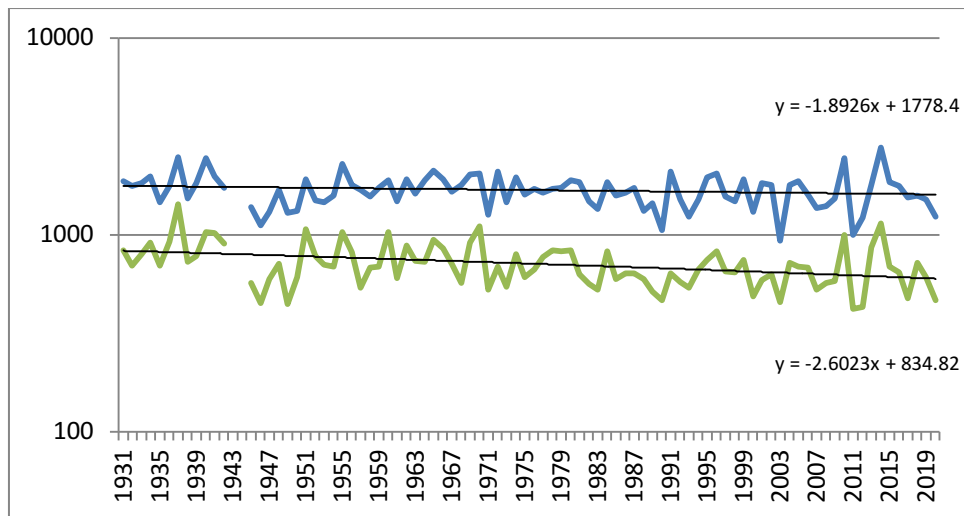
St. Gradiška



Sl. Brod



Županja stepenica



Sl. 6. Godišnji srednji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. godine

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Tab. 6. Prosječne godišnje stope promjene srednjih minimuma i maksimuma protoka na odabranim stanicama 1931. – 2020. te po tridesetogodišnjim razdobljima

| | S _{max} (%) | S _{min} (%) | S _{max} 1931.-1960. (%) | S _{min} 1931.-1960. (%) | S _{max} 1961.-1990. (%) | S _{min} 1961.-1990. (%) | S _{max} 1991.-2020. (%) | S _{min} 1991.-2020. (%) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Zagreb | 0,02 | -0,37 | -0,88 | -0,06 | -0,88 | -0,88 | 1,17 | 0,16 |
| Rugvica | -0,08 | -0,30 | -0,69 | -0,51 | -0,32 | -0,52 | 0,84 | 0,55 |
| Jasenovac | -0,06 | -0,43 | -0,24 | -0,60 | -0,74 | -0,94 | 0,98 | 2,01 |
| St. Gradiška | 0,06 | -0,27 | -0,18 | -0,84 | -0,73 | -0,98 | 0,20 | 0,28 |
| Sl. Brod | -0,05 | -0,35 | -0,38 | -0,62 | -0,79 | -1,05 | 0,10 | 0,51 |
| Županja | -0,11 | -0,36 | -0,44 | -0,62 | -0,80 | -1,09 | -0,07 | 0,04 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

U tablici 7 su prikazane promjene medijana između tridesetogodišnjih razdoblja. Medijani srednjih godišnjih minimuma smanjuju se kako idemo prema novijim razdobljima. Tako su razlike između starijeg i novijeg razdoblja od 13,3 % u Staroj Gradiški do velikih 29 % u Jasenovcu. Medijani srednjih maksimuma u Zagrebu i Rugvici padaju u novijem razdoblju nakon što su stagnerali (4 do 5 %), u Jasenovcu pada u novijem razdoblju za 5,4 %, u Staroj Gradiški raste u srednjem razdoblju za 6 % pa stagnira, dok u Slavonskom Brodu i Županji medijan pada (za 7,8 i 8,8 %). Usporedbom promjene medijana s promjenama aritmetičkih sredina za tridesetogodišnja razdoblja, zaključak je da ekstremi nemaju izražen utjecaj na podatke.

Tab. 7. Promjena medijana srednjih godišnjih minimuma i maksimuma između tridesetogodišnjih razdoblja na odabranim postajama

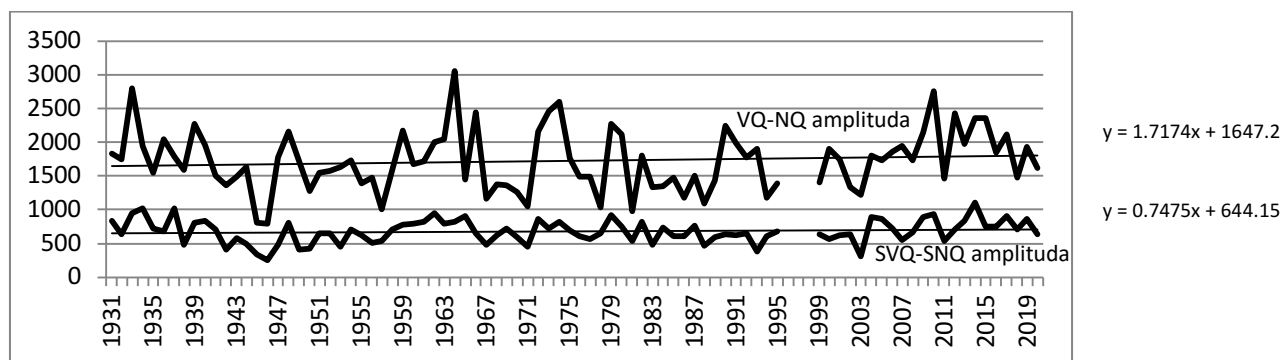
| | VQ ₂ – VQ ₁ (%) | NQ ₂ – NQ ₁ (%) | VQ ₃ – VQ ₁ (%) | NQ ₃ – NQ ₁ (%) | VQ ₃ – VQ ₂ (%) | NQ ₃ – NQ ₂ (%) |
|--------------|--|--|--|--|--|--|
| Zagreb | 0,0 | -4,0 | -4,0 | -25,0 | -4,0 | -22,0 |
| Rugvica | 0,0 | 0,0 | -5,0 | -19,0 | -5,0 | -19,0 |
| Jasenovac | 7,2 | -4,5 | 1,4 | -29,0 | -5,4 | -25,7 |
| St. Gradiška | 6,0 | -5,2 | 5,9 | -13,3 | 0,0 | -8,5 |
| Sl. Brod | -1,8 | -10,2 | -7,8 | -21,2 | -6,1 | -12,3 |
| Županja | -0,1 | -10,3 | -8,8 | -15,4 | -8,4 | -5,7 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Na slikama 7-9 su amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te amplitude godišnjih srednjih minimuma i maksimuma. Njihove godišnje stope promjene su u tablici 8. Uočavamo rast amplituda na prve četiri stanice (od 0,1 % u Zagrebu do 0,23 % u Rugvici) te neznatni pad u Slavonskom Brodu i blagi pad u Županji (0,06 %). Razdoblje 1991. – 2020. ima najveći utjecaj na rast amplituda (rast do velikih 1,79 % u Staroj Gradiški). Rast u tom razdoblju ima i Županja (0,44 %). Rastuće brojke podebljane su u tablici kao nepoželjan scenarij.

Podaci amplituda godišnjih srednjih minimuma i maksimuma (SVQ-SNQ) daju nam nešto nepovoljnije rezultate. Jedino Rugvica ima vrlo blagi pad amplitude od 0,03 %, a ostale stanice imaju rastuće stope od 0,07 % u Županji do 0,27 % u Staroj Gradiški. Opet najveći utjecaj na rast amplituda ima novije razdoblje kada su stope najlošije u Zagrebu s velikih 1,35 %, nizvodno Rugvica ima 0,91, Jasenovac 0,51 i Stara Gradiška 0,15 %, a trend se završava s manjim padom amplituda u Slavonskom Brodu i Županji od 0,15 %. U srednjem razdoblju sve stanice bilježe pad amplitude (od 0,27 do 0,88 %). Zagreb u starijem i srednjem razdoblju ima padove od 1,09 i 0,88 %, što su najveći padovi. Jasenovac stagnira u starijem i pada u srednjem. Na stanici Stara Gradiška raste u starijem i pada u srednjem, a u Slavonskom Brodu i Županji pada u oba razdoblja uz najveću njihovu stopu od 0,60 %.

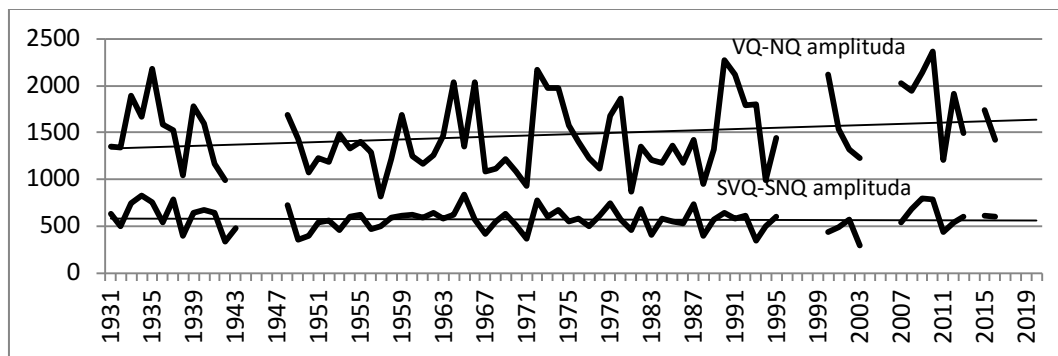
Zagreb



Sl. 7. Amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te godišnjih srednjih minimuma i maksimuma stanice Zagreb 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

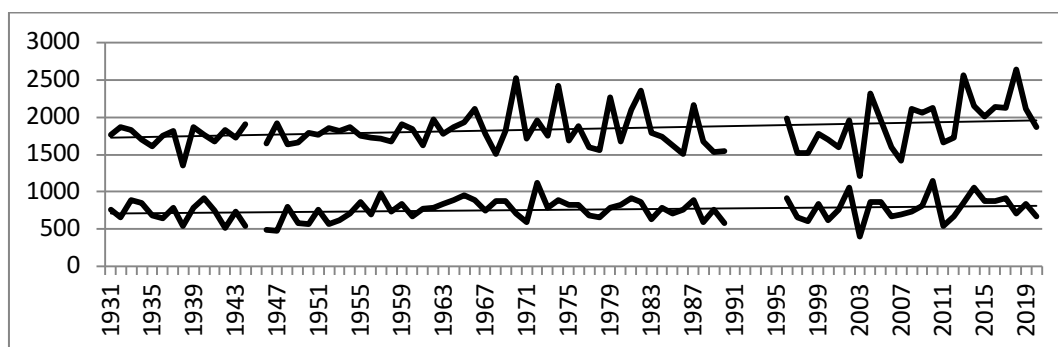
Rugvica



$$y = 3.4472x + 1327$$

$$y = -0.1494x + 577.64$$

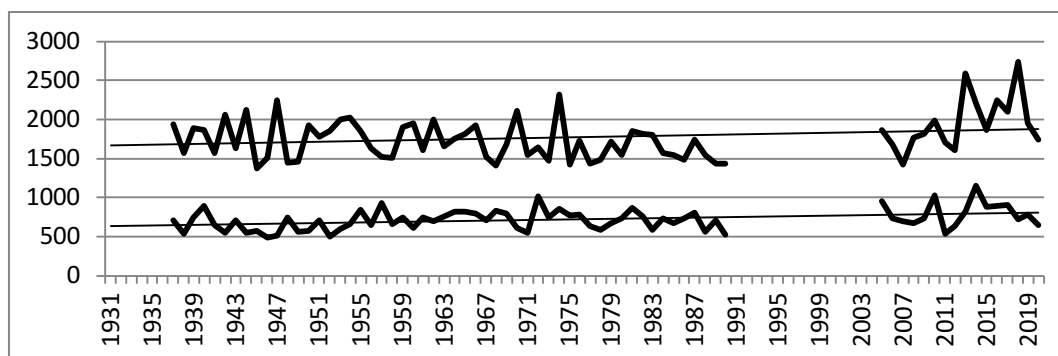
Jasenovac



$$y = 2.6774x + 1717.2$$

$$y = 1.1076x + 712.19$$

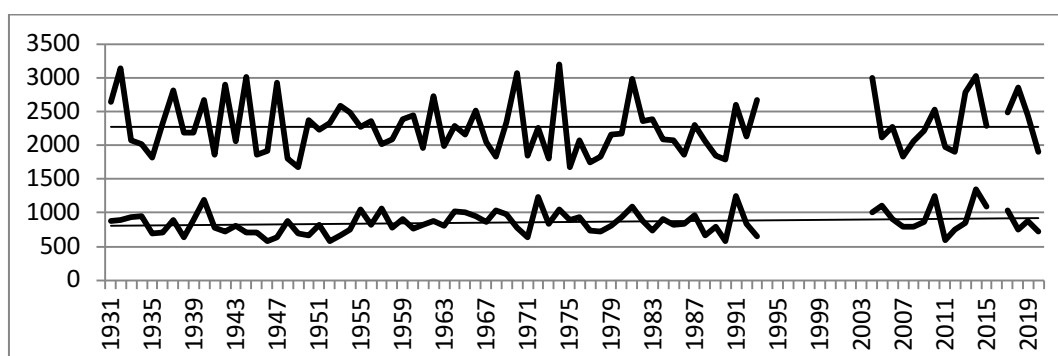
Stara Gradiška



$$y = 2.3246x + 1668.5$$

$$y = 1.9588x + 633.37$$

Slavonski Brod



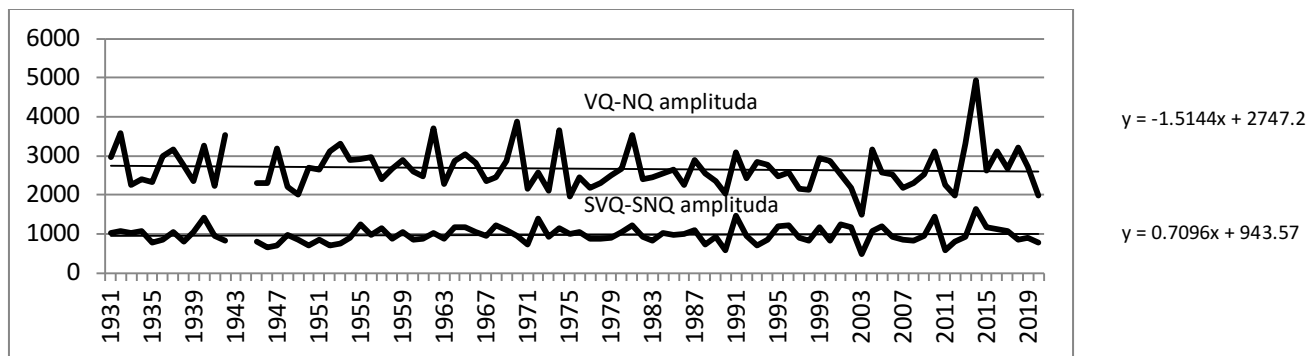
$$y = -0.0694x + 2280.5$$

$$y = 1.3595x + 800.62$$

Sl. 8. Amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te godišnjih srednjih minimuma i maksimuma stanica Rugvica, Jasenovac, Stara Gradiška i Slavonski Brod 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Županja stepenica



Sl. 9. Amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te godišnjih srednjih minimuma i maksimuma stanice Županja stepenica 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Tab. 8. Promjene godišnjih amplituda protoka Save na odabranim stanicama 1931. - 2020.

| stanica | VQ-NQ god. promjena (%) | SVQ- SNQ god. promjena (%) | VQ-NQ 1931.–1960. (%) | SVQ-SNQ 1931.–1960. (%) | VQ-NQ 1961. – 1990. (%) | SVQ-SNQ 1961. – 1990. (%) | VQ-NQ 1991. – 2020. (%) | SVQ-SNQ 1991. – 2020. (%) |
|-----------------|----------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Zagreb | 0,10 | 0,11 | -0,92 | -1,09 | -1,04 | -0,88 | 0,84 | 1,35 |
| Rugvica | 0,23 | -0,03 | -0,93 | -0,75 | -0,14 | -0,27 | 0,16 | 0,91 |
| Jasenovac | 0,15 | 0,15 | 0,12 | 0,00 | -0,28 | -0,63 | 1,29 | 0,51 |
| St. Gradiška | 0,13 | 0,27 | 0,00 | 0,33 | -0,44 | -0,57 | 1,79 | 0,15 |
| Sl. Brod | -0,003 | 0,16 | -0,23 | -0,18 | -0,35 | -0,61 | -0,06 | -0,14 |
| Županja | -0,06 | 0,07 | -0,06 | -0,28 | -0,57 | -0,60 | 0,44 | -0,15 |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Napomena: Rastuće brojke podebljane su u tablici kao nepoželjan scenarij.

2.3. Promjene minimalnih i maksimalnih protoka prema godišnjim dobima

Za promjene protoka bitne su njegove sezonske varijacije u nekom vremenskom periodu jer nam daju detaljniji uvid u vrijednosti protoka u godišnjemu hodu. U radu su kao uobičajena praksa za proljeće uzeti mjesec ožujak, travanj i svibanj; za ljeto lipanj, srpanj i kolovoz; za jesen rujanj, listopad i studeni; te za zimu prosinac, siječanj i veljača iste godine. Promjene promatramo na temelju srednjih vrijednosti minimuma i maksimuma. Točke na dijagramima dobivene su kao srednja vrijednost protoka triju proljetnih mjeseci, a ne kao zbroj. Tako je učinjeno za sva godišnja doba.

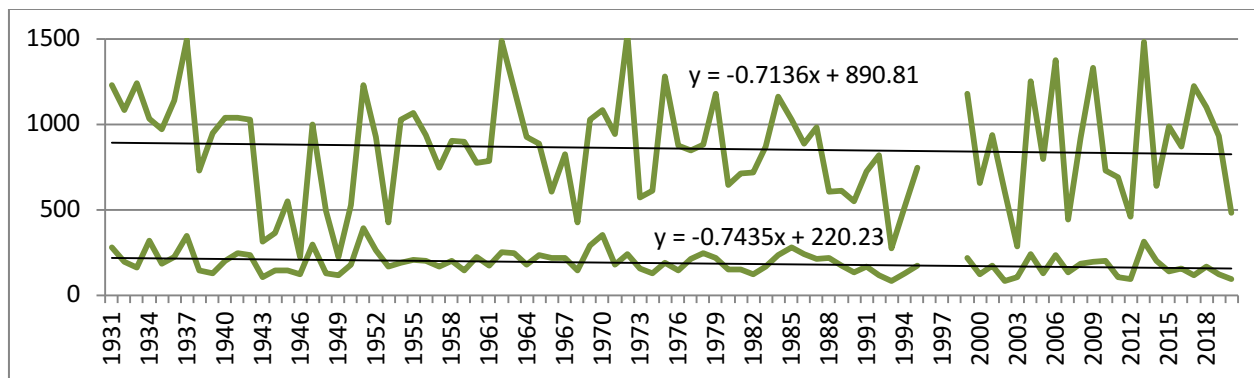
2.3.1. Proljeće

Medijani minimuma proljeća najmanji su 1991. – 2020. godine. U Zagrebu, Rugvici, Jasenovcu i Županji medijani maksimuma najmanji su također u tome razdoblju, dok su u Staroj Gradiški i Slavanskom Brodu tada najveći (nepotpuni podaci). Prema slikama 10 i 11 stanice Zagreb, Rugvica i Županja imaju padajuće trendove maksimuma i minimuma, a ostale stanice rast maksimuma i pad minimuma (rast amplitude proljeća). Padovi maksimuma su od 0,08 u Zagrebu (7,1 % u 90 godina) do 0,15 % u Rugvici (12,2 % u 90 godina), a njihov je rast od 0,02 u Slavanskom Brodu (2 % u 90 godina) do 0,16 % u Staroj Gradiški (15,7 % u 90 godina). Puno veće padove imaju minimumi: od 0,23 u Staroj Gradiški (18,3 % u 90 godina) do 0,44 % u Jasenovcu (ogromnih 31,5 % u 90 godina).

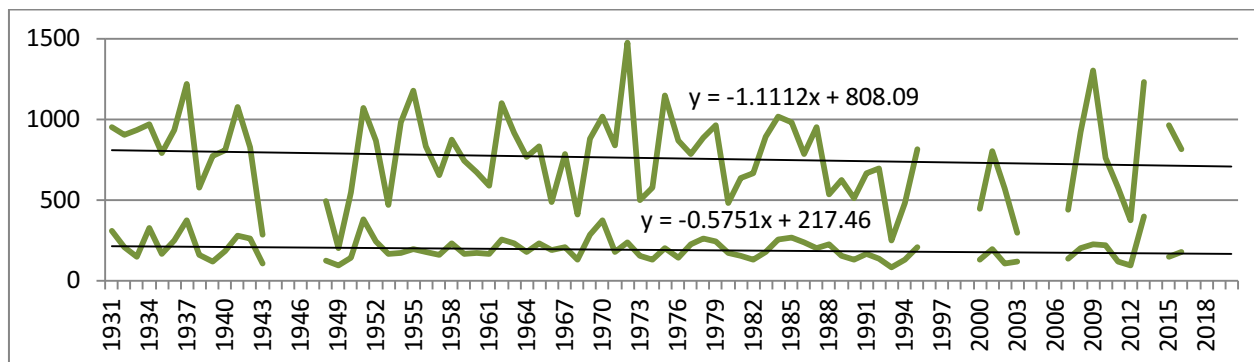
Podjelom dijagrama na tri standardna tridesetogodišnja razdoblja dolazimo do zaključka da i maksimumi i minimumi u prva dva razdoblja padaju, dok 1991. – 2020. rastu. Kod maksimuma je pad izraženiji 1931. – 1960. s velikih 1,40 % u Zagrebu, a 1961. – 1990. najveći pad isto je u Zagrebu (0,88 %). Na prve tri stanice 1991. – 2020. rast maksimuma je jako velik: od 1,21 u Zagrebu do ogromnih 2,07 % u Rugvici (nedostatak podataka). Stara Gradiška ima rast od 0,72 %, Slavonski Brod 0,58 % i Županja 0,73 %. Na podatke maksimuma najveći utjecaj imaju prva dva razdoblja.

Kod minimuma također rast 1991. – 2020. nije utjecao na sveukupni trend. Pad je u starijem razdoblju od 0,56 % u Zagrebu do velikih 1,10 % u Rugvici. U srednjem razdoblju padovi su od 0,44 % u Rugvici do 0,97 % u Županji. Rast u novijem razdoblju ogroman je u Rugvici (1,62 % ; nedostatak podataka) i Jasenovcu (1,66 %). Stara Gradiška je u novijem razdoblju iznimka, s padom od 0,49 % (nepotpuni podaci).

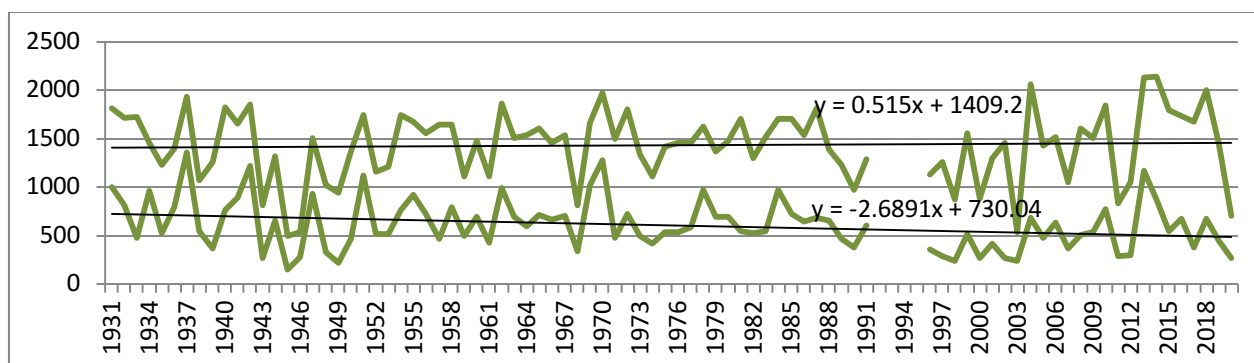
Zagreb



Rugvica



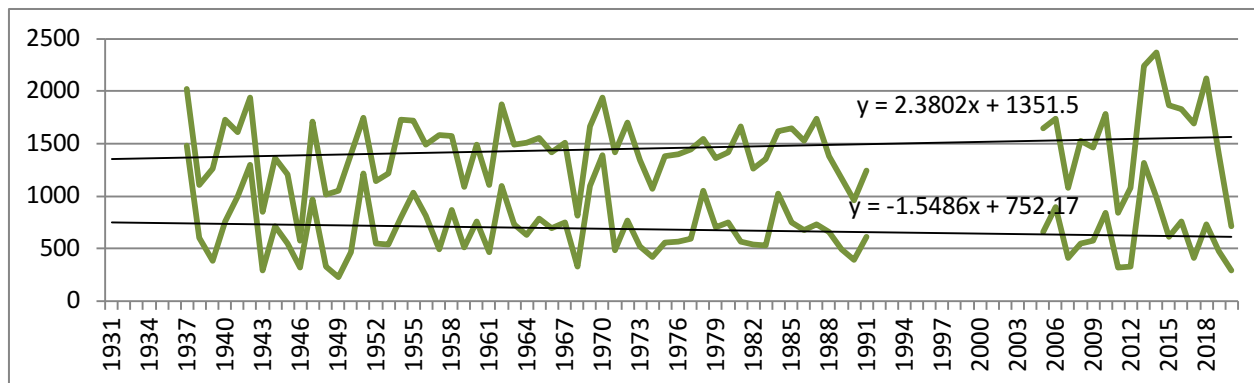
Jasenovac



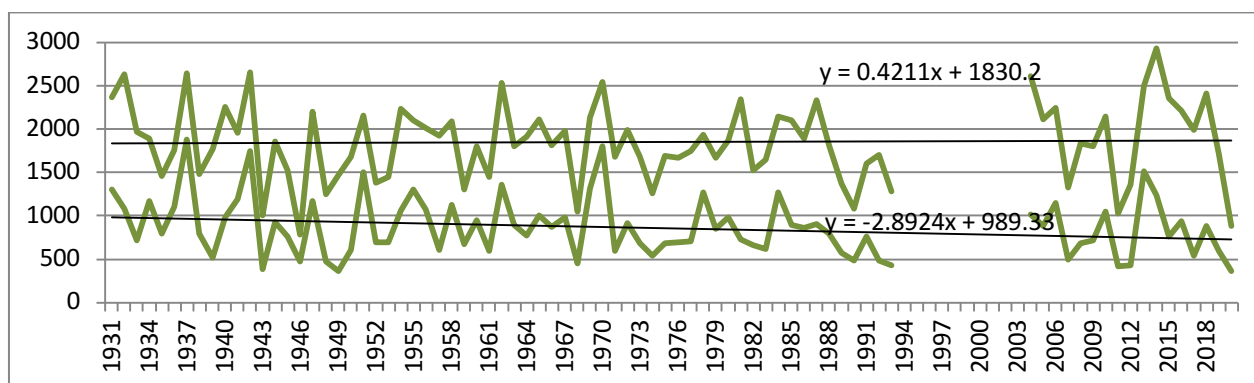
Sl. 10. Godišnji srednji minimumi i maksimumi proljeća stanica Zagreb, Rugvica i Jasenovac 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

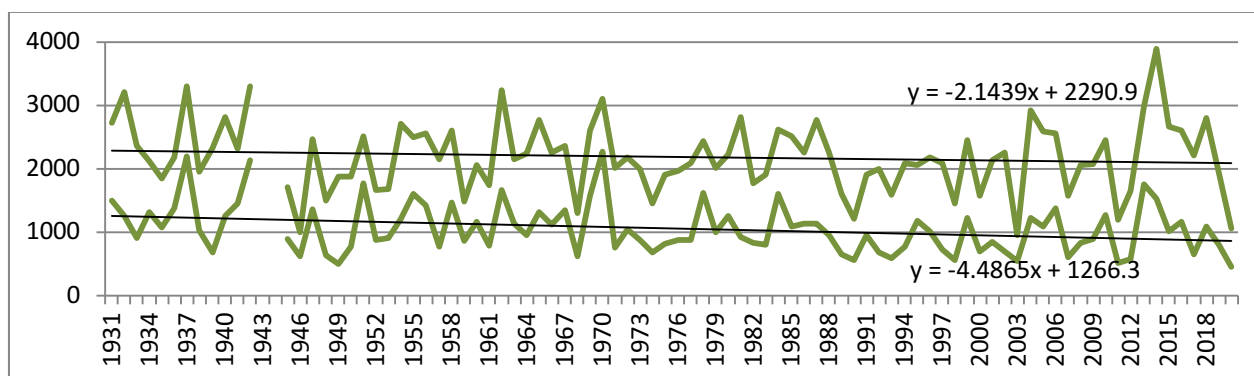
Stara Gradiška



Slavonski Brod



Županja stepenica



Sl. 11. Godišnji srednji minimumi i maksimumi proljeća stanica Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020.

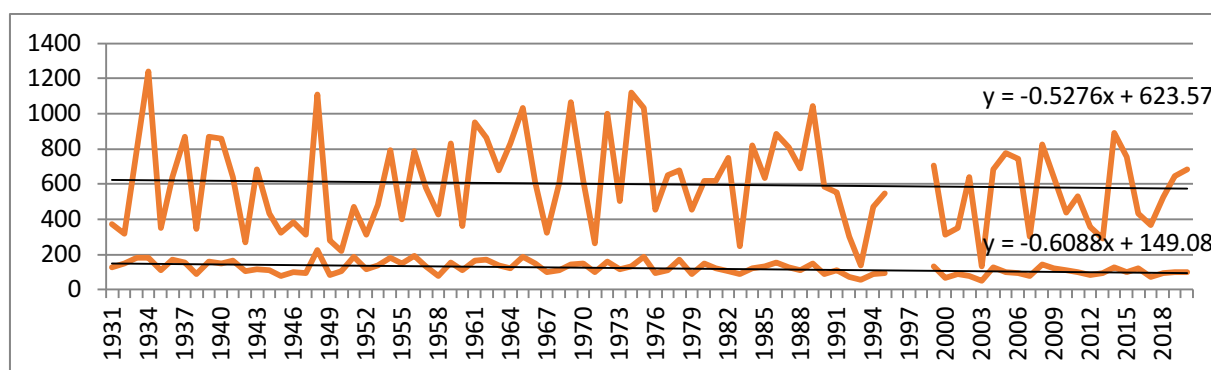
Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

2.3.2. Ljeto

Na slikama 12-14 prikazani su podaci za ljeto i njihovi linearni trendovi. Trendovi protoka negativni su na svim stanicama, i za minimume i za maksimume. Sve stanice imaju najniže medijane 1991. – 2020. godine. Jedina je iznimka Zagreb s medijanom maksimuma za starije razdoblje od 452 m³/s, za srednje 677 m³/s te novije 531 m³/s. Pad maksimuma najmanji je u Zagrebu s 0,09 %, a najveći u Jasenovcu 0,42 %. Najveće promjene maksimuma događaju se u novijem razdoblju: Zagreb i dalje raste sa stopom od 1,27 %, Rugvica raste 1,14 %, Jasenovac također s 1,52 %, a Stara Gradiška pada 1,16 %, kao i Slavonski Brod 0,56 % te Županja 0,29 %.

Za cijelo promatrano razdoblje stope pada minimuma veće su od pada maksimuma: najmanji je pad u Staroj Gradiški od 0.30 %, a najveći u Zagrebu od 0,50 % (nešto su veći padovi prvih triju stanica). Već je navedeno da su medijani minimuma najniži u novijem razdoblju. To je rezultat padajućih trendova u prva dva razdoblja. Od 1931. do 1960. te negativne stope su od 0,11 % u Rugvici do 1,01 % u Staroj Gradiški. Od 1961. do 1990. padovi su od 0,36 % u Županji do 0,86 % u Zagrebu. U novijem razdoblju najveći rast ima Jasenovac (2,25 %) jer su mu i srednji minimumi tada apsolutno najniži (s razine 300 na 193 m³/s). Rast ostalih stanica u rasponu je od 0,50 % u Županji do 1,79 % u Staroj Gradiški.

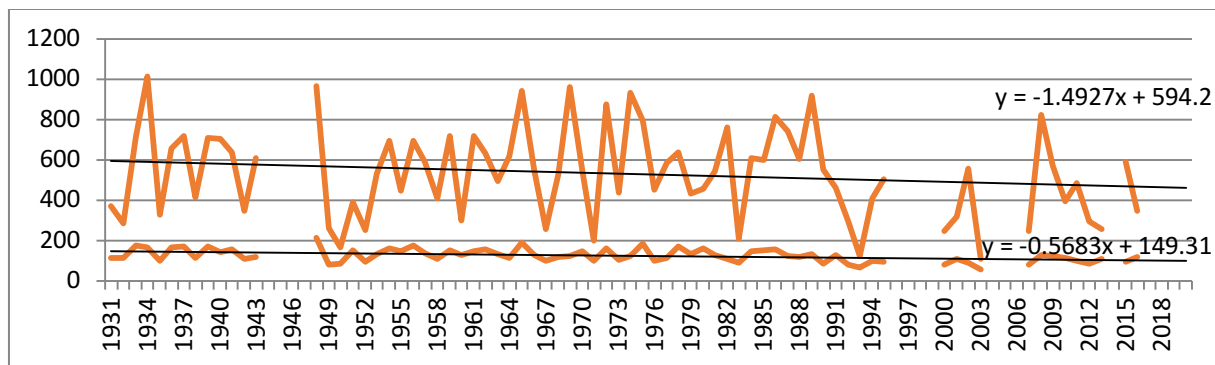
Zagreb



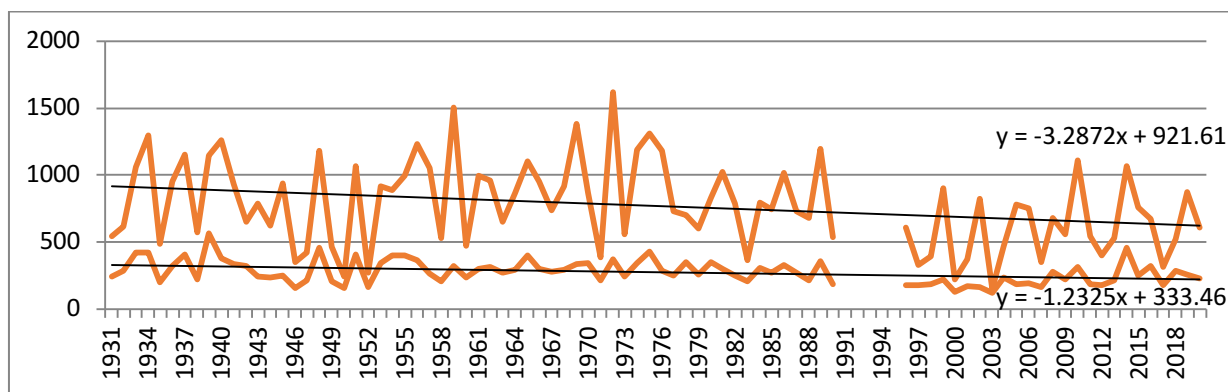
Sl. 12. Godišnji srednji minimumi i maksimumi ljeta na stanici Zagreb 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

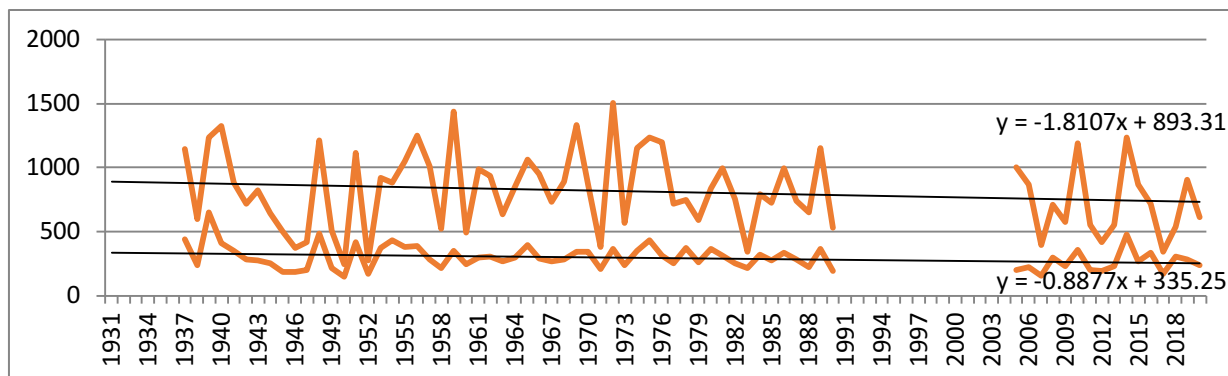
Rugvica



Jasenovac



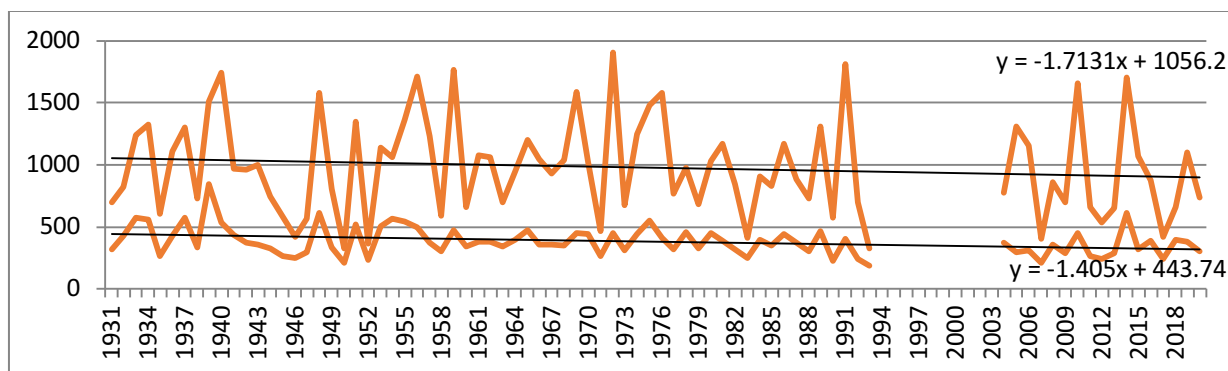
Stara Gradiška



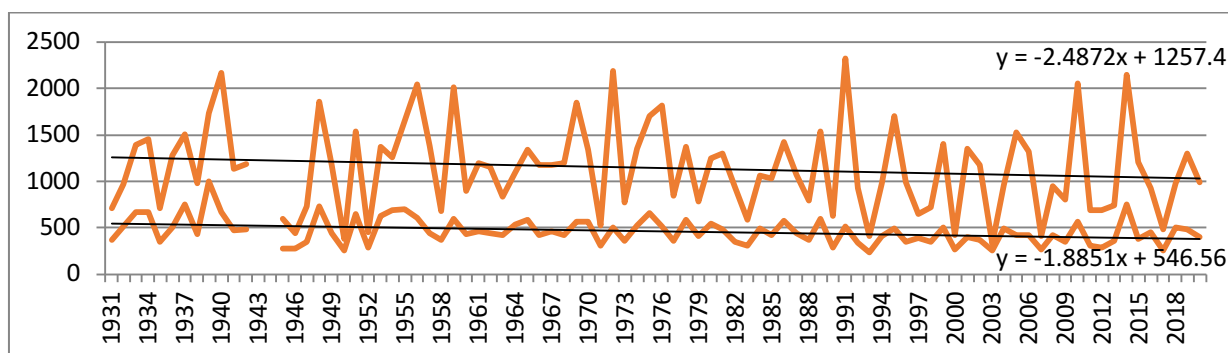
Sl. 13. Godišnji srednji minimumi i maksimumi ljeta na stanicama Rugvica, Jasenovac i Stara Gradiška 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Slavonski Brod



Županja stepenica



Sl. 14. Godišnji srednji minimumi i maksimumi ljeta na stanicama Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020.

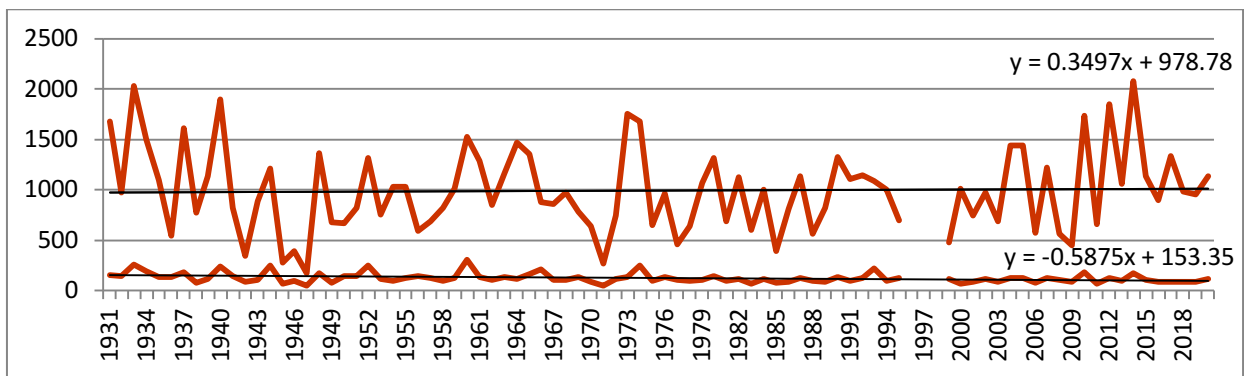
Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

2.3.3. Jesen

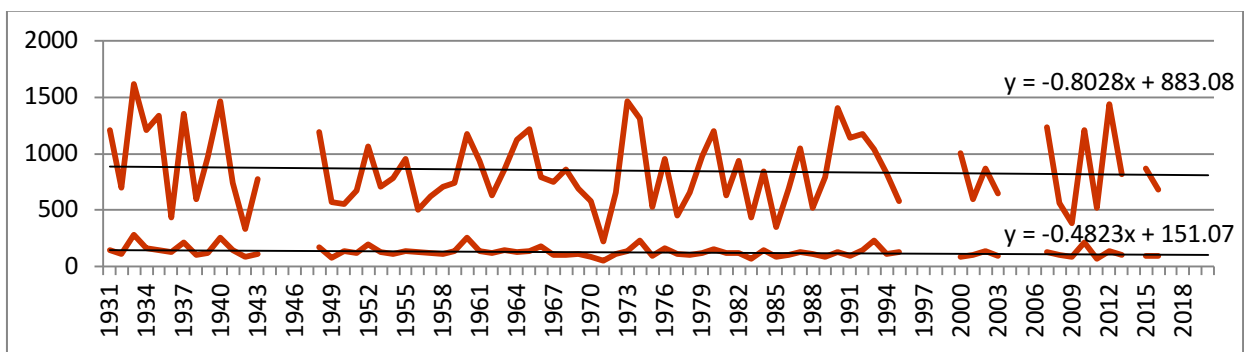
Na slikama 15 i 16 jesenski su linearni trendovi maksimuma i minimuma. Maksimumi Zagreba i Stare Gradiške rastu, dok ostalih padaju, no sve te stope su blaže (od -0,12 % u Županji do 0,10 u Staroj Gradiški). U prva dva razdoblja maksimumi padaju, a stope su veće 1931. – 1960. godine: od 0,84 % u Jasenovcu i Staroj Gradiški do većih 1,64 % u Zagrebu. Od 1961. do 1990. stope pada najniže su u Rugvici s 0,22 %, a najviše u Zagrebu s 0,90 %. Ovdje razdoblje od 1991. do 2020. najbolje opisuje cjelokupni trend maksimuma. Ako je trend u novijem razdoblju rastući ili padajući, onda je i linearni trend na slikama 15 i 16 takav. Jedina iznimka je Jasenovac čiji niži medijan u tom razdoblju ne može imati toliki utjecaj (s 1160 pao na 1077 m³/s). Rast maksimuma 1991. – 2020. u Zagrebu je 0,97 %, u Jasenovcu 0,65 % i Staroj Gradiški 1,15 %. Pad maksimuma je u Rugvici 1,14 %, u Slavenskom Brodu 0,45 % i Županji 0,91 %.

Medijani minimuma u jesen najviši su 1931. – 1960. godine, a u novijem razdoblju su najniži ili nešto malo viši od srednjeg razdoblja. Stope promjene minimuma opet su veće nego kod maksimuma. Stanice bilježe padove od 0,35 u Županji do 0,52 u Jasenovcu. Od 1931. do 1960. godine minimumi imaju manji pad u Zagrebu (0,26 %) i Rugvici (0,53 %) od nizvodnijih stanica (od 0,95 % u Jasenovcu do 1,35 % u Gradiški). Od 1961. do 1990. taj je pad od 0,41 % u Županji do 0,99 % u Zagrebu. U novijem razdoblju Zagreb s najnižim medijanom bilježi ubrzani pad minimuma od 0,64 %, kao i Rugvica sa stopom od 1,03 %. Za razliku od njih, Jasenovac raste s 1,67 %, ali i dalje ima najlošiji ukupni trend od svih postaja. Stara Gradiška ima rastuću stopu 0,92 %, Slavonski Brod pad od 0,93 % te Županja također pad od 0,82 %.

Zagreb



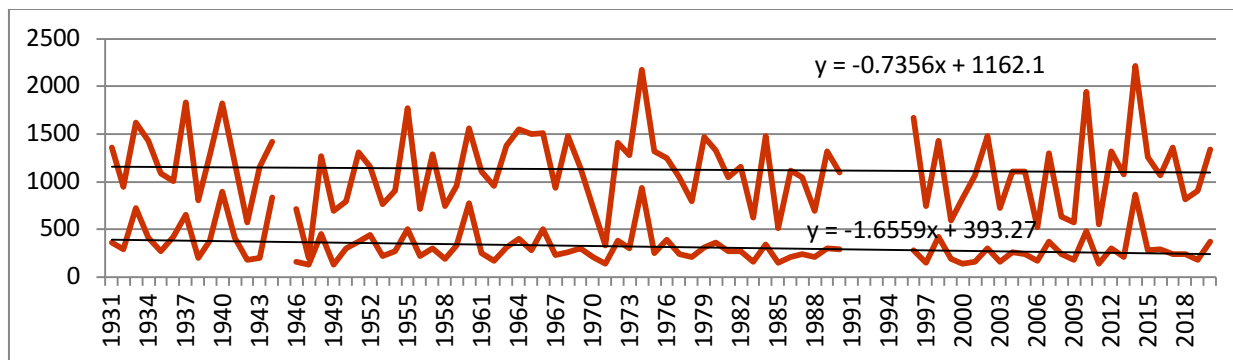
Rugvica



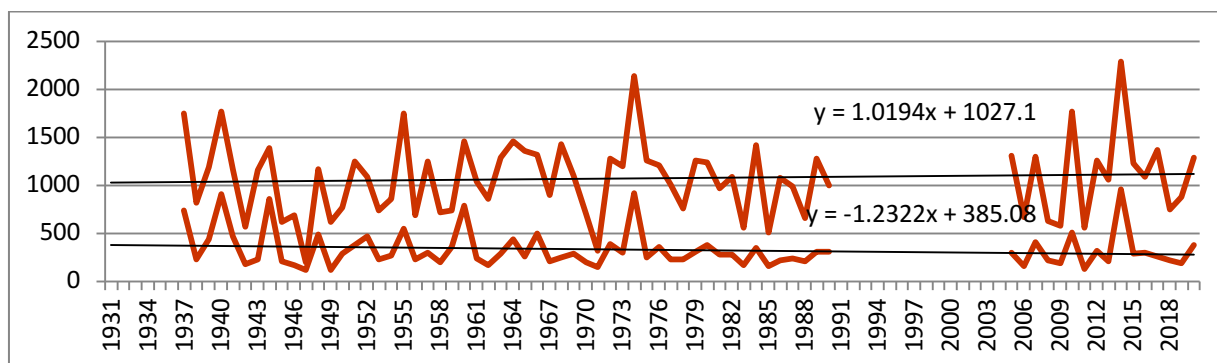
Sl. 15. Godišnji srednji minimumi i maksimumi jeseni na stanicama Zagreb i Rugvica 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

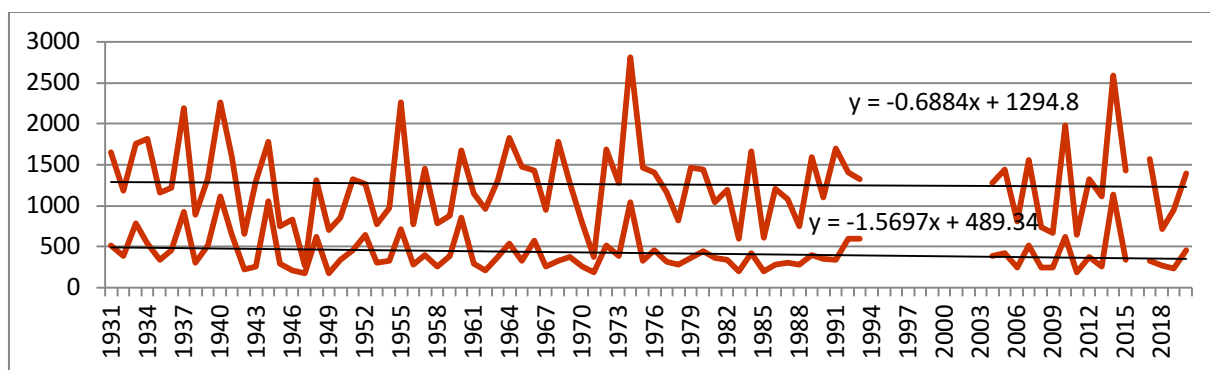
Jasenovac



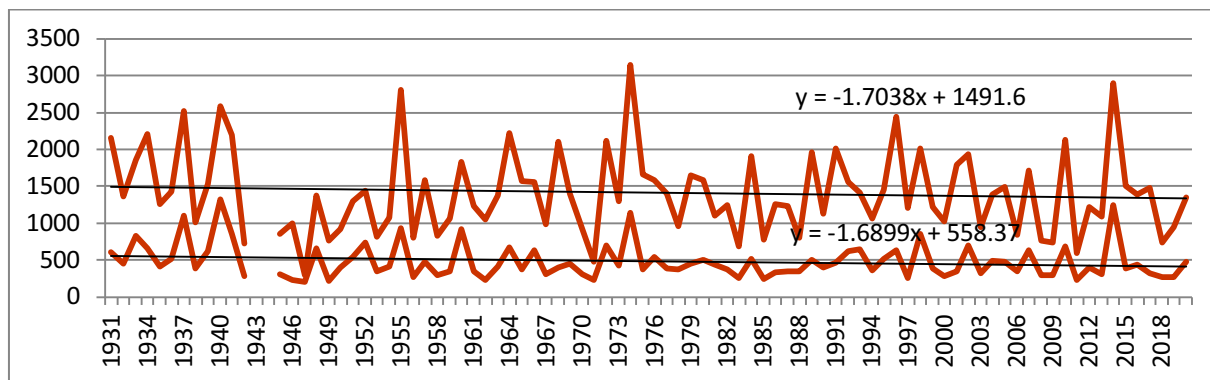
Stara Gradiška



Slavonski Brod



Županja stepenica



Sl. 16. Godišnji srednji minimumi i maksimumi jeseni na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

2.3.4. Zima

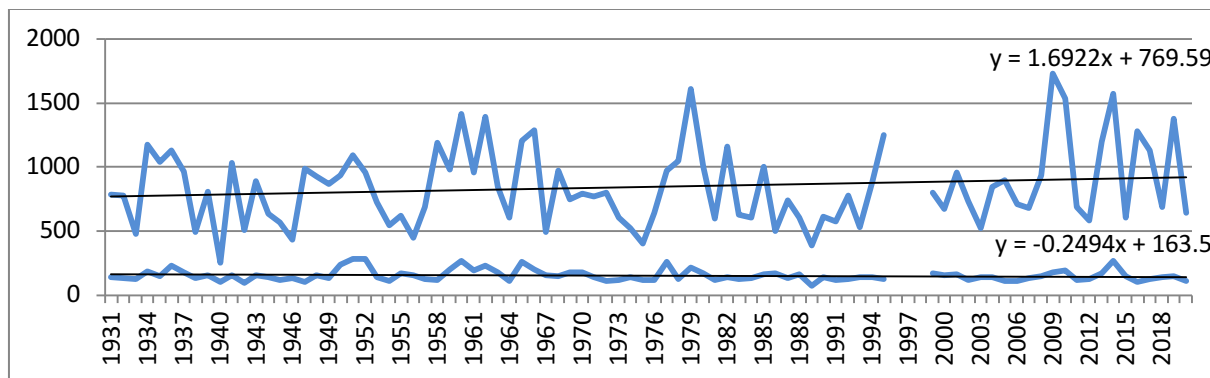
Na slikama 17 i 18 prikazano je godišnje kretanje minimuma i maksimuma protoka za zimske mjesec. Medijani maksimuma zime prema novijem razdoblju padaju u Jasenovcu, Slavanskom Brodu i Županji (razlika starijeg i novijeg razdoblja je oko 8 %). Medijan za Zagreb u starijem razdoblju iznosi 835, u srednjem 756, u novijem 800 m³/s (najveća je razlika 9,5 %); za Rugvicu u starijem 736, u srednjem 695 i novijem 757 m³/s (9 %); a za Staru Gradišku raste od starijeg prema novijem razdoblju (5 %).

Linearni trendovi maksimuma rastu u prve četiri stanice (od 0,06 % u Jasenovcu do 0,20 % u Zagrebu) te blaže padaju u Slavanskom Brodu i Županji (0,05 %). Od 1931. do 1960. maksimumi rastu na svim stanicama (od 0,14 % u Staroj Gradiški do 0,50 % u Zagrebu), dok od 1961. do 1990. rastu u većim postotcima (od 0,81 % u Rugvici do 1,35 % u Slavanskom Brodu i Županji). U novijem razdoblju Zagreb ima rast od 1,31 %, Rugvica 1,24 %, Jasenovac 0,56 %, Stara Gradiška stagnira s 0,01 %, Slavonski Brod ima rast od 0,39 %, a jedine stope pada ima Županja s 0,23 %.

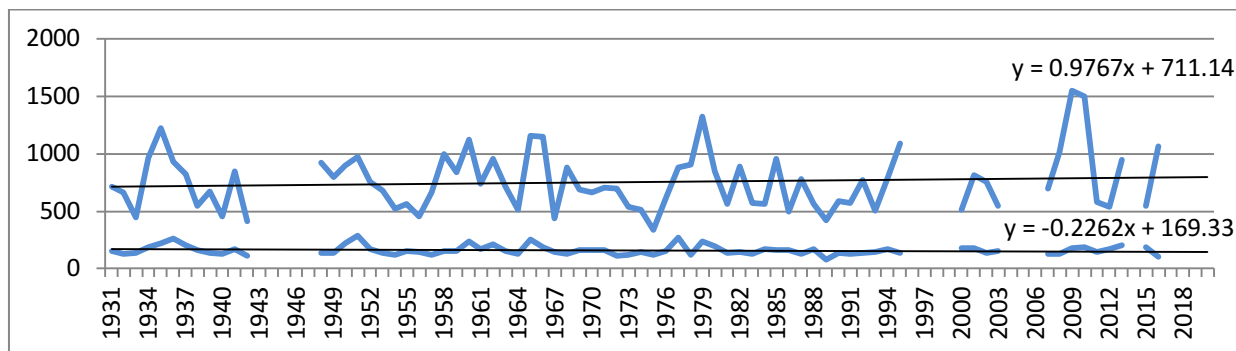
Uspoređujući tri razdoblja, medijani minimuma u Zagrebu i Rugvici najmanji su 1991. – 2020. te je njihov pad u odnosu na starija razdoblja oko 5,50 %. U Jasenovcu, Staroj Gradiški, Slavanskom Brodu i Županji minimumi su uvjerljivo najveći od 1931. do 1960. godine (za 17 do 26 %), a srednje i novije razdoblje sličnih su iznosa.

Kao i kod ostalih sezonskih trendova minimuma protoka, zima bilježi nešto više stope promjene minimuma od maksimuma te su one negativnog predznaka (od 0,14 u Rugvici do 0,31 u Jasenovcu i Slavanskom Brodu). Padovi minimuma najveći su od 1961. – 1990. godine: od 0,74 % u Rugvici do 1,98 % u Županji. U starijem razdoblju jedini rast ima stanica Zagreb s 0,92 %, Rugvica pada za 0,13 %, dok je situacija s ostalim stanicama s visokim medijanom: Jasenovac na blagih +0,06 %, Stara Gradiška pada s 1,03, kao i Slavonski Brod s 0,17 % i Županja 0,24 %. U novijem razdoblju minimum raste kod Zagreba 0,35 % i Rugvice 0,57 %. Više stope su kod Jasenovca (1,78 %), Stare Gradiške (1,03 %) i Slavanskog Broda (1,28 %). U Županji je ponovo pad po stopi od 0,31 %.

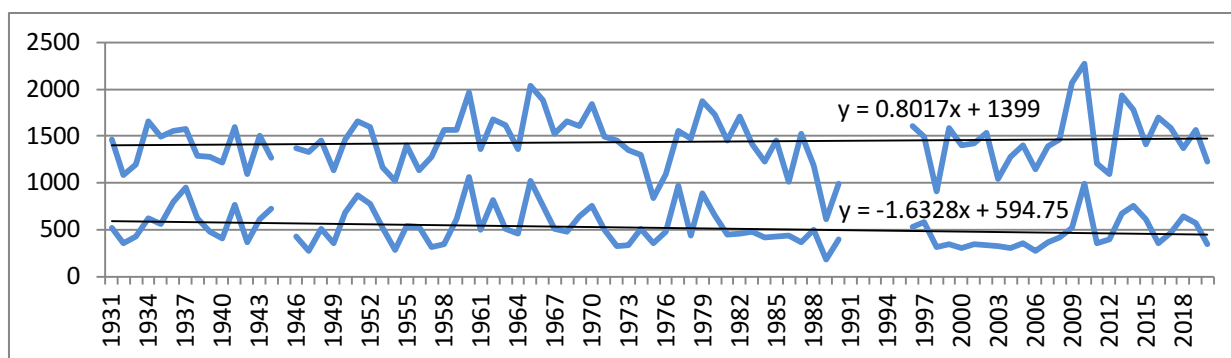
Zagreb



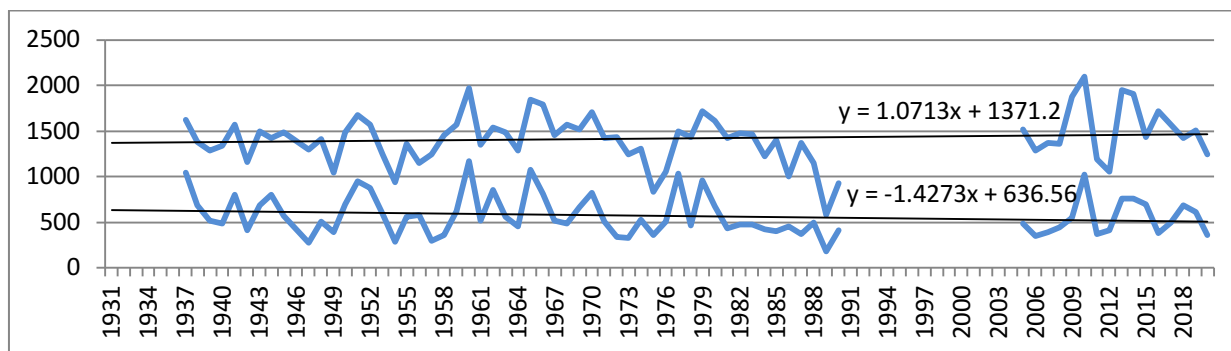
Rugvica



Jasenovac



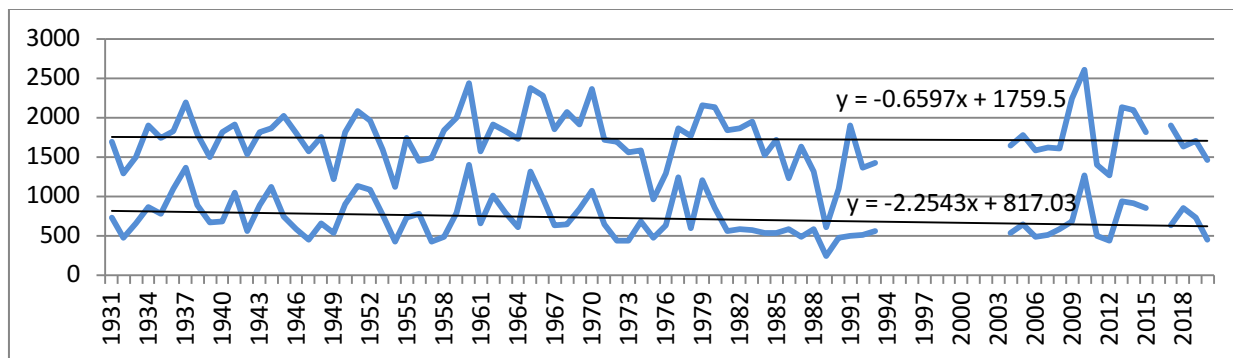
Stara Gradiška



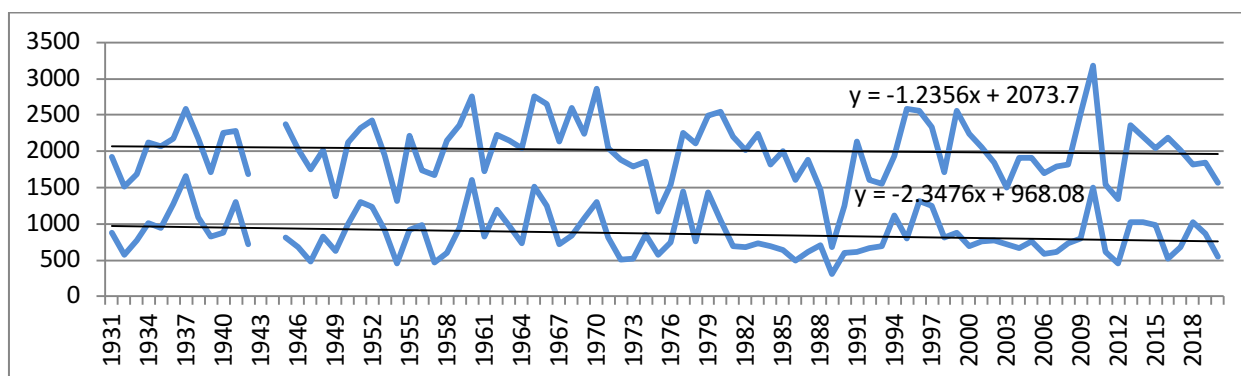
Sl. 17. Godišnji srednji minimumi i maksimumi zime na stanicama Zagreb, Rugvica, Jasenovac i Stara Gradiška 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Slavonski Brod



Županja stepenica



Sl. 18. Godišnji srednji minimumi i maksimumi zime na stanicama Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020.

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

2.4. Promjene srednjih mjesečnih maksimuma

U potpoglavljima 2.4. i 2.5. prikazane su promjene srednjih mjesečnih maksimuma i minimuma u trima tridesetogodišnjim razdobljima. Na slikama 19-21 i u tablici 9 prikazane su promjene srednjih mjesečnih maksimuma. U dosadašnjoj analizi uočen je na svim stanicama pad srednjih godišnjih maksimuma novijeg razdoblja u odnosu na srednje (što je poželjan scenarij) osim u Staroj Gradiški gdje je stagnacija (tab. 7). Analizom podataka na slikama 19-21, Zagreb pad novijeg razdoblja ima u sljedećem tromjesečju: u svibnju 18 %, lipnju 20 % i srpnju 37 %. U Rugvici je taj pad od travnja do rujna (najveći je u srpnju od 43 %). U Jasenovcu je pad u sljedećem nizu: svibnju 7 %, lipnju 26 %, srpnju 41 % i kolovozu 38 %. Stara Gradiška pad ima u srpnju i kolovozu od oko 25 %. Slavonski Brod također ima pad u srpnju (21 %). U Županji je pad od svibnja do kolovoza (od 9 % u svibnju do 20 % u

srpnju). Dakle, podaci za novije razdoblje govore nam da srpanj na svim stanicama ima pad srednjih mjesečnih maksimuma.

Tab. 9. Primarni i sekundarni minimumi i maksimumi za mjesečni SVQ odabranih stanica u tri tridesetogodišnja razdoblja

| stanica | 1931. – 1960. | | | | 1961. – 1990. | | | | 1991. – 2020. | | | |
|--------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min |
| Zagreb | 11. | 3. | 8. | 1. | 11. | 3. | 8. | 2. | 11. | 3. | 7. | 1. |
| Rugvica | 11. | 5. | 8. | 2. | 11. | 3. | 8. | 1. | 12. | 3. | 7. | 2. |
| Jasenovac | 11. | 3. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 12. | 3. | 8. | 2. |
| St. Gradiška | 12. | 3. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 3. | 12. | 8. | 1. |
| Sl. Brod | 3. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 3. | 12. | 8. | 2. |
| Županja | 3. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 2. |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Napomena: U slučaju promjene u odnosu na prošlo tridesetogodišnje razdoblje, broj je podebljan.

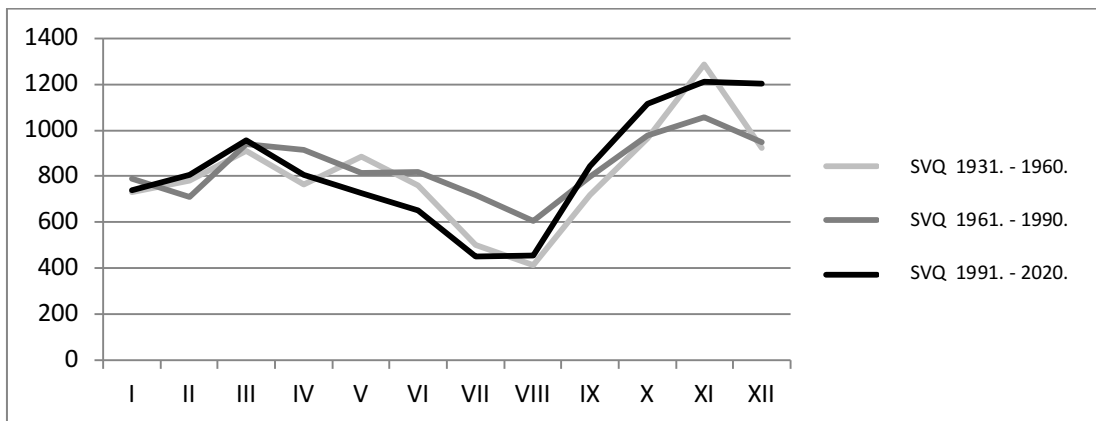
Stanica Zagreb ima malo promjena u javljanju najviših i najnižih srednjih mjesečnih maksimuma protoka (sl. 19 i tab. 9). Od 1931. – 1960. primarni je maksimum u studenom i sekundarni u ožujku, a primarni minimum u kolovozu i sekundarni u siječnju. 1961. – 1990. sekundarni minimum seli u veljaču. U novijem razdoblju iznenađenje je selidba prvog minimuma u srpanj te je sekundarni minimum ponovno u siječnju.

Na stanici Rugvica u starijem razdoblju imamo primarni maksimum u studenome i sekundarni u svibnju, a primarni minimum u kolovozu i sekundarni u veljači (sl. 19 i tab. 9). U srednjem razdoblju imamo promjenu kod sekundarnoga maksimuma koji je sada u ožujku te sekundarnoga minimuma koji seli u siječanj. U novijem razdoblju primarni maksimum seli u prosinac, a primarni minimum je kao u Zagrebu u srpnju te sekundarni ponovno u veljači.

Drugi dio niza podataka prikazanih u tablici 9 i na slikama 20 i 21 (stanice Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja) nešto je ujednačeniji. Za razdoblje 1931. – 1960. primarni minimumi stanica su u kolovozu, a sekundarni u siječnju. Jasenovac prvi maksimum ima u studenom i drugi u ožujku, Stara Gradiška prvi u prosincu te drugi isto u ožujku. Ožujak u Slavonskom Brodu i Županji ima veće vrijednosti maksimuma protoka od prosinca. 1961. – 1990. sve četiri stanice imaju minimume i maksimume u istome mjesecu. Minimumi su i dalje u kolovozu i siječnju, a svi primarni maksimumi sele u travanj. Sekundarni se

maksimum javlja u zimu te se on u Jasenovcu i Staroj Gradiški iz ožujka seli u prosinac. 1991. – 2020. primarni minimum i dalje je u kolovozu. Sekundarni minimum seli u veljaču u Jasenovcu, Slavonskome Brodu i Županji. Primarni maksimum u Jasenovcu nije u proljeće kao u nizvodnim stanicama. Njegov prvi maksimum je u prosincu i sekundarni u ožujku, u Staroj Gradiški i Slavonskom Brodu prvi seli u ožujak, drugi je u prosincu, a Županja prvi ima u travnju i drugi u prosincu.

Zagreb



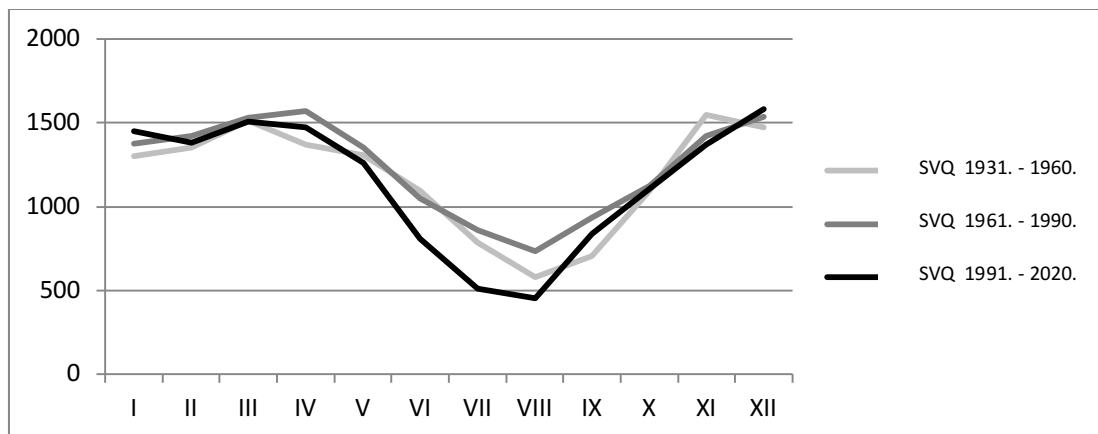
Rugvica



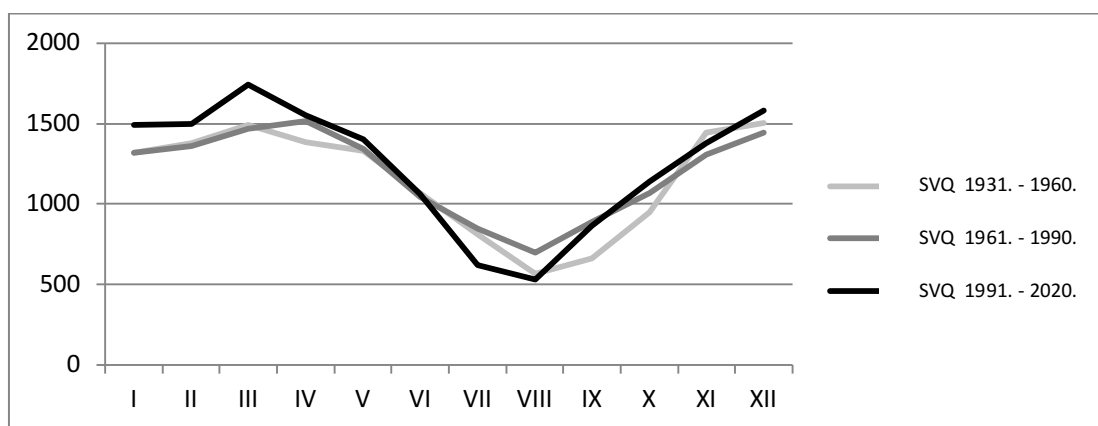
Sl. 19. Srednji mjesečni maksimumi na stanicama Zagreb i Rugvica za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

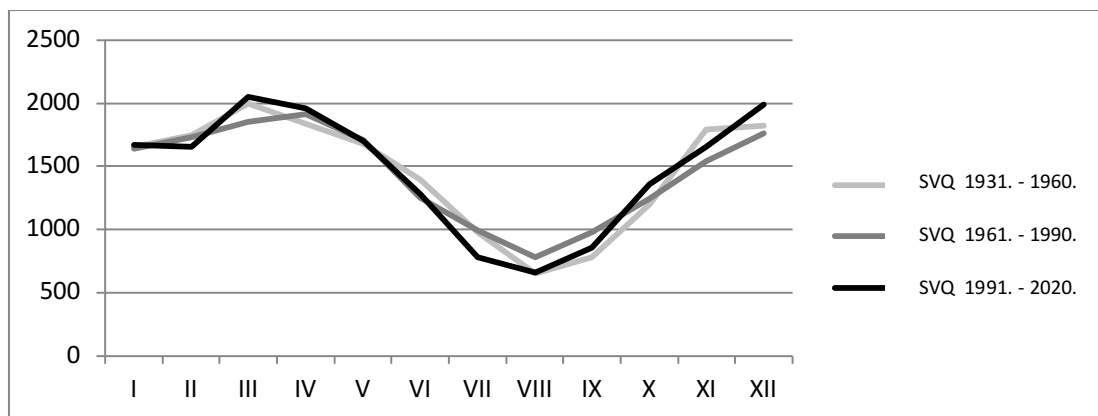
Jasenovac



Stara Gradiška



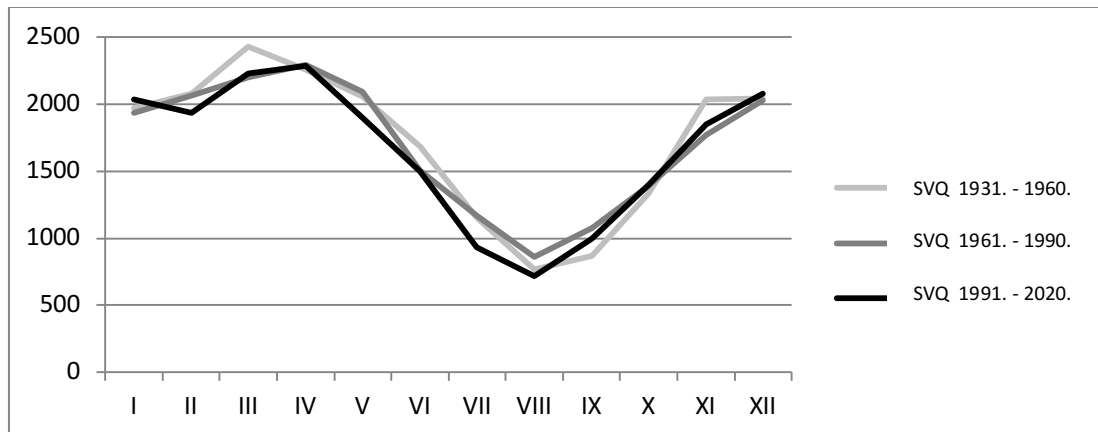
Slavonski Brod



Sl. 20. Srednji mjesečni maksimumi na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška i Slavonski Brod za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Županja stepenica



Sl. 21. Srednji mjesečni maksimumi na stanici Županja stepenica za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Razlika najvišeg i najnižeg srednjeg mjesečnog maksimuma uvijek je najmanja 1961. do 1990. godine. U Zagrebu i Županji razlika je najveća u starijem razdoblju, a u ostale četiri stanice u novijem razdoblju.

Iznadprosječni srednji mjesečni maksimumi na stanicama Zagreb i Rugvica doživljavaju promjene, dok su od Jasenovca do Županje isti u svim razdobljima. To je niz od sedam mjeseci, od studenog do svibnja. Na stanici Zagreb od prosjeka uvijek odskaču ožujak, listopad, studeni i prosinac, dok je u starijem razdoblju tu bio i svibanj, u srednjem travanj te u novijem rujan. U Rugvici isto uvijek odskaču ožujak, listopad, studeni i prosinac, a našli su se tu još i svibanj u starijem razdoblju te travanj i svibanj u srednjem.

2.5. Promjene srednjih mjesečnih minimuma

Kao što su u prošleme potpoglavlju analizirane promjene srednjih mjesečnih maksimuma, tako su u ovome poglavlju opisane promjene za minimume (sl. 22-24 i tab. 10). Na slikama 22-24 jasno se može vidjeti da su u razdoblju od 1991. do 2020. godine niže vrijednosti srednjih mjesečnih minimuma od onih u starijim razdobljima (kao što su dokazala prethodna istraživanja o protocima Save). Najmanje negativnih promjena doživjela su zadnja

tri mjeseca: listopad, studeni i prosinac. Na stanici Zagreb negativne promjene u zimi 1991. – 2020. kreću se od 11 do 15 % u odnosu na prijašnja razdoblja, a u ostalim mjesecima od 13 % (u rujnu zbog najmanjih vrijednosti protoka) do 32 %. Najveći padovi su u lipnju i srpnju te u studenom gdje je pad velik 1961. – 1990. godine. U Rugvici imamo rast u listopadu od 5 % i studenome od 8 % (u srednjemu razdoblju studeni također ima veliki pad). Zimi je pad od 5 do 7 %, a u ostalim mjesecima od 14 % također u rujnu do 32 % u lipnju i srpnju. Jasenovac kao i Zagreb u svim mjesecima ima pad protoka. Zimi je taj pad od 16 do 23 %, u proljeće oko 31 %, u lipnju 35 %, srpnju 29 % i kolovoz 16 % te rujna i listopad oko 16 %, a studeni 42 % zbog velikog pada srednjeg razdoblja. Stara Gradiška bilježi rast u ožujku, listopadu, studenome i prosincu od 9 do 13 % u odnosu na niske vrijednosti srednjeg razdoblja. Ostali mjeseci broje pad od 7 % u rujnu do 21 % u srpnju. Slavonski Brod također bilježi rast u istim mjesecima: od 5 % u ožujku do 31 % u studenome (veliki pad srednjega razdoblja). Ostali mjeseci imaju pad od 9 % u kolovozu (male vrijednosti protoka) do 28 % u lipnju. U Županji mjesec listopad u novijem razdoblju ima sličnu apsolutnu vrijednost (436 m³/s) kao i najobilniji listopad u starijem razdoblju (439 m³/s). Zbog pada srednjega razdoblja, rast 1991. – 2020. godine imaju siječanj (1 %), studeni (19 %) i prosinac (3 %) u odnosu na isto to razdoblje. Pad ostalih mjeseci iznosi od 8 % u rujnu do 29 % u lipnju.

Tab. 10. Primarni i sekundarni minimumi i maksimumi za mjesečni SNQ odabranih stanica u tri tridesetogodišnja razdoblja

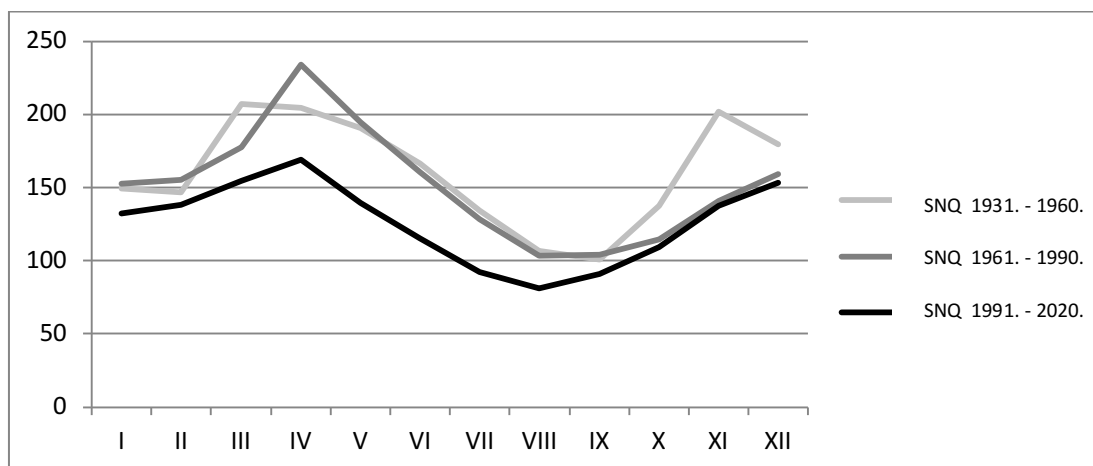
| stanica | 1931. – 1960. | | | | 1961. – 1990. | | | | 1991. – 2020. | | | |
|--------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|------------|-----------|-----------|---------------|--------|----------------|-----------|
| | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min |
| Zagreb | 3. | 11. | 9. | 2. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. |
| Rugvica | 3. | 11. | 9. | 2. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 2. |
| Jasenovac | 3. | 11. | 9. | 2. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. |
| St. Gradiška | 3. | 12. | 9. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 3. | 12. | 8. | 1. |
| Sl. Brod | 3. | 12. | 9. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. = 9. | 1. |
| Županja | 3. | 12. | 9. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

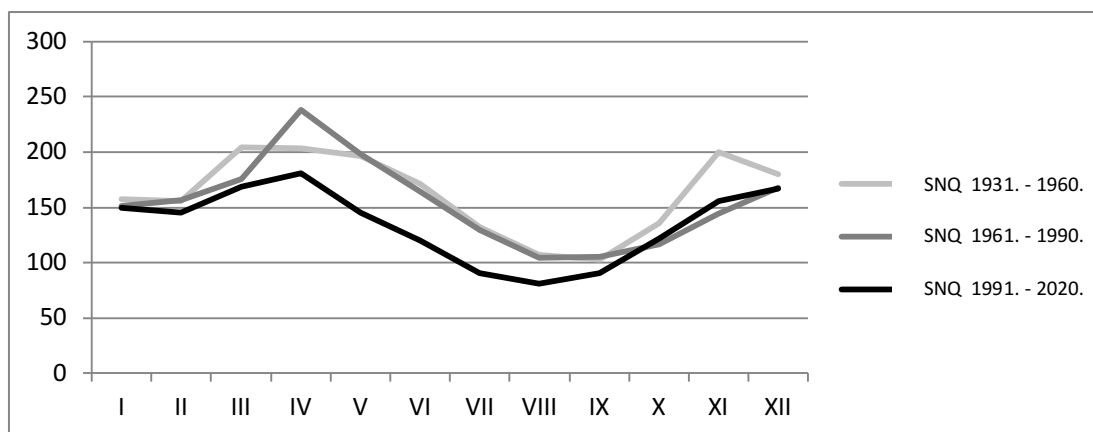
Napomena: U slučaju promjene u odnosu na prošlo tridesetogodišnje razdoblje, broj je podebljan.

Od 1931. do 1960. godine Zagreb, Rugvica i Jasenovac imaju prve maksimume u ožujku, druge u studenome, a prve minimume u rujnu i druge u veljači (tab. 10). Primarni maksimumi u Staroj Gradiški, Slavonskome Brodu i Županji su također u ožujku, sekundarni su u prosincu, dok su primarni minimumi u rujnu i sekundarni u siječnju. Od 1961. do 1990. sve stanice imaju primarne maksimume u travnju i sekundarne u prosincu, dok su primarni minimumi u kolovozu i sekundarni u siječnju. To znači da su sve stanice svoje primarne maksimume i minimume selile, a Zagreb, Rugvica i Jasenovac selili su sekundarne maksimume i minimume. 1991. – 2020. promjene u odnosu na prošlo razdoblje imale su samo stanice s nepotpunim podacima. U Rugvici se sekundarni minimum javlja u veljači, Stara Gradiška primarni maksimum ima u ožujku, a u Slavonskome Brodu kao primarni minimumi javljaju se kolovoz i rujna s istim vrijednostima srednjeg minimalnog protoka.

Zagreb



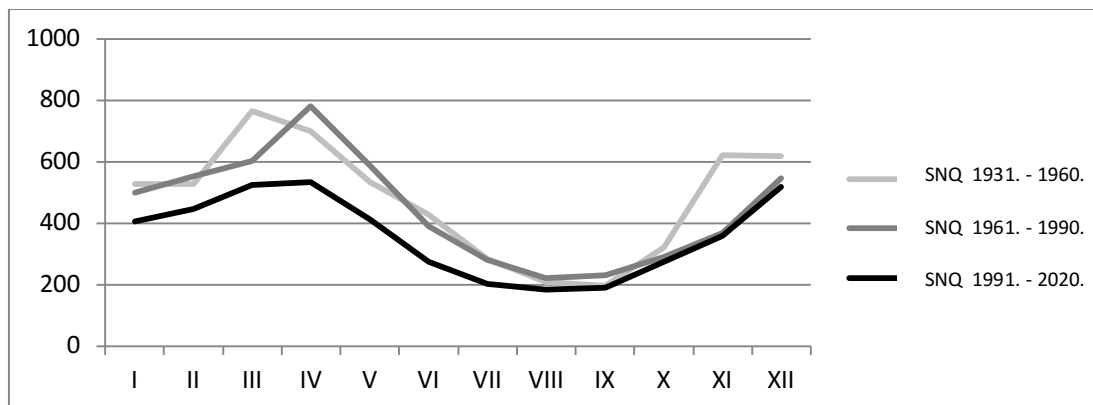
Rugvica



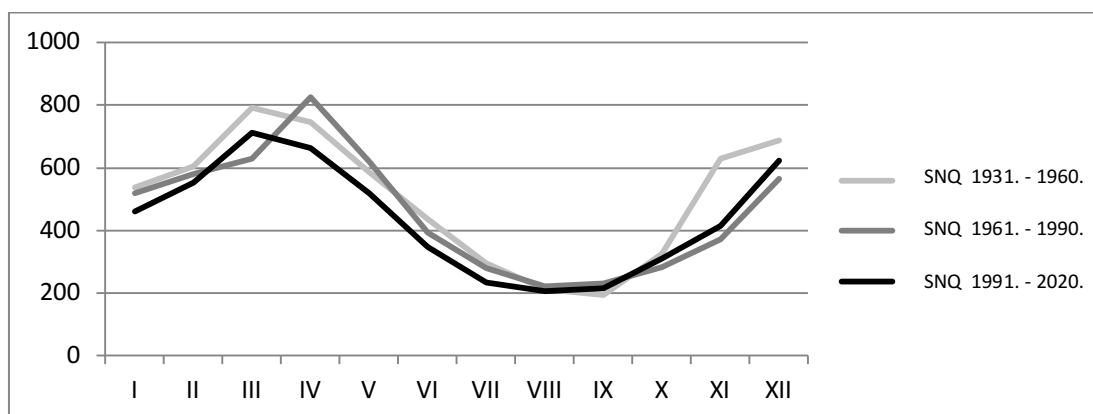
Sl. 22. Srednji mjesečni minimumi na stanicama Zagreb i Rugvica za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

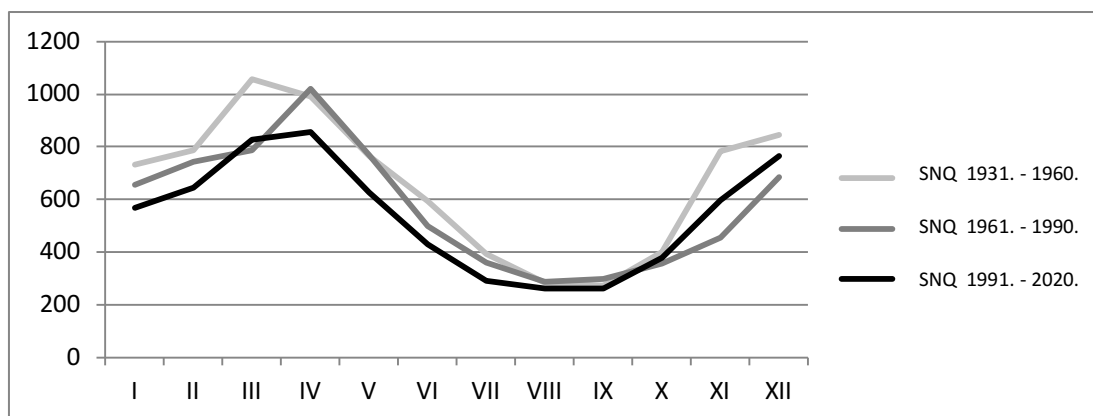
Jasenovac



Stara Gradiška



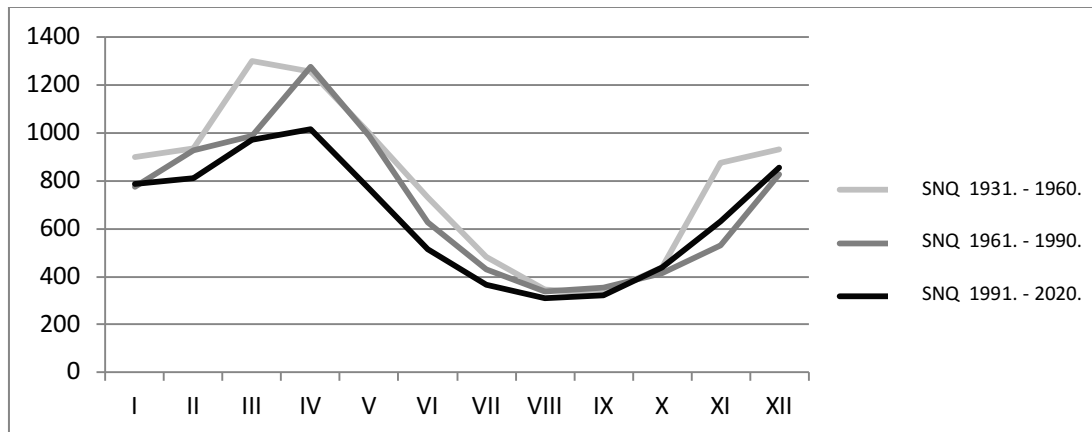
Slavonski Brod



Sl. 23. Srednji mjesečni minimumi na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška i Slavonski Brod za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Županja stepenica



Sl. 24. Srednji mjesečni minimumi na stanici Županja stepenica za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Razlika najvišeg i najnižeg srednjeg mjesečnog minimuma uvijek je najmanja od 1991. do 2020. godine. U Zagrebu, Rugvici i Staroj Gradiški razlika je najveća 1961. – 1990., a u ostalim stanicama u starijem razdoblju.

Iznadprosječni srednji mjesečni minimumi na stanicama Zagreb i Rugvica doživljavaju veće promjene i različiti su od ostalih stanica, dok su od Jasenovca do Županje međusobno uglavnom slični u svim razdobljima. 1931. – 1960. u Zagrebu i Rugvici takvi mjeseci su od ožujka do lipnja te studeni i prosinac, a u nizvodnijim stanicama sedam mjeseci u nizu: od studenog do svibnja. Od 1961. do 1990. godine Zagreb ima niz od prosinca do lipnja, a Rugvica od veljače do lipnja te prosinac. Kod Jasenovca, Stare Gradiške, Slavonskoga Broda i Županje taj niz je sada bez studenoga, tj. od prosinca do svibnja. Od 1991. do 2020. Zagreb i Rugvica iznad prosjeka imaju niz od studenoga do svibnja. Jasenovac, Stara Gradiška i Županja opet imaju niz od prosinca do svibnja, a studeni je u Slavonskome Brodu kao i u starijem razdoblju ponovno izražen te ovdje ima niz kao i Zagreb i Rugvica.

2.6. Promjene modulnih koeficijenata

Nakon poglavlja 2.1. gdje su prikazani suvremeni protočni režimi na odabranim stanicama rijeke Save, u ovom poglavlju analizirane su promjene režima na svakoj stanici usporedbom promjena modulnih koeficijenata u tri tridesetogodišnja razdoblja (tab. 11 i sl. 25-27). Kao što je već navedeno, modulni koeficijenti dobiveni su temelju srednjih mjesečnih protoka, a ne minimalnih i maksimalnih.

Tab. 11. Primarni i sekundarni minimumi i maksimumi modulnih koeficijenata odabranih stanica u tri tridesetogodišnja razdoblja

| stanica | 1931. – 1960. | | | | 1961. – 1990. | | | | 1991. – 2020. | | | |
|--------------|---------------|---------|--------|--------|---------------|------------|--------|-----------|---------------|----------------|--------|-----------|
| | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min | 1. max | 2. max | 1. min | 2. min |
| Zagreb | 11. | 3. | 8. | 1. | 4. | 11. | 8. | 1. | 11. | 3. | 8. | 1. |
| Rugvica | 11. | 3. = 5. | 8. | 2. | 4. | 11. | 8. | 1. | 11. | 3. | 8. | 2. |
| Jasenovac | 3. | 11. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 12. | 3. = 4. | 8. | 2. |
| St. Gradiška | 3. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 3. | 12. | 8. | 1. |
| Sl. Brod | 3. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 12. | 4. | 8. | 2. |
| Županja | 3. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 1. | 4. | 12. | 8. | 2. |

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Napomena: U slučaju promjene u odnosu na prošlo tridesetogodišnje razdoblje, broj je podebljan.

Stanica Zagreb u starijem razdoblju prvi maksimum ima u studenome i drugi u ožujku, a prvi minimum u kolovozu i drugi u siječnju (tab. 11 i sl. 25). U srednjemu razdoblju prvi maksimum seli u travanj, a drugi maksimum u studeni. Novije razdoblje ima režim kao onaj od 1931. do 1960. godine.

U Rugvici je 1931. – 1960. prvi maksimum u studenome, a kao drugi maksimum tu su ožujak i svibanj s istim modulnim koeficijentima (tab. 11 i sl. 26). Prvi minimum je u kolovozu kao i u cijeloj tablici, a drugi u veljači (dok je u Zagrebu ranije). Od 1961. do 1990. Rugvica ima isti režim kao i Zagreb u to vrijeme. Primarni maksimum seli u travanj, sekundarni u studeni, a sekundarni minimum u siječanj. U novijem razdoblju režim je kao 1931. – 1960., s razlikom u tome da ožujak ima izrazito veći koeficijent od svibnja (1,18 naprema 0,89).

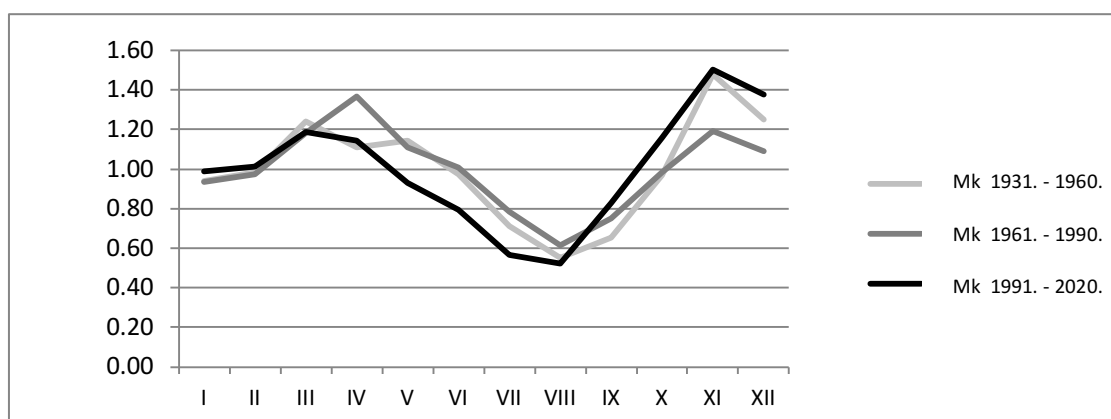
U Jasenovcu se protočni režim razlikuje od onih u Zagrebu i Rugvici (tab. 11 i sl. 26). Primarni je maksimum 1931. – 1960. u ožujku, a sekundarni u studenom. Primarni minimum je u kolovozu i sekundarni u siječnju. 1961. – 1960. promjene su kod primarnog maksimuma koji seli u travanj, a sekundarni u prosinac. 1991. – 2020. prvi maksimum je u prosincu, a drugi ima iste iznose u ožujku i travnju. Prvi minimum je u kolovozu, drugi seli u veljaču. Režim u posljednjemu razdoblju ipak je sličniji peripanonskom kišno-snježnom režimu.

Stara Gradiška u starijem razdoblju razlikuje se od Jasenovca tako što je sekundarni maksimum u prosincu (tab. 11 i sl. 26). U srednjem razdoblju prvi maksimum seli u travanj kao i na svim stanicama te sada Stara Gradiška ima režime kao i Jasenovac, Slavonski Brod i Županja. U novijem razdoblju prvi maksimum se vraća u ožujak te je to jedina promjena i režim jednak starijem razdoblju. Dakle, drugi maksimum je u prosincu, prvi minimum u kolovozu te drugi u siječnju.

Stanica Slavonski Brod u prva dva razdoblja ima istu situaciju kao i Stara Gradiška (tab. 11 i sl. 27). U novijem razdoblju prosinac i travanj mijenjaju pozicije, gdje je prosinac prvi maksimum. Prvi minimum je mjesec kolovoz, a kao novi drugi minimum javlja se veljača.

Stanica Županja u posljednjem razdoblju ne doživljava promjene kod maksimuma (tab. 11 i sl. 27). Prvi maksimum je u travnju, drugi u prosincu. Kao i u Slavonskome Brodu, prvi minimum je u kolovozu, a novi drugi minimum je u veljači.

Zagreb



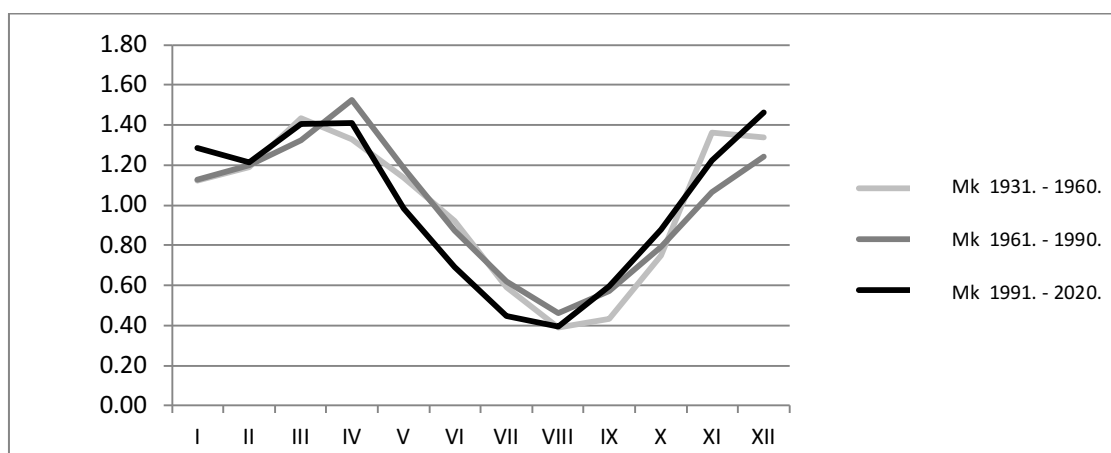
Sl. 25. Modulni koeficijenti stanice Zagreb za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

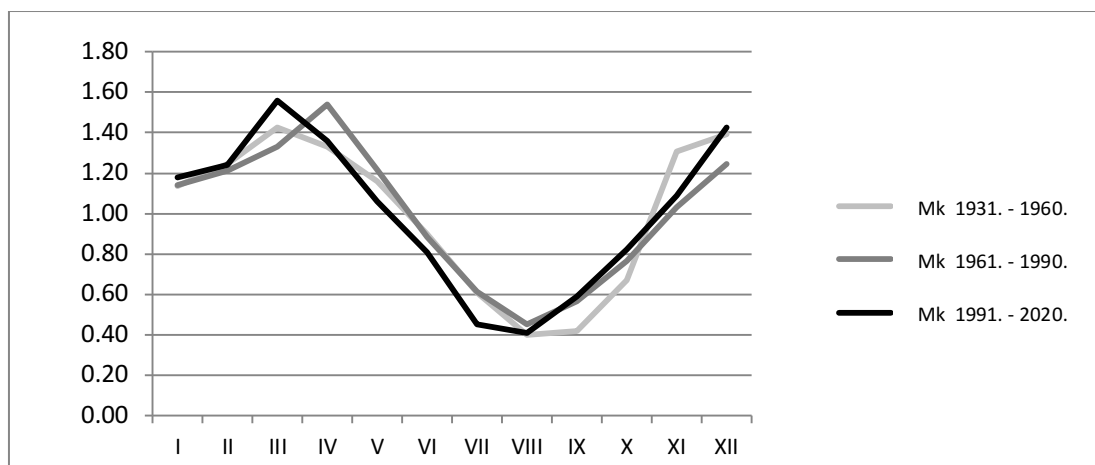
Rugvica



Jasenovac



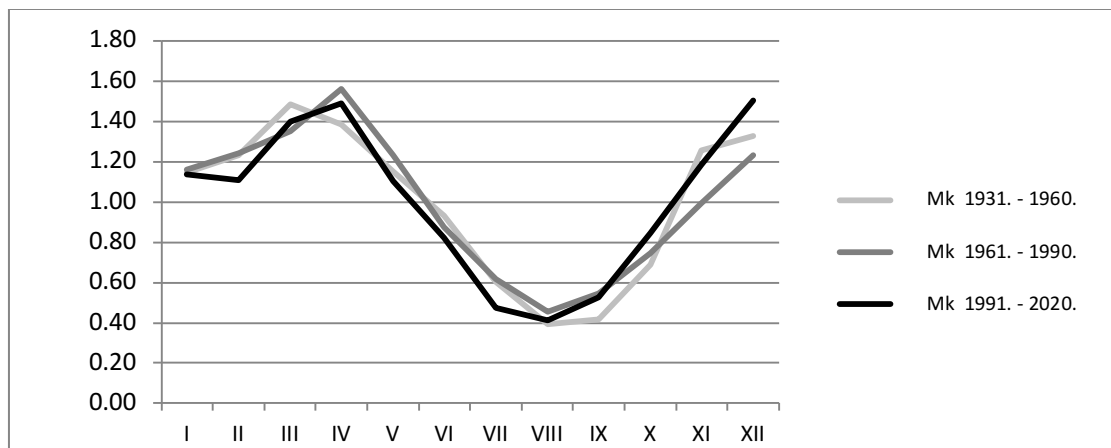
Stara Gradiška



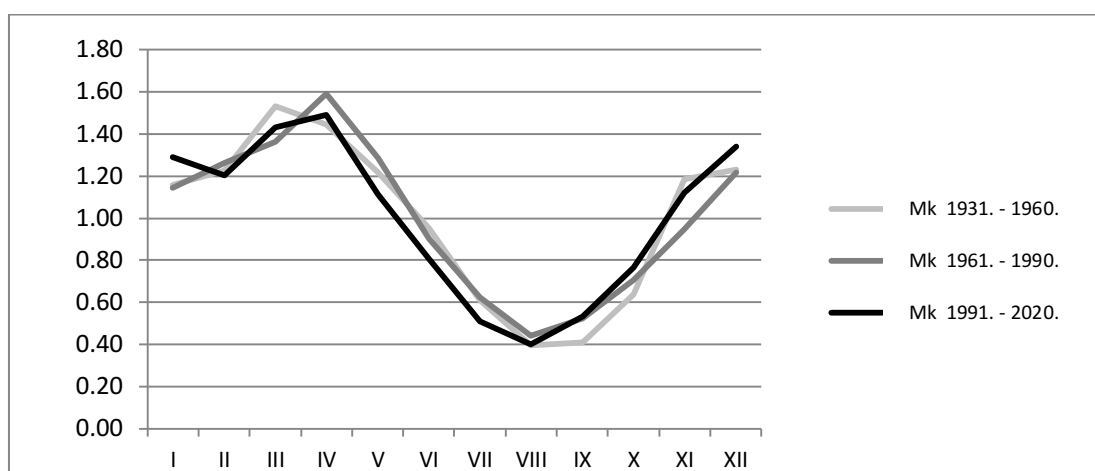
Sl. 26. Modulni koeficijenti stanica Rugvica, Jasenovac i Stara Gradiška za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Slavonski Brod



Županja stepenica



Sl. 27. Modulni koeficijenti stanica Slavonski Brod i Županja stepenica za tri tridesetogodišnja razdoblja

Izvor: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske (n.d.); izradio autor

Iznadprosječne vrijednosti kod stanica Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja javljaju se od studenoga do svibnja. Manji broj iznimaka je modulni koeficijent u Jasenovcu 1991. – 2020. gdje svibanj pada na 0.99, u Slavonskom Brodu 1961. – 1990. studeni pada na 0.99 te u Županji taj isti studeni ima 0.95. Zagreb i Rugvica iznadprosječne mjeseci imaju u dva niza. Režim Save kod Zagreba od ostalih tekućica različit je upravo po takvome javljanju (Čanjevac, 2013). Iznad prosjeka su redovito mjeseci studeni i prosinac te ožujak i travanj. Vrijednosti oko prosjeka javljaju se u siječnju, veljači, svibnju i listopadu.

3. Rasprava

Linearni trendovi maksimuma i minimuma prve četiri postaje ukazuju na rast maksimuma i pad minimuma, dok Slavonski Brod i Županja bilježe padove minimuma i maksimuma (sl. 2). Prema Bonacci i Oskoruš (2011) maksimumi Save kod Zagreba u razdoblju 1926.-2010. imaju vrlo blagi linearni trend opadanja koji statistički nije značajan ($r=-0,0458$). Prema Bonacci (2014) stanica Slavonski Brod također 1926. – 2013. godine ima pad svih karakterističnih protoka. Prema Orešiću i dr. (2017) razlog zašto stanica Županja ima negativne trendove za oba pokazatelja je veće slijevno područje. Protočni režim je tada stabilniji i maksimumi protoka ne mogu biti toliko pod utjecajem intenzivnih, ali prostorno ograničenih oborina. Možemo pretpostaviti da isto vrijedi i za stanicu Slavonski Brod.

Rast maksimuma prema Orešiću i dr. (2017) na stanici Rugvica za razdoblje od 1931. do 2010. iznosi 21,9 %. Analizom podataka za 90 godina utvrđena je približno ista promjena od 21,8 %. Na istoj stanici podaci za razdoblje 1931. – 2010. za minimume daju pad od 22,4 %, a 1931. – 2020. je pad za 26,1 %. Stanica Jasenovac u 80 godina ima rast maksimuma od 1,7 %, dok u 90 godina izrazito većih 11,4 %. Pad minimuma za 80 godina iznosi 17 %, dok je u 90 godina izrazito drugačiji postotak od 11 %. I najnižvodnija stanica Županja za 80 godina daje pad maksimuma od 12,1 %, a za 90 godina prilično manjih 5,5 %. Minimum do 2010. godine pada za 12,7 %, a do 2020. za 11,1 %.

Dakle, pad minimuma na stanicama Zagreb i Rugvica veći je od onih u Jasenovcu i Staroj Gradiški što možemo vidjeti po prosječnoj godišnjoj stopi promjene u tablici 3, a padovi su po 0,33 %. Rast maksimuma najveći je na stanici Rugvica (0,22 %) što znači da je na toj stanici amplituda između minimuma i maksimuma najveća. Slavonski Brod i Županja bilježe minimalne padove maksimuma od 0,02 i 0,06 %, a padovi minimuma su 0,15 i 0,13 %. Prema Bonacci i Oskoruš (2011) vodovodni profil Save kod Zagreba kao i cijeli slijev Save do njega, pretrpio je tijekom analiziranog razdoblja goleme promjene koje su se morale odraziti na promjenu svih njegovih hidroloških obilježja. To se može uočiti iz činjenice zabrinjavajućih trendova opadanja srednjih (26 %) i minimalnih (32 %) godišnjih protoka.

U isto vrijeme srednji protoci također padaju kao i minimumi. Svih šest stanica bilježi njihove padajuće trendove u 90 godina te niže medijane s odmakom vremena, a u novijem tridesetogodišnjem razdoblju stope promjene su ipak rastuće. Stanica Zagreb od 1931. do 2020. ukupno pada za 14,2 %, Rugvica 18,9 %, Jasenovac 18,8 %, Stara Gradiška 6,7 %, Slavonski Brod 14,4 % i Županja 18,4 %. Prema Orešiću i dr. (2017) u 80 godina ukupni pad srednjaka na stanici Rugvica iznosi 21,9 %, Jasenovac 23,8 % i Županja 18,5 % pa možemo

vidjeti da je stanje u zadnjih 10 godina nešto bolje zbog rasta u novijem tridesetogodišnjem razdoblju. Usporedbom perioda 1931. – 1960. i 1961. – 1990. te suvremenih 1991. – 2010. i 1991. – 2020. iz dvaju radova, dolazimo do negativnih trendova u svim razdobljima osim 1991. – 2020. pa možemo zaključiti posljednju tvrdnju. Ranija istraživanja promjena protočnog režima Save kod Zagreba različitih vremenskih obuhvata i metodologija ukazuju uglavnom na negativan trend srednjaka protoka. Prema Čanjevcu (2012a), Trniniću i Bošnjak (2009) te Šegoti i Filipčić (2007) trend na postaji Zagreb je negativan. Prema Čanjevcu (2012b) pad srednjaka ima i Kupa od 9,7 % od 1980. do 2009. u odnosu na period od 1961. do 1990.

Usporedbom medijana maksimuma za cijelo promatrano razdoblje, primjetan je pad medijana u Rugvici u odnosu na Zagreb od 17,9 %. Vrijednosti medijana minimuma stanica rastu kako idemo nizvodno. Usporedbom medijana s aritmetičkim sredinama za iste podatke, možemo zaključiti da ekstremne vrijednosti nemaju izraženi utjecaj. Radom je ustanovljeno da na stanicama koeficijenti varijacije za minimume i maksimume imaju međugodišnja odstupanja od aritmetičke sredine u promatranim periodima od 6 do 38 %.

Što se tiče prosječnih godišnjih stopa promjene maksimuma i minimuma u razdoblju 1931. – 1960., gotovo sve postaje bilježe negativne stope. U razdoblju 1961. – 1990. sve postaje bilježe negativne stope, a 1991. – 2020. pozitivne stope. Najveći utjecaj na pozitivne stope promjene maksimuma Zagreba, Rugvice, Jasenovca i Stare Gradiške ima novije razdoblje (do ogromnih 1,70 %) jer su onda i medijani najviši. Promjene minimuma veće su od promjena maksimuma te ne smiju zavarati naoko niski postotci godišnje promjene jer izračunom ukupnog rasta / pada dolazi se do velikih brojki.

Od 1931. do 1960. medijani maksimuma veći su od onih u razdoblju od 1961. do 1990. Novije razdoblje ima uglavnom najveći medijan maksimalnih protoka. Kod minimuma, medijani 1991. – 2020. manji su od ostalih razdoblja (od 4,2 do 20,6 %). Zaključno, najveće razlike se nalaze u računu s razdobljem 1991. – 2020. godine, kao što je to slučaj i u radu Orešića i dr. (2017) kod srednjih protoka.

Trendovi srednjih maksimuma i minimuma te stope promjene ukazuju uglavnom na padajuće trendove. Jedini rastući trendovi su srednji maksimumi Zagreba (prosječna stopa promjene je 0,02 % ili u 90 godina 2,20 %) i Stare Gradiške (0,06 % ili u 90 godina 5,30 %). Srednji maksimumi padaju od 0,05 % u Slavonskom Brodu do 0,11 % u Županji. Srednji minimumi su u padu od 0,27 % u Staroj Gradiški do 0,43 % u Jasenovcu. Srednji maksimumi i minimumi u prva dva tridesetogodišnja razdoblja imaju padajuće stope promjene, dok novije

tridesetogodišnje razdoblje uglavnom ima rastuće stope promjene. Medijani srednjih godišnjih minimuma smanjuju se kako idemo prema novijim razdobljima.

Amplitude VQ-NQ rastu na prve četiri stanice (od 0,1 % u Zagrebu do 0,23 % u Rugvici) te neznatni pad u Slavonskom Brodu i blagi pad u Županji (0,06 %) zbog veće površine slijeva. Tada je protočni režim stabilniji i maksimumi protoka ne mogu biti toliko pod utjecajem intenzivnih, ali prostorno ograničenih oborina (Orešić i dr. 2017). Razdoblje 1991. – 2020. ima najveći utjecaj na rast amplituda (rast do velikih 1,79 % u Staroj Gradiški). Rast u tom razdoblju ima i Županja (0,44 %). Prema Orešiću i dr. (2017) rast amplitude protoka nepovoljna je karakteristika režima jer predstavlja veću varijabilnost protoka pri čemu se u slučaju stagnirajućih ili rastućih maksimuma pojava potencijalno opasnih i poplavnih voda ne smanjuju bez obzira na smanjenje srednjih i minimalnih protoka. Amplitude godišnjih srednjih minimuma i maksimuma daju nam nešto lošije rezultate. Jedino Rugvica ima vrlo blagi pad amplitude od 0,03 %, a ostale stanice imaju rastuće stope od 0,07 % u Županji do 0,27 % u Staroj Gradiški. Opet najveći utjecaj na rast amplituda ima novije razdoblje.

Zaključak rada je da su stope promjene za maksimume po godišnjim dobima niže od onih za minimume. Uz to, minimumi su uvijek padajući što je loša karakteristika režima.

Medijani minimuma proljeća najmanji su 1991. – 2020. godine. U Zagrebu, Rugvici, Jasenovcu i Županji medijani maksimuma najmanji su također u tome razdoblju, dok su u Staroj Gradiški i Slavonskom Brodu tada najveći (nepotpuni podaci). Zagreb, Rugvica i Županja imaju padajuće trendove maksimuma i minimuma, a ostale stanice rast maksimuma i pad minimuma (rast amplitude proljeća). Padovi su maksimuma u 90 godina od 7,1 % u Zagrebu do 12,2 % u Rugvici, a njihov je rast od 2 % u Slavonskom Brodu 15,7 % u Staroj Gradiški. Puno veće padove imaju minimumi: od 18,3 % u Staroj Gradiški do ogromnih 31,5 % u Jasenovcu.

U prva dva razdoblja maksimumi i minimumi padaju, dok 1991. – 2020. rastu. Kod maksimuma je pad izraženiji 1931. – 1960. s velikih 1,40 % u Zagrebu, a 1961. – 1990. najveći pad isto je u Zagrebu (0,88 %). Na prve tri stanice 1991. – 2020. rast maksimuma je ogroman (do 2,07 %). Stara Gradiška ima rast od 0,72 %, Slavonski Brod 0,58 % i Županja 0,73 %. Na podatke maksimuma najveći utjecaj imaju prva dva razdoblja.

Kod minimuma također rast 1991. – 2020. nije utjecao na sveukupni trend. Padovi u prva dva razdoblja su veliki. Rast u novijem razdoblju velik je u Rugvici (1,62 % ; nedostatak podataka) i Jasenovcu (1,66 %).

Trendovi protoka ljeta padajući su i za minimume i za maksimume. Dekadni trendovi srednje, srednje minimalne i srednje maksimalne temperature zraka u razdoblju 1961. – 2010. pozitivni su za cijelu godinu, a pogotovo je taj rast izražen ljeti (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2018). Također, u istome razdoblju „slabi trendovi padalina uočljivi su u većini godišnjih doba, ali iznimku čine ljetne oborine koje imaju jasno istaknut negativni trend u cijeloj zemlji (smanjenje)“ (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2018). Padovi ljetnih protoka mogli bi upravo biti rezultat navedenih viših temperatura zraka i manjih količina padalina, a samim time i većeg utjecaja evapotranspiracije. Prema izvješću, godišnja potencijalna evapotranspiracija za razdoblje 1862. – 2008. godine na postaji Zagreb-Grič bilježi rast, a ekstrapolacija njenih rezultata na druge meteorološke postaje moguća je zbog prilično izražene korelacije između vremenskih nizova potencijalne evapotranspiracije za šire područje Hrvatske. Isti dokument donosi i rezultate pada godišnjih otjecanja i godišnje količine vlage u tlu 1862. – 2008. godine (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2018).

Sve stanice ljeti imaju najniže medijane 1991. – 2020. godine. Pad maksimuma najveći je u Jasenovcu (0,42 %). Najveće promjene maksimuma događaju se u novijem razdoblju, prve tri stanice po ogromnim stopama, a Stara Gradiška pada 1,16 %, kao i Slavonski Brod 0,56 % te Županja 0,29 %. Za cijelo promatrano razdoblje stope pada minimuma (do 0,50 %) veće su od pada maksimuma. Već je navedeno da su medijani minimuma najniži u novijem razdoblju. To je rezultat padajućih trendova u prva dva razdoblja. U novijem razdoblju ogroman rast ima Jasenovac (2,25 %) jer su mu i srednji minimumi tada apsolutno najniži (s razine 300 na 193 m³/s).

U jesen maksimumi Zagreba i Stare Gradiške rastu, dok ostalih padaju, no sve te stope su blaže (od -0,12 % u Županji do 0,10 u Staroj Gradiški). U prva dva razdoblja maksimumi padaju. Ovdje razdoblje od 1991. do 2020. najbolje opisuje cjelokupni trend maksimuma. Jedina iznimka je Jasenovac čiji niži medijan u tom razdoblju ne može imati toliki utjecaj. Rast maksimuma 1991. – 2020. u Zagrebu je 0,97 %, u Jasenovcu 0,65 % i Staroj Gradiški 1,15 %. Pad maksimuma je u Rugvici 1,14 %, u Slavonskom Brodu 0,45 % i Županji 0,91 %.

Medijani minimuma u jesen najviši su 1931. – 1960. godine, a u novijem razdoblju su najniži ili nešto malo viši od srednjeg razdoblja. Stope promjene minimuma opet su veće nego kod maksimuma. Stanice bilježe padove od 0,35 u Županji do 0,52 u Jasenovcu. Od 1931. do 1960. godine minimumi imaju manji pad u Zagrebu i Rugvici od nizvodnijih stanica (do 1,35 % u Gradiški). Od 1961. do 1990. taj je pad od 0,41 % u Županji do 0,99 % u Zagrebu. U novijem razdoblju Zagreb bilježi ubrzani pad minimuma od 0,64 % (zbog najnižeg medijana), kao i Rugvica sa stopom od 1,03 %. Za razliku od njih, Jasenovac raste s 1,67 %, ali i dalje

ima najlošiji ukupni trend od svih postaja. Stara Gradiška ima rastuću stopu 0,92 %, Slavonski Brod pad od 0,93 % te Županja također pad od 0,82 %.

Medijani maksimuma zime prema novijem razdoblju padaju u Jasenovcu, Slavanskom Brodu i Županji (razlika starijeg i novijeg razdoblja je oko 8 %). Linearni trendovi maksimuma rastu u prve četiri stanice (od 0,06 % u Jasenovcu do 0,20 % u Zagrebu) te blaže padaju u Slavanskom Brodu i Županji (0,05 %). Od 1931. do 1960. maksimumi rastu na svim stanicama do 0,50 %, dok od 1961. do 1990. rastu u većim postotcima do 1,35 % u Slavanskom Brodu i Županji. U novijem razdoblju jedine stope pada ima Županja.

Uspoređujući tri razdoblja, medijani minimuma u Zagrebu i Rugvici najmanji su 1991. – 2020. U Jasenovcu, Staroj Gradiški, Slavanskom Brodu i Županji minimumi su uvjerljivo najveći od 1931. do 1960. godine, a srednje i novije razdoblje sličnih su iznosa.

Padovi minimuma najveći su od 1961. – 1990. godine: od 0,74 % u Rugvici do jako velikih 1,98 % u Županji. U starijem razdoblju jedini rast ima stanica Zagreb, Rugvica pada, dok je situacija s ostalim stanicama s visokim medijanom: Jasenovac na blagih +0,06 %, a nizvodne stanice padaju. U novijem razdoblju minimum raste kod Zagreba i Rugvice. Više stope su kod Jasenovca, Stare Gradiške i Slavanskog Broda, a u Županji je ponovo pad.

Prema Orešiću i dr. (2017) pad srednjaka u svim godišnjim dobima pojavljuje se kada usporedimo starije i novije razdoblje (1981. – 2010.). Ali pad nije jednak kroz čitavih 80 godina. Na svim stanicama 1961. – 1990. godine apsolutne vrijednosti srednjaka padaju samo u jesen (u Rugvici primjetno i u zimu), kao što smo našim radom došli do zaključka da su minimumi toga razdoblja niži u Staroj Gradiški u jesen i zimu, u Slavanskom Brodu u jesen te u Županji u jesen i zimu. Od 1981. do 2010. godine pad srednjaka je primjetan u svim ostalim mjesecima (proljeću, ljetu i zimi).

Zaključno, na svim stanicama imamo pad srednjih godišnjih maksimuma novijeg razdoblja u odnosu na srednje (što je poželjan scenarij) osim u Staroj Gradiški gdje je stagnacija. Također i srpanj tada na svim stanicama ima pad srednjih mjesečnih maksimuma.

Stanica Zagreb ima malo promjena u javljanju najviših i najnižih srednjih mjesečnih maksimuma protoka. Od 1931. – 1960. primarni je maksimum u studenom i sekundarni u ožujku, a primarni minimum u kolovozu i sekundarni u siječnju. 1961. – 1990. sekundarni minimum seli u veljaču. U novijem razdoblju iznenađenje je selidba prvog minimuma u srpanj te je sekundarni minimum ponovno u siječnju.

Na stanici Rugvica u starijem razdoblju imamo primarni maksimum u studenome i sekundarni u svibnju, a primarni minimum u kolovozu i sekundarni u veljači. U srednjemu razdoblju imamo promjenu kod sekundarnoga maksimuma koji je sada u ožujku te

sekundarnoga minimuma koji seli u siječanj. U novijemu razdoblju primarni maksimum seli u prosinac, a primarni minimum je kao u Zagrebu u srpnju te sekundarni ponovno u veljači.

1931. – 1960. primarni minimumi stanica Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja su u kolovozu, a sekundarni u siječnju. Jasenovac prvi maksimum ima u studenom i drugi u ožujku, Stara Gradiška prvi u prosincu te drugi isto u ožujku. Ožujak u Slavanskom Brodu i Županji ima veće vrijednosti maksimuma protoka od prosinca. 1961. – 1990. minimumi su i dalje u kolovozu i siječnju, a svi primarni maksimumi sele u travanj. Sekundarni se maksimum javlja u zimu te se on u Jasenovcu i Staroj Gradiški iz ožujka seli u prosinac. 1991. – 2020. primarni minimum i dalje je u kolovozu. Sekundarni minimum seli u veljaču u Jasenovcu, Slavonskome Brodu i Županji. Primarni maksimum u Jasenovcu nije u proljeće nego je u prosincu, a sekundarni u ožujku. U Staroj Gradiški i Slavanskom Brodu prvi seli u ožujak, drugi je u prosincu, a Županja prvi ima u travnju i drugi u prosincu.

Razlika najvišeg i najnižeg srednjeg mjesečnog maksimuma uvijek je najmanja 1961. do 1990. godine. Iznadprosječni srednji mjesečni maksimumi na stanicama Zagreb i Rugvica doživljavaju promjene i javljaju se u dva niza, dok su od Jasenovca do Županje isti u svim razdobljima (od studenog do svibnja).

Niže su vrijednosti srednjih mjesečnih minimuma u novijem razdoblju od onih u starijim razdobljima kao što je to zaključeno i u drugim radovima (Orešić i dr. 2017.). Najmanje negativnih promjena doživjeli su listopad, studeni i prosinac. Od 1961. do 1990. sve stanice imaju primarne maksimume u travnju i sekundarne u prosincu, dok su primarni minimumi u kolovozu i sekundarni u siječnju. To znači da su sve stanice svoje primarne maksimume i minimume selile, a Zagreb, Rugvica i Jasenovac selili su sekundarne maksimume i minimume. U razdoblju 1991. – 2020. promjene u odnosu na prošlo razdoblje imale su samo stanice s nepotpunim podacima.

Razlika najvišeg i najnižeg srednjeg mjesečnog minimuma uvijek je najmanja za novije razdoblje od 1991. do 2020. godine. Iznadprosječni srednji mjesečni minimumi na stanicama Zagreb i Rugvica doživljavaju veće promjene i različitiji su od ostalih stanica, dok su od Jasenovca do Županje međusobno uglavnom slični u svim razdobljima.

„Promjene protočnih režima rijeka zbog promjene klimatskih elemenata ponajprije se u Europi odnose na način opskrbe rijeka, odnosno vrstu njihove prihrane“ (Čanjevac, 2012b, 62). Za vodnost Save kod Zagreba najvažnije su padaline koje padnu na teritorij Republike Slovenije. Prema Trniniću i Bošnjak (2009) meteorološke stanice Ljubljana (1866. – 2007.), Rateče (1948. – 2007.) te informativno Zagreb-Grič (1862. – 2007.) imaju smanjenje godišnjih padalina. Međuovisnost protoka Save kod Zagreba i smanjenje padalina u Ljubljani

i Zagrebu utvrdili su i Šegota i Filipčić (2007). Pad srednjih minimalnih i maksimalnih protoka u studenome podudara se sa smanjenim padalinama u listopadu (Penzar i Penzar, 1979; 1981). Važno je napomenuti i da je listopad prema novijem istraživanju mjesec s najvećim varijacijama u padalinskom režimu u Hrvatskoj (Maradin, 2007) pa ne iznenađuju primarni maksimumi 1991. – 2020. u studenome. Prema Orešiću i dr. (2017) padalinski režim u gorskoj Hrvatskoj (i vjerojatno u dijelovima Bosne i Hercegovine) može biti razlog zašto imamo proljetne maksimume u srednjem toku rijeke Save. Dokaz tomu bi bio maksimum kiše u travnju koji je karakterističan za dinarsko područje Hrvatske. Naravno, proljetni maksimumi su povezani i s otapanjem snijega. Prema istraživanjima za Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu, snijeg ima manji udio u padalinama i snježni pokrov kraće traje (Gajić-Čapka, 2011; Stručni tim za Drugi nacionalni izvještaj BiH i Projektni odbor, 2013). pa je manji utjecaj snijega na protoke u travnju i svibnju. Prema Orešiću i dr. (2017) manje snijega u travnju i svibnju mogao bi biti razlog izraženoga modulnog koeficijenta travnja kada kiše padaju u gorskoj Hrvatskoj, osobito nizvodno od ušća rijeke Kupe.

U posljednjemu razdoblju pad proljetnih i ljetnih protoka u godišnjem hodu povezan je s rastućim temperaturama na godišnjoj i mjesečnoj razini, s rastom potencijalne i stvarne evapotranspiracije te negativnog trenda otjecanja u skoro cijeloj Hrvatskoj (Pandžić i dr., 2009 prema Orešić i dr., 2017). Istraživanje iz 2014. godine (Gajić-Čapka i dr., 2014 prema Orešić i dr., 2017) govori kako u razdoblju od 1961. do 2010. postoji značajan pad ljetnih padalina u cijeloj Hrvatskoj, a pogotovo u Dinaridima u Hrvatskoj (pad u proljeće i jesen, također). Važno je u zaključke uključiti Dinaride jer je porječje Save velikim dijelom dio njih te Una, Vrbas, Ukrina, Bosna i Drina zajedno donose u Savu 68 % od protoka Save na njezinu ušću u Dunav (Hrvatska enciklopedija, 2021). Prema Stručnom timu za Drugi nacionalni izvještaj i Projektnom odboru (2013) izvješće za Bosnu i Hercegovinu daje nam rezultate o rastu temperature i preraspodjeli padalina u godišnjem hodu koja donosi češća i intenzivnija sušna razdoblja i poplave. Očekivane su smanjene padaline u cijeloj BiH (pogotovo u ljeto).

I zaključno o srednjacima protoka, prema Orešiću i dr. (2017) stanica Jasenovac u razdoblju od 1991. do 2010. godine ima malu razliku između primarnog maksimuma u travnju (1,60) i kasnog jesenskog, tj. sekundarnog maksimuma u prosincu (1,58). U nastavnih 10 godina, ovo istraživanje utvrdilo je selidbu primarnoga maksimuma u prosinac (1,46), dok su ožujak i travanj postali mjeseci sekundarnoga maksimuma (1,41). Zaključak je ovoga rada i radova Orešića i dr. (2017) te Čanjevca (2013) da režim rijeke Save prelazi u panonski kišno-snježni režim u blizini stanice Jasenovac koja je uzvodno od ušća Une, a zbog utjecaja

rijeke Kupe, tj. da su podaci sa stanice Jasenovac tranzicijskog karaktera, a da je od ušća rijeke Une režim protoka u potpunosti panonski kišno-snježni (Orešić i dr., 2017).

Nadalje, glavna karakteristika koja razlikuje panonski kišno-snježni režim od peripanonskoga je primarni maksimum u proljeće s redovito jako izraženim koeficijentima u travnju (od 1,5 do 2) i sekundarni maksimum u prosincu (Orešić i dr., 2017). Podaci u tablici 2 pokazali su da jedina stanica koja u suvremenome razdoblju u potpunosti odgovara potonjemu režimu je stanica Županja, a što bi mogla biti posljedica nepotpunih podataka za stanice Stara Gradiška i Slavonski Brod. Tablica 11 i slika 12 pokazuju nam da su nizvodne tri stanice takvom režimu odgovarale u prva dva razdoblja. Kad je primarni maksimum nizvodnih stanica u prosincu, manja je razlika između primarnih i sekundarnih maksimuma, a objašnjenje su upravo ove značajke panonskoga režima.

Iznadprosječne vrijednosti kod stanica Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja javljaju se od studenoga do svibnja (uz manji broj iznimaka). Zagreb i Rugvica iznadprosječne mjesece imaju u dva niza. I Čanjevac (2013) govori o razlici režima Save kod Zagreba od ostalih tekućica po javljanju iznadprosječnih vrijednosti u dva niza. To je javljanje redovito u studenome i prosincu te ožujku i travnju. Vrijednosti oko prosjeka javljaju se u siječnju, veljači, svibnju i listopadu.

4. Zaključak

Analiza promjena minimalnih i maksimalnih protoka Save u Hrvatskoj u razdoblju 1931. – 2020. godine dala je linearne trendove prve četiri postaje koje ukazuju na rast maksimuma i pad minimuma, dok Slavonski Brod i Županja bilježe padove minimuma i maksimuma. Razlog zašto zadnje dvije stanice imaju drugačije trendove je veće slijevno područje te u skladu s tim stabilniji protočni režim (maksimumi protoka ne mogu biti toliko pod utjecajem intenzivnih, ali prostorno ograničenih oborina). Medijani godišnjih maksimuma 1991. – 2020. veći su od onih u ranijim razdobljima (osim u već navedenom Slavonskom Brodu i Županji), a medijani minimuma manji su na svim stanicama u tome razdoblju. Takva situacija s minimumima je i kod njihovih srednjih vrijednosti. Analiza srednjih maksimuma i minimuma po godišnjim dobima daje nam stope promjene maksimuma niže od onih za minimume. Nadalje, minimumi su u svakome godišnjem dobu padajući. Prva hipoteza rada, utemeljena na prošlim istraživanjima protoka, glasila je: „Minimalni protoci bilježe pad na svim stanicama u cijelome promatranome razdoblju.“ Prema svemu navedenom ova se hipoteza u potpunosti može prihvatiti. Druga hipoteza glasila je: „Maksimalni protoci bilježe pad ljeti na svim stanicama u cijelome promatranome razdoblju.“ Ova hipoteza isto se prihvaća, a ti padovi su od 0,09 % u Zagrebu do 0,42 % u Jasenovcu. U radu je dana analiza godišnjeg hoda srednjih minimuma i maksimuma za tri tridesetogodišnja razdoblja. Putem tablica 9 i 11 dobivamo odgovor na sljedeću hipotezu: „U novijem razdoblju jesenski maksimum postaje primarni.“ Hipoteza se odbacuje za sve osim u slučaju stanica Zagreb i Rugvica koji kod srednjaka primarni jesenski maksimum imaju u novijem razdoblju u odnosu na 1961. – 1990. Pad minimuma i maksimuma protoka u toplijem dijelu godine važan je rezultat istraživanja, a podudara se s prijašnjim istraživanjima klimatskih promjena u regiji, posebno s trendom rasta temperature zraka i evapotranspiracije. Promjene protočnog režima Save nepovoljne su te se hidrološka istraživanja i projekcije trebaju uvažiti kada je riječ o upravljanju vodama. Od posebne je važnosti svijest o projekcijama zatopljenja u regiji, o scenariju još većih padova minimalnih protoka koji vuku niz problema te o potrebnoj suradnji država porječja Save.

Literatura

Abdulaj, R., Miković, N., Oskoruš, D., Vujnović, T., 2014: Velike vode donjeg toka rijeke Save tijekom svibnja 2014., *Hrvatska vodoprivreda*, 207, 14-17

Bonacci O., Ljubenkov I., 2008: Changes in flow conveyance and implication for flood protection, Sava River, Zagreb, *Hydrological Processes*, 22 (8), 1189–1196

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., 2014: Hidrološka analiza mjerenja izvršenih na vodomjernoj postaji Slavonski Brod na rijeci Savi, *Hrvatske vode : časopis za vodno gospodarstvo*, 22 (89), 267-272

Čanjevac, I., 2012a: *Promjene i tipologija režima protoka rijeka u Hrvatskoj*, doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

Čanjevac, I., 2012b: Novije promjene protočnih režima u hrvatskom dijelu poriječja Dunava, *Hrvatski geografski glasnik* 74/1, 61 – 74

Čanjevac, I., 2013: Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik*, 75 (1), 23–42

Frantar, P., Hrvatin, M., 2005: Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000, *Geografski vestnik* 77 (2), 115–127

Gajić-Čapka, M., 2011: Snow climate baseline conditions and trends in Croatia relevant to winter tourism, *Theoretical and Applied Climatology*, 105 (1), 181–191

Gilja, G., Ocvirk, E., Kuspilić, N., 2018: Analiza zajedničke vjerojatnosti pojave velikih voda na ušćima primjenom bivarijatnih kopula, *Građevinar* 70 (4), 267-275

Košutić, I., 2020: Uloga deskriptivne statističke obrade podataka u poslovnoj ekonomiji, završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Maradin, M., 2007: Varijabilnost padalina u Osijeku, *Hrvatski geografski glasnik* 69 (2), 53–77

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2018: Sedmo nacionalno izvješće i treće dvogodišnje izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Zagreb, 312 str.

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

Penzar B., Penzar I., 1979: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj, Dio I: *Hrvatski geografski glasnik*, 41-42 (1), 27-48

Penzar B., Penzar I., 1981: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj, Dio II: *Hrvatski geografski glasnik*, 43 (1), 27-49

Riđanović, J., 1993: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, drugo izmj. i dopunj. izdanje, Zagreb

Stručni tim za Drugi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine i Projektni odbor (Second National Communication of Bosnia and Hercegovina expert team and Project board; grupa autora), 2013: Drugi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu s Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o promjeni klime (UNFCCC), Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa; Federalno ministarstvo okoliša i turizma; Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske; Vlada Brčko distrikta; Razvojni program Ujedinjenih nacija Bosne i Hercegovine, 194 str., <https://www.undp.org/bosnia-herzegovina/publications/second-national-communication-bosnia-and-herzegovina-under-united-nations-framework-convention-climate-change>

Svjetska meteorološka organizacija, 2011: Guide to Climatological Practices, *WMO 100*, 3. izdanje, Geneva, 180 str.

Šegota, T., Filipčić, A., 2007: Suvremene promjene klime i smanjenje protoka Save u Zagrebu, *Geoadria* 12 (1), 47-58

Šošić, I., 2009: *Statistika*, udžbenik za srednje škole sa zbirkom zadataka, Školska knjiga, Zagreb

Trninić, D., Bošnjak, T., 2009: Karakteristični protoci Save kod Zagreba, *Hrvatske vode* 17 (69/70), 257-268

Ulag F., Kobold M., Frantar P., 2008: *Trends of River Discharges in Slovenia*, Earth and Environmental Science 4, 1-13

Vlada Republike Hrvatske, 2020: Prijedlog strategije prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, Zagreb, 116 str.

Žugaj, R., 2000: Hidrologija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 407 str.

Izvori

Hrvatska enciklopedija, 2021, *Sava*, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=54730> (25. 8. 2022.)

Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (International Sava River Basin Commission – ISRBC), n.d., *Reljef i hidrografija*, <https://www.savacommission.org/o-nama-81/sliv-rijeke-save/reljef-i-hidrografija/2250> (16. 8. 2022.)

Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (International Sava River Basin Commission – ISRBC), 2012, *Sava River Basin: Overview*, preuzeto s: <https://denissinger.wordpress.com/2020/06/21/porjecje-rijeke-save/> (16. 8. 2022.)

Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (International Sava River Basin Commission – ISRBC), n.d., *Sliv rijeke Save*, <https://www.savacommission.org/o-nama-81/sliv-rijeke-save/107> (16. 8. 2022.)

Projekt FRISCO1, Prekogranično usklađeno slovensko-hrvatsko smanjenje rizika od poplava – strateški projekt 1 – negrađevinske mjere, n.d., <https://frisco-project.eu/hr/o-projektu-hr/o-poplavama/> (12. 9. 2022.)

Sektor za hidrologiju Državnoga hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske, Hrvatska, <http://hidro.dhz.hr/>, hidrološka baza podataka, n.d. (14. 6. 2021.)

Popis slika

| | |
|--|----|
| Sl. 1. Porječje rijeke Save s označenim odabranim hidrološkim stanicama | 3 |
| Sl. 2. Modulni koeficijenti odabranih stanica za suvremeno razdoblje 1991. – 2020. | 10 |
| Sl. 3. Godišnji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Zagreb, Rugvica i Jasenovac 1931. – 2020. godine | 13 |
| Sl. 4. Godišnji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. godine | 14 |
| Sl. 5. Godišnji srednji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Zagreb, Rugvica i Jasenovac 1931. – 2020. godine | 18 |
| Sl. 6. Godišnji srednji minimumi i maksimumi protoka na stanicama Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. godine | 19 |
| Sl. 7. Amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te godišnjih srednjih minimuma i maksimuma stanice Zagreb 1931. – 2020. | 21 |
| Sl. 8. Amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te godišnjih srednjih minimuma i maksimuma stanica Rugvica, Jasenovac, Stara Gradiška i Slavonski Brod 1931. – 2020. | 22 |
| Sl. 9. Amplitude godišnjih minimuma i maksimuma te godišnjih srednjih minimuma i maksimuma stanice Županja stepenica 1931. – 2020. | 23 |
| Sl. 10. Godišnji srednji minimumi i maksimumi proljeća stanica Zagreb, Rugvica i Jasenovac 1931. – 2020. | 25 |
| Sl. 11. Godišnji srednji minimumi i maksimumi proljeća stanica Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. | 26 |
| Sl. 12. Godišnji srednji minimumi i maksimumi ljeta na stanici Zagreb 1931. – 2020. | 27 |
| Sl. 13. Godišnji srednji minimumi i maksimumi ljeta na stanicama Rugvica, Jasenovac i Stara Gradiška 1931. – 2020. | 28 |

| | |
|--|----|
| Sl. 14. Godišnji srednji minimumi i maksimumi ljeta na stanicama Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. | 29 |
| Sl. 15. Godišnji srednji minimumi i maksimumi jeseni na stanicama Zagreb i Rugvica 1931. – 2020. | 30 |
| Sl. 16. Godišnji srednji minimumi i maksimumi jeseni na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška, Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. | 31 |
| Sl. 17. Godišnji srednji minimumi i maksimumi zime na stanicama Zagreb, Rugvica, Jasenovac i Stara Gradiška 1931. – 2020. | 33 |
| Sl. 18. Godišnji srednji minimumi i maksimumi zime na stanicama Slavonski Brod i Županja stepenica 1931. – 2020. | 34 |
| Sl. 19. Srednji mjesečni maksimumi na stanicama Zagreb i Rugvica za tri tridesetogodišnja razdoblja | 36 |
| Sl. 20. Srednji mjesečni maksimumi na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška i Slavonski Brod za tri tridesetogodišnja razdoblja | 37 |
| Sl. 21. Srednji mjesečni maksimumi na stanici Županja stepenica za tri tridesetogodišnja razdoblja | 38 |
| Sl. 22. Srednji mjesečni minimumi na stanicama Zagreb i Rugvica za tri tridesetogodišnja razdoblja | 40 |
| Sl. 23. Srednji mjesečni minimumi na stanicama Jasenovac, Stara Gradiška i Slavonski Brod za tri tridesetogodišnja razdoblja | 41 |
| Sl. 24. Srednji mjesečni minimumi na stanici Županja stepenica za tri tridesetogodišnja razdoblja | 42 |
| Sl. 25. Modulni koeficijenti stanice Zagreb za tri tridesetogodišnja razdoblja | 44 |
| Sl. 26. Modulni koeficijenti stanica Rugvica, Jasenovac i Stara Gradiška za tri tridesetogodišnja razdoblja | 45 |
| Sl. 27. Modulni koeficijenti stanica Slavonski Brod i Županja stepenica za tri tridesetogodišnja razdoblja | 46 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tab. 1. Površina slijeva i broj podataka za tri tridesetogodišnja razdoblja odabranih stanica .. | 7 |
| Tab. 2. Modulni koeficijenti odabranih stanica za suvremeno razdoblje 1991. – 2020. | 11 |
| Tab. 3. Prosječne godišnje stope promjene minimuma i maksimuma protoka na odabranim stanicama 1931. – 2020. te u tridesetogodišnjim razdobljima | 15 |
| Tab. 4. Promjena medijana godišnjih minimuma i maksimuma između tridesetogodišnjih razdoblja na odabranim postajama | 16 |
| Tab. 5. Promjena aritmetičkih sredina godišnjih minimuma i maksimuma između tridesetogodišnjih razdoblja na odabranim postajama | 16 |
| Tab. 6. Prosječne godišnje stope promjene srednjih minimuma i maksimuma protoka na odabranim stanicama 1931. – 2020. te u tridesetogodišnjim razdobljima | 20 |
| Tab. 7. Promjena medijana srednjih godišnjih minimuma i maksimuma između tridesetogodišnjih razdoblja na odabranim postajama | 20 |
| Tab. 8. Promjene godišnjih amplituda protoka Save na odabranim stanicama 1931. - 2020. | 23 |
| Tab. 9. Primarni i sekundarni minimumi i maksimumi za mjesečni SVQ odabranih stanica u tri tridesetogodišnja razdoblja | 35 |
| Tab. 10. Primarni i sekundarni minimumi i maksimumi za mjesečni SNQ odabranih stanica u tri tridesetogodišnja razdoblja | 39 |
| Tab. 11. Primarni i sekundarni minimumi i maksimumi modulnih koeficijenata odabranih stanica u tri tridesetogodišnja razdoblja | 43 |

Prilog: Metodička priprema za nastavni sat geografije

| | | |
|---|---|--|
| Naziv nastavnog sata | Istraživački rad - promjene protočnog režima rijeke Save | |
| Mjesto škole | Zagreb | |
| Datum izvođenja nastavnog sata | Travanj i svibanj 2023. | |
| Razred | 1. razred gimnazije | |
| Tip sata (obrada, ponavljanje, vježbanje, provjeravanje, kombinirani) | Kombinirani | |
| 1. Odgojno-obrazovni ishodi nastavnoga predmeta - GEOGRAFIJA | Ishodi učenja | Zadaci kojima ću provjeriti ishode učenja u završnom dijelu sata |
| <p>GEO SŠ B.1.1. Učenik provodi geografsko istraživanje povezano sa sadržajima odabranoga ishoda i predstavlja rezultate istraživačkoga rada*.</p> <p>GEO SŠ B.1.7. Učenik objašnjava i uspoređuje pojavu i značenje voda na kopnu i njihova obilježja te navodi primjere iz svijeta i Hrvatske koristeći se geografskim kartama i IKT-om.</p> <p>GEO SŠ B.C.1.8. Učenik objašnjava utjecaj voda na naseljenost i gospodarski razvoj na primjerima iz svijeta i Hrvatske koristeći se geografskim kartama i IKT-om.</p> | <p>1. Učenik objašnjava osnovne tipove protočnih režima (kišni, snježni, ledenjački i kombinirani).</p> <p>2. Učenik prepoznaje prostorni problem.</p> <p>3. Učenik postavlja istraživačko pitanje.</p> <p>4. Učenik postavlja hipotezu.</p> <p>5. Učenik prikuplja podatke iz dostupne literature i pouzdanih internetskih izvora.</p> <p>6. Učenik obrađuje podatke za analizu promjena protočnog režima.</p> <p>7. Učenik analizira promjene protoka Save na određenoj hidrološkoj postaji između dvaju razdoblja.</p> | <p>1. Koji su osnovni tipovi protočnih režima? Objasni ih. Koji tip protočnog režima ima rijeka Sava?</p> <p>2. Koje probleme u prostoru prepoznaješ u tekstu?</p> <p>3. Na temelju problema, postavi istraživačko pitanje na temu promjena protočnog režima na stanici Zagreb / Županja stepenica na koje ćeš odgovoriti samostalnim istraživanjem.</p> <p>4. Postavi hipotezu u obliku izjavne rečenice koju ćeš provjeravati istraživanjem.</p> <p>5. Prikupi navedene podatke o protocima s Državnog hidrometeorološkog zavoda. Za istraživački izvještaj podatke prikupi iz dostupne literature i pouzdanih internetskih izvora.</p> <p>6. Za izradu dijagrama pripremi godišnje maksimume i minimume (na osi x su godine) / srednje mjesečne protoke (na osi x su mjeseci). Za udio promjene izračunaj aritmetičku sredinu dvaju razdoblja.</p> <p>7. Koliki je udio promjene maksimalnih / minimalnih /srednjih protoka između dvaju razdoblja?</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>8. Učenik donosi zaključak na temelju rezultata istraživanja.</p> <p>9. Učenik izrađuje istraživački izvještaj.</p> <p>10. Učenik imenuje pritoke rijeke Save uzvodno od određene hidrološke postaje.</p> <p>11. Učenik prikazuje informacije i podatke u tablici, dijagramima i na karti.</p> <p>12. Učenik interpretira podatke.</p> <p>13. Učenik prikuplja zaključke literature o klimatskim promjenama u Hrvatskoj.</p> <p>14. Učenik objašnjava uzroke i posljedice poplava te različite pristupe u obrani od poplava na primjeru rijeke Save.</p> <p>15. Učenik objašnjava važnost niskih voda u sušnim razdobljima za okoliš i stanovništvo.</p> <p>16. Učenik pravilno navodi popis literature i izvora.</p> <p>17. Učenik pravilno numerira i potpisuje grafičke priloge.</p> <p>18. Učenik izdvaja najvažniji rezultat rada u zaključku izvještaja.</p> <p>19. Učenik utvrđuje je li hipoteza potvrđena ili nije.</p> | <p>8. Koje su posljedice takvih promjena u režimu? Što bi mogao biti uzrok promjenama protoka između razdoblja?</p> <p>9. Napiši istraživački izvještaj u Wordu.</p> <p>10. Imenuj pritoke rijeke Save uzvodno od svoje postaje.</p> <p>11. U izvještaju podatke prikaži tablicom i dijagramima. Lokaciju postaje u porječju rijeke Save prikaži kartom.</p> <p>12. Interpretiraj podatke tekstualnim objašnjenjima.</p> <p>13. Koji su zaključci drugih istraživanja o klimatskim promjenama u Hrvatskoj?</p> <p>14. Objasni uzroke i posljedice poplava te različite pristupe u obrani od poplava na primjeru rijeke Save.</p> <p>15. Objasni važnost niskih voda u sušnim razdobljima.</p> <p>16. Pravilno navedi popis literature i izvora korištenih u izvještaju (u suradnji sa školskim knjižničarom).</p> <p>17. Provjeri jesu li pravilno numerirani i potpisani grafički prilozi.</p> <p>18. U zaključku izvještaja izdvoji najvažniji rezultat rada.</p> <p>19. Je li vaša hipoteza potvrđena ili nije?</p> |
|--|---|--|

| | | |
|--|---|---|
| | <p>20. Učenik uspoređuje podatke i zaključke s kolegama.</p> <p>21. Učenik predstavlja rezultate istraživačkog rada.</p> | <p>20. Usporedi podatke i zaključke s drugim istraživačkim radovima u razredu.</p> <p>21. Predstavite rezultate istraživačkog rada.</p> |
| <p>2. Povezanost² s odgojno-obrazovnim očekivanjima MPT Učiti kako učiti</p> | <p>uku A.4/5.1. Učenik samostalno traži nove informacije iz različitih izvora, transformira ih u novo znanje i uspješno primjenjuje pri rješavanju problema.</p> <p>uku A.4/5.4. Učenik samostalno kritički promišlja i vrednuje ideje.</p> | |
| <p>3. Povezanost² s odgojno-obrazovnim očekivanjima MPT Osobni i socijalni razvoj</p> | <p>osr B.4.2. Suradnički uči i radi u timu.</p> | |
| <p>4. Povezanost² s odgojno-obrazovnim očekivanjima MPT Uporaba IKT-a</p> | <p>ikt C.4.1. Učenik samostalno provodi složeno istraživanje radi rješenja problema u digitalnome okružju.</p> <p>ikt C.4.2. Učenik samostalno provodi složeno pretraživanje informacija u digitalnome okružju.</p> <p>ikt C.4.3. Učenik samostalno kritički procjenjuje proces, izvore i rezultate pretraživanja, odabire potrebne informacije.</p> <p>ikt C.4.4. Učenik samostalno i odgovorno upravlja prikupljenim informacijama.</p> | |
| <p>5. Povezanost s odgojno-obrazovnim očekivanjima drugih MPT-a i/ili odgojno-obrazovnim ishodima drugih nastavnih predmeta</p> | <p>odr A.4.2. Objasnjava važnost uspostavljanja prirodne ravnoteže.</p> <p>odr A.4.4. Prikuplja, analizira i vrednuje podatke o utjecaju gospodarstva, državne politike i svakodnevne potrošnje građana na održivi razvoj.</p> <p>MAT OŠ E.5.1., E.6.1., SŠ A.1.1., E.1.1. – aritmetička sredina MAT OŠ D.6.3., A.6.9., A.7.1., D.7.6., SŠ B.1.3. – postotni račun</p> <p>Informatika C.6.2 Nakon šeste godine učenja predmeta Informatika u domeni Digitalna pismenost i komunikacija učenik se koristi <i>online</i> pohranom podataka i primjerenim programima kao potporom u učenju i istraživanju te suradnji. C.8.3 Nakon osme godine učenja predmeta Informatika u domeni Digitalna pismenost i komunikacija učenik dizajnira, razvija, objavljuje i predstavlja radove s pomoću sredstava informacijske i komunikacijske tehnologije primjenjujući suradničke aktivnosti – <i>MS Excel</i> (obrada podataka, crtanje dijagrama), <i>Word</i> (pisanje istraživačkog izvještaja) i <i>PowerPoint</i> (prezentacija istraživačkog rada)</p> | |

| Tijek nastavnog sata | | |
|-----------------------|---|--|
| Etape sata | Cilj etape | Aktivnosti učenika |
| Uvod (1 nastavni sat) | <p>najava cilja nastavnog sata</p> <p>provjera predznanja</p> <p>razvija vještinu čitanja teksta</p> <p>prepoznavanje problema</p> <p>postavljanje istraživačkog pitanja i hipoteze</p> <p>upoznavanje s planom rada, očekivanjima i vrednovanjem</p> | <p>Učenici slušaju početne upute nastavnika o istraživačkome radu te sjede u parovima (odredio nastavnik). Učenici na poziv objašnjavaju osnovne tipove protočnih režima (kišni, snježni, ledenjački i kombinirani) te tako ponavljaju nastavne sadržaje o tekućicama (<i>Koji su osnovni tipovi protočnih režima? Objasni ih.</i>). Učenici čitaju prvi polazni tekst s kartom porječja Save i ucrtanim postajama Zagreb, Rugvica, Jasenovac, Slavonski Brod i Županja stepenica.</p> <p><i>Od 2008. do 2018. zabilježeno je mnogo velikih voda u porječju rijeke Save. Primjerice, 2010. godine zabilježen je najveći protok kod Zagreba nakon zagrebačke poplave 1964. godine, dok je 2014. godine na Kupi kod Karlovca izmjeren protok kakav se mjeri jednom u 100 godina. Naposljetku, u svibnju 2014. rijeka Sava imala je protok kakav se mjeri jednom u 1000 godina. Tada su popustili nasipi te su Sava i njeni pritoci poplavili Gunju (kod Županje) i okolna sela Hrvatske, a velike poplave su imale i Bosna i Hercegovina te Srbija. Utvrđeno je da je na poplave 2014. najveći utjecaj imala rijeka Bosna koja utječe u rijeku Savu (Gilja i dr., 2018).</i></p> <p>Učenici prepoznaju i raspravljaju o prostornom problemu u tekstu zajedno s nastavnikom. Zatim čitaju drugi tekst.</p> <p><i>Analiza promjena protoka Save u razdoblju 1931. – 2020. godine na postaji Rugvica (kod Zagreba) ukazuje na očekivani rast maksimalnih protoka te pad srednjih i minimalnih protoka. Na postaji Slavonski Brod zabilježeni su padovi maksimalnih, srednjih i minimalnih protoka. Razlog tomu je veći broj pritoka Save na tom dijelu njenog toka. Tada maksimalni protoci ne mogu biti toliko pod utjecajem prostorno ograničenih padalina.</i></p> <p>Učenici zajedno s nastavnikom diskutiraju što bi to bili minimumi, srednjaci i maksimumi. Prepoznaju i raspravljaju o prostornom problemu u tekstu zajedno s nastavnikom. Na temelju problema, parovi učenika postavljaju istraživačko pitanje i hipotezu na temu promjena protočnog režima na stanici Zagreb (prva i treća grupa zadataka) ili Županja stepenica (druga i četvrta grupa) pišući u bilježnicu. Učenici na listu papira dobivaju plan rada. Upoznaju se s očekivanjima i kriterijima vrednovanja.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Glavni dio sata (3 nastavna sata)</p> | <p>prikupljanje podataka</p> <p>rad u paru – četiri grupe zadataka</p> <p>izrada linijskog dijagrama</p> <p>vrednovanje za učenje – nastavnik daje povratne informacije učenicima tijekom izrade istraživačkog rada</p> <p>obrada i analiza podataka</p> <p>donošenje zaključka</p> | <p>Učenici u parovima sjedaju za jedno računalo. Učenici dobivaju nastavnikove pisane upute te otvaraju početnu mrežnu stranicu Državnog hidrometeorološkog zavoda te nalaze stranice Sektora za hidrologiju. Pod karticom <i>Hidrološke postaje i podaci</i> nalaze rijeku Savu i njene postaje <i>Zagreb</i> i <i>Županja stepenica</i> unutar popisa sljevova i porječja Hrvatske. Na istoj stranici nalaze navedene postaje na karti Hrvatske te otvaraju podatke postaja. Učenici prepoznaju lokaciju i mjerni uređaj hidrološke postaje <i>Zagreb</i> putem fotografije na stranici (pitanje: <i>Prepoznajete li lokaciju u Zagrebu gdje se postaja nalazi?</i>; odgovor: Savski most). Učenici otvaraju podatke za 2021. godinu: mjesečne minimume, srednjake i maksimume. Učenici ponavljaju što su mjesečni minimumi, srednjaci i maksimumi. Na poziv odgovaraju na pitanje <i>Koliko je iznosio maksimum na postaji Zagreb za siječanj (1511 m³/s.), a koliko minimum? (157 m³/s.)</i>. Odgovaraju na pitanja <i>Kojih datuma su se javljali minimumi i maksimumi u siječnju? (21. te 23. siječnja), Koliko je maksimum bio veći od minimuma za te dane? (Otprilike deset puta veći.)</i> i <i>Koji zaključak donosite?</i> (očekivani odgovor: Protok rijeke može imati velike razlike između dana.).</p> <p>Prva grupa zadataka: Prvi učenik iz para prikuplja i unosi podatke za maksimume iz 2021. sa postaje <i>Zagreb</i> u <i>MS Excel</i> (uz već upisane podatke od 1961. do 2020.). Zatim drugi učenik prikuplja i unosi podatke za minimume iz 2021. sa iste postaje. Pomoću godišnjih rekorda (minimalne i maksimalne vrijednosti protoka) za svaku godinu, prvi učenik crta linijski dijagram maksimuma 1961. – 2021., a drugi učenik linijski dijagram minimuma 1961. – 2021. Računaju aritmetičku sredinu minimuma i maksimuma za starije (1961. – 1990.) i novije razdoblje (1991. – 2021.). Učenici zaključuju kakve promjene su se dogodile u minimalnim i maksimalnim protocima. Računaju postotak promjene minimalnih i maksimalnih protoka između dvaju razdoblja. Učenici analiziraju posljedice takvih promjena (rasta maksimuma i pada minimuma). Analiziraju što bi mogao biti uzrok promjene vrijednosti protoka između razdoblja. Učenici na temelju rezultata istraživanja donose zaključke te izrađuju istraživački izvještaj u Wordu.</p> <p>Druga grupa zadataka: učenički par ima iste zadaće kao i prva grupa. Istraživanje se provodi na postaji <i>Županja stepenica</i>.</p> <p>Treća grupa zadataka: učenički par prikuplja i unosi podatke za srednjake iz 2021. sa postaje <i>Zagreb</i> u <i>MS Excel</i>. Učenici računaju srednje vrijednosti za svaki mjesec za starije i novije razdoblje te jedan učenik crta dijagram protočnog režima za starije razdoblje, a drugi za novije. Računaju srednju vrijednost</p> |
|--|---|---|

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| | <p>pisanje istraživačkog izvještaja</p> <p>pisano izražavanje</p> <p>prikupljanje literature</p> | <p>protoka za 2021. godinu. Računaju aritmetičku sredinu godišnjih srednjaka za starije i novije razdoblje. Učenici zaključuju kakve promjene su se dogodile u srednjim protocima. Računaju postotak promjene srednjih protoka između dvaju razdoblja. Učenici opisuju kada se javljaju dva maksimuma, a kada dva minimuma protoka u godišnjem hodu. Učenici analiziraju promjene protočnog režima između dvaju razdoblja (promjene javljanja minimuma i maksimuma u godišnjemu hodu). Učenici analiziraju što bi mogao biti uzrok promjene vrijednosti protoka između razdoblja te donose zaključak. Učenici na temelju rezultata istraživanja donose zaključke te izrađuju istraživački izvještaj u Wordu.</p> <p>Četvrta grupa zadataka: učenički par ima iste zadaće kao i treća grupa. Istraživanje se provodi na postaji Županja stepenica.</p> <p>Svi parovi učenika u istraživačkom izvještaju u Wordu imenuju pritoke rijeke Save uzvodno od svoje postaje. Navode koji tip protočnog režima ima rijeka Sava. Podatke prikazuju tablično, grafički (dijagrami) i kartografski (lokacija postaje u porječju rijeke Save). Učenici interpretiraju podatke tekstualnim objašnjenjima. Prikupljaju zaključke drugih istraživanja o klimatskim promjenama u Hrvatskoj. Učenici objašnjavaju uzroke i posljedice poplava te različite pristupe u obrani od poplava na primjeru rijeke Save. Učenici pišu o velikoj poplavi u Zagrebu/nizvodno od Županje. Navode utjecaje hidrotehničkih zahvata na okoliš. Objašnjavaju važnost niskih voda u sušnim razdobljima za okoliš i stanovništvo. U zaključku sažimaju misli iz rada, izdvajaju najvažniji rezultat svojega rada te utvrđuju je li hipoteza potvrđena ili nije. Pravilno navode popis literature i izvora korištenih u izvještaju (u suradnji sa školskim knjižničarom) te pravilno numeriraju i potpisuju grafičke priloge. Učenički izvještaj je opsega od oko tri stranice. Učenici nakon oba sata pisanja izvještaja svoje uradke šalju nastavniku.</p> |
| <p>Završni dio (2 nastavna sata)</p> | <p>primijeniti naučeno; rad u skupini; usporedba podataka i zaključaka između parova te dogovor grupnog prezentiranja zaključaka; prezentacija učinjenog; usmeno izražavanje; zajednička analiza;</p> | <p>Nakon napisanih istraživačkih izvještaja, učenički parovi jedne grupe zadataka uspoređuju svoje podatke i zaključke s parovima ostalih grupa zadataka koje nastavnik određuje. Zadnjih 10 minuta sata, svi učenici prve grupe zadatka uspoređuju svoje podatke, zaključke i saznanja te se dogovaraju na koji način će na sljedećem (zadnjem) satu prezentirati zaključke prve grupe. Tako je i za ostale tri grupe.</p> <p>Prezentacija četiri skupine na zadnjemu satu je usmena (<i>PowerPoint</i> prezentacija ili poster) te u njoj sudjeluju svi učenici skupine. Učenici odgovaraju na pitanja nastavnika i učenika u klupama te brane svoje hipoteze i rezultate istraživanja. Odabrani učenici u klupama analiziraju te komentiraju izradu prezentacije i</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | vrednovanje kao učenje; vrednovanje naučenog – nastavnik vrednuje prema rubrikama za vrednovanje istraživačkog rada | prezentaciju radova. Učenici zaključuju koji su kriteriji zadovoljeni, koji su djelomično zadovoljeni, a koji nisu zadovoljeni. Učenički parovi predaju svoje istraživačke izvještaje u Wordu nastavniku na ocjenu. Za domaću zadaću svaki učenik vrednuje svoj rad i rezultate rada u paru i skupini prema kratkome listu za procjenu kojeg šalju nastavniku elektroničkom poštom (anonimno ili s potpisom). Učenici uz pomoć nastavnika i voditelja školskoga lista mogu objaviti objedinjeni istraživački rad. |
|--|--|---|

Nastavne metode i oblici rada

Metoda rada na tekstu, metoda razgovora, neizravna grafička metoda, metoda demonstracije, metoda pisanih radova, metoda usmenog izlaganja
Rad u parovima, skupni rad, samostalni rad, rad na računalu, frontalni rad

Nastavna sredstva i pomagala

Polazni tekstovi, računala, internet, *MS Excel*, *MS Word*, *MS PowerPoint*, poster, LCD projektor, *PPT* prezentacija, pisani istraživački izvještaj, plan rada na listu papira, pribor za pisanje, bilježnica, karta porječja Save s ucrtanim postajama (Zagreb, Rugvica, Jasenovac, Slavonski Brod i Županja stepenica), linijski dijagrami godišnjih minimalnih i maksimalnih protoka na stanicama Zagreb i Županja stepenica, linijski dijagram srednjih mjesečnih protoka na stanicama Zagreb i Županja stepenica, tablica podataka minimalnih, srednjih i godišnjih protoka 1961. – 2021., fotografija hidrološke postaje Zagreb, karta lokacije postaje Zagreb / Županja stepenica u porječju rijeke Save, udžbenik (Gall, H., Jukopila, D., Kralj, P., 2019: *Geo 1*, Školska knjiga, 208 str.)

Popis literature i izvora za učitelja/nastavnika

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., 2014: Hidrološka analiza mjerenja izvršenih na vodomjernoj postaji Slavonski Brod na rijeci Savi, *Hrvatske vode : časopis za vodno gospodarstvo*, 22 (89), 267-272

Gilja, G., Ocvirk, E., Kuspilić, N., 2018: Analiza zajedničke vjerojatnosti pojave velikih voda na ušćima primjenom bivarijatnih kopula, *Građevinar* 70 (4), 267-275

Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (International Sava River Basin Commission – ISRBC), 2012, *Sava River Basin: Overview*, preuzeto s: <https://denissinger.wordpress.com/2020/06/21/porjecje-rijeke-save/> (16. 8. 2022.)

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2018: Sedmo nacionalno izvješće i treće dvogodišnje izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Zagreb, 312 str.

Riđanović, J., 1993: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, drugo izmj. i dopunj. izdanje, Zagreb

Sektor za hidrologiju Državnoga hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske, Hrvatska, <http://hidro.dhz.hr/>, hidrološka baza podataka, n.d. (14. 9. 2022.)

Popis priloga

List s popisom elemenata vrednovanja za procjenu rada u paru i skupini, rubrika za vrednovanje istraživačkog rada s bodovnim pragovima i ocjenama

Tab. 1. List s popisom elemenata vrednovanja za procjenu rada u paru i skupini

| RAD U DVOJE | da / djelomično / ne | objašnjenje (nije obvezno) |
|---|----------------------|----------------------------|
| Jesam li zadovoljan našim radom u dvoje? | | |
| Jesam li dao svoj maksimum? | | |
| Je li mi bila zanimljiva analiza u Excelu? | | |
| Je li mi bilo zanimljivo raditi istraživački izvještaj u Wordu? | | |
| Jesam li naučio nešto novo? | | |
| Jesmo li mogli bolje kao par? | | |
| RAD U SKUPINI ZA PREZENTACIJU | da / djelomično / ne | objašnjenje (nije obvezno) |
| Jesam li zadovoljan našim radom u skupini za prezentaciju? | | |
| Jesam li dao svoj maksimum? | | |
| Jesmo li svi dali doprinos izradi i prezentaciji rada? | | |
| Jesu li svi u našoj skupini razumjeli nastavni sadržaj? | | |
| Jesmo li mogli bolje? | | |

Tab. 2. Rubrika za vrednovanje istraživačkog rada s bodovnim pragovima i ocjenama

| Element | Kompletno (3 boda) | Potrebni manji ispravci (2 boda) | Potrebne značajnije dopune (1 bod) |
|---|--|--|--|
| Uvod, istraživačko pitanje i hipoteza | Definiran objekt, prostorni i vremenski obuhvat. Jasno je formulirano istraživačko pitanje te hipoteza. | Ne zadovoljava u cijelosti jedan od dva kriterija iz stupca <i>Kompletno</i> . | Ne zadovoljava u cijelosti ni jedan kriterij iz stupca <i>Kompletno</i> . |
| Metode istraživanja | Detaljno i točno objašnjene. | Točno objašnjene. | Navedene, ali netočno objašnjene. |
| Razrada / analiza | Analiza podataka i zaključci su temeljiti, jasni i logični. | Analiza podataka i zaključci imaju manje pogreške. | Značajan dio analize i zaključaka je pogrešan. |
| Zaključak | Sadrži sažete misli iz rada, izdvojen je najvažniji rezultat rada te je hipoteza potvrđena ili odbačena. | Izdvojen je samo najvažniji rezultat rada te je hipoteza potvrđena ili odbačena. | Nedostaje jedan kriterij iz stupca <i>Potrebni manji ispravci</i> . |
| Citiranje, popis i kvalitetna uporaba literature i izvora | Citiranje i popis je u skladu s uputama. Kvalitetan odabir i uključivanje podataka iz literature i izvora u radu. | U citiranju i popisu su manje greške. Manjkavosti u odabiru i uključivanju podataka iz literature i izvora u radu. | Postoje značajne greške u citiranju, popisu i uporabi literature i izvora. |
| Prilozi | Cjeloviti, detaljni i napravljeni prema uputama. | Prilozima nedostaju neki elementi, ali su većim dijelom napravljeni prema uputama. | Prilozi postoje, ali nisu cjeloviti te nisu napravljeni prema uputama u većini elemenata. |
| Tehnički dio rada | Pismo, veličina slova, prored i poravnanje teksta su prema uputama. | Ne zadovoljava jedan navedeni kriterij iz stupca <i>Kompletno</i> . | Ne zadovoljava dva navedena kriterija iz stupca <i>Kompletno</i> . |
| Jezik | Bez ili s jako malo gramatičkih i pravopisnih pogrešaka. Korišten stručni jezik i terminologija. | Manje gramatičke i pravopisne greške. Uglavnom je upotrijebljen stručni jezik i terminologija. | Značajne gramatičke i pravopisne greške u tekstu. Nedostatak stručnog jezika i terminologije. |
| Izlaganje (dvostruki bodovi) | Ne čita s ploče i papira, naglašava bitne informacije, izgovoreni sadržaj potpuno je točan, uspostavljen kontakt očima s auditorijem, brza reakcija i točni odgovori na postavljena pitanja nastavnika i učenika iz klupe. | Često se podsjeća, izrečena jedna pogrešna informacija, rjeđa uspostava kontakta očima s auditorijem, točno odgovora na većinu postavljenih pitanja slušateljstva. | Čita s papira/ploče, više izrečenih netočnih informacija, uspostave kontakta očima s auditorijem nema, ne zna odgovor na većinu pitanja. |
| <p>Napomena: za pozitivnu ocjenu svaki element mora biti ocijenjen s minimalno 1 bodom. Bodovni pragovi za ocjene: 26 - 30 = odličan (5) 21 - 25 = vrlo dobar (4) 16 - 20 = dobar (3) 12 - 15 = dovoljan (2) 0 - 11 = nedovoljan (1)</p> | | | |