

Analiza voda srednjeg toka rijeke Kupe

Galović, Andrej

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:893948>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-16**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Andrej Galović

Analiza vodnog režima srednjeg toka rijeke Kupe

Završni rad

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij
Građevinarstvo
Vodni resursi i sustavi**

**Andrej Galović
JMBAG: 0114029396**

Analiza vodnog režima srednjeg toka rijeke Kupe

Završni rad

Rijeka, 09.2020.

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Hidrotehnika

Tema završnog rada

**ANALIZA VODA SREDNJEG TOKA RIJEKE KUPE –
ANALYSIS OF WATER IN THE MIDDLE COURSE OF THE KUPA RIVER**

Kandidat: **ANDREJ GALOVIĆ**

Kolegij: **VODNI RESURSI I SUSTAVI**

Završni rad broj: **20-P-11**

Zadatak:

U radu je potrebno:

- Prikazati opće vodne značajke srednjeg toka rijeke Kupe
- Provesti osnovnu statističku analizu mjesečnih i godišnjih podataka o protocima na postajama Ladešić Draga, Metlika i Kamanje, kao i njihovu unutargodišnju raspodjelu
- Analizirati vjerojatnosti pojave karakterističnih godišnjih vrijednosti protoka
- Provesti osnovnu statističku analizu mjesečnih i godišnjih podataka o temperaturama vode na odabranim postajama

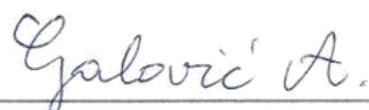
Tema rada je uručena: 24. veljače 2020.

Mentor:

doc. dr. sc. Josip Rubinić,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentorom uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.



Andrej Galović

U Rijeci, 11. rujna 2020.

Sažetak

Cilj istraživanja je provesti analizu vodnog režima srednjega toka rijeke Kupe. U ovome radu primijenjene su osnovne statističke analize mjesečnih i godišnjih podataka o protocima i temperaturama, kao i njihova usporedba hoda i trendova, uz opisanu metodologiju obrade. Provedene su još analize vjerojatnosti pojavljivanja karakterističnih godišnjih protoka, pri čemu se koristila Gumbelova funkcija raspodjele, i analize trajnosti dnevnih protoka. Podaci koji su korišteni za potrebe obrada su sa hidroloških postaja Ladešić Draga, Metlika i Kamanje. Također, prikazane su opće značajke slivnog područja rijeke Kupe sa naglaskom na njezin srednji dio toka i značajnosti pragova, uz njihovu revitalizaciju.

Ključne riječi: Kupa, srednji tok, vodni režim, protoci, temperature vode

Abstract

The aim of the research is to conduct an analysis of the water regime of the middle course of the river Kupa. In this paper, basic statistical analyzes of monthly and annual data on flows and temperatures are applied, as well as their comparison of course and trends, with the described processing methodology. Further analyzes of the probabilities of occurrence of characteristic annual flows were performed using the Gumbel distribution function and analyzes of the durability of daily flows. The data used for processing purposes are from the hydrological stations Ladešić Draga, Metlika and Kamanje. Also, the general characteristics of the Kupa river basin are presented, with an emphasis on its middle part of the flow and the significance of the rapids, with their revitalization.

Keywords: Kupa, medium flow, water regime, flows, water temperature

Sadržaj

1. UVOD	1
2. OSNOVNE ZNAČAJKE VODA I SLIVA RIJEKE KUPE.....	2
2.1. Od izvora Kupe do ušća u Savu.....	9
2.2. Vodeni pragovi i građevine na rijeci Kupi.....	20
3. PODACI I METODOLOGIJA	29
3.1. Podaci.....	29
3.2. Metodologija provedenih obrada	35
4. ANALIZA PODATAKA O PROTOCIMA.....	39
4.1. Analiza godišnjih i mjesečnih protoka.....	39
4.2. Analiza vjerojatnosti pojave karakterističnih protoka	48
4.3. Analiza dnevnih protoka	51
5. ANALIZA PODATAKA O TEMPERATURI VODE	53
6. ZAKLJUČCI	62
7. LITERATURA.....	64

Popis tablica

Tablica 2.1. Usporedba snage HE Ozalj s ostalim HE na slivu Kupe.....	19
Tablica 4.1. Mjesečni i godišnji maksimumi protoka (m^3/s) za postaju Ladešić Draga (1949.-2003., 2008.-2019.).....	39
Tablica 4.2. Mjesečni i godišnji maksimumi protoka (m^3/s) za postaju Metlika (1926.-2018.).....	39
Tablica 4.3. Mjesečni i godišnji maksimumi protoka (m^3/s) za postaju Kamanje (1957.-2019.).....	39
Tablica 4.4. Mjesečni i godišnji srednjaci protoka (m^3/s) za postaju Ladešić Draga (1949.-2003., 2008.-2019.)	42
Tablica 4.5. Mjesečni i godišnji srednjaci protoka (m^3/s) za postaju Metlika (1926.-2018.)	42
Tablica 4.6. Mjesečni i godišnji srednjaci protoka (m^3/s) za postaju Kamanje (1957.-2019.)	42
Tablica 4.7. Mjesečni i godišnji minimumi protoka (m^3/s) za postaju Ladešić Draga (1949.-2003., 2008.-2019.)	45
Tablica 4.8. Mjesečni i godišnji minimumi protoka (m^3/s) za postaju Metlika (1926.-2018.)	45
Tablica 4.9. Mjesečni i godišnji minimumi protoka (m^3/s) za postaju Kamanje (1957.-2019.).....	45
Tablica 4.10. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za maksimalne godišnje protoke u smjeru maksimuma.....	48
Tablica 4.11. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za minimalne godišnje protoke u smjeru minimuma	49
Tablica 4.12. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za srednje godišnje protoke u smjeru maksimuma.....	49
Tablica 4.13. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za srednje godišnje protoke u smjeru minimuma	50
Tablica 5.1. Mjesečni i godišnji maksimumi temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Ladešić Draga (1964.-1990.)	53
Tablica 5.2. Mjesečni i godišnji maksimumi temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Metlika (1953.-1990., 1992.-2018.)	53
Tablica 5.3. Mjesečni i godišnji maksimumi temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Kamanje (1957.-1960., 1962.-1991., 1993.-1995.)	53
Tablica 5.4. Mjesečni i godišnji srednjaci temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Ladešić Draga (1964.-1990.)	56
Tablica 5.5. Mjesečni i godišnji srednjaci temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Metlika (1953.-1990., 1992.-2018.)	56
Tablica 5.6. Mjesečni i godišnji srednjaci temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Kamanje (1957.-1960., 1962.-1991., 1993.-1995.)	56
Tablica 5.7. Mjesečni i godišnji minimumi temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Ladešić Draga (1964.-1990.)	59
Tablica 5.8. Mjesečni i godišnji minimumi temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Metlika (1953.-1990., 1992.-2018.)	59
Tablica 5.9. Mjesečni i godišnji minimumi temperatura ($^{\circ}C$) za postaju Kamanje (1957.-1960., 1962.-1991., 1993.-1995.)	59

Popis slika

Slika 2.1. Rijeka Kupa kod Križevske vasi.....	2
Slika 2.2. Područje sliva Kupe u Hrvatskoj (Cibilić, 2007.).....	3
Slika 2.3. Cjelokupno područje sliva Kupe (Cibilić, 2007.).....	3
Slika 2.4. Geografski smještaj sliva Kupe (Herceg, 2006. prema Biondić, 2019.).....	4
Slika 2.5. Područje sliva Kupe u Sloveniji sa granicama općina i pripadajućim pritocima (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).....	5
Slika 2.6. Sliv gornje i donje Kupe sa slivovima pritoka Kupe (IGH d.d., 2009.).....	6
Slika 2.7. Geografska raspodjela tipova klime u Hrvatskoj po W. Köppenu (1961.-1990.) (Pavlić, 2016. prema Šegota i Filipčić, 2003.).....	8
Slika 2.8. Izvor Kupe (https://sl.wikipedia.org/wiki/Kolpa).....	9
Slika 2.9. Kanjon Kupe kod Severina na Kupi (http://www.kafotka.net/price/9257).....	11
Slika 2.10. Rijeka Kupa kroz Poljansku dolinu (https://www.radio-odeon.com/novice/pomagajmo-poljanski-dolini-ob-kolpi/).....	12
Slika 2.11. Kupa kod Ladešić Drage.....	13
Slika 2.12. Kupa kod Metlike.....	13
Slika 2.13. Rijeka Lahinja (https://hr.wikipedia.org/wiki/Lahinja).....	14
Slika 2.14. Rijeka Dobljica kod Črnomlja (https://www.dinarskogorje.com/sliv-rijeke-kupe-kolpe.html).....	15
Slika 2.15. Ušće Lahinje u Kupu kod Primostka (https://www.metlika.si/objava/131927).....	15
Slika 2.16. Potok Obrh podno starog grada u Metlici (https://en.odkrijtebelokrajino.com/obrh-v-metliki).....	16
Slika 2.17. Rijeka Kupa u Ozlju (https://croatia.hr/hr-HR/dozivljaji/aktivni-odmor/kanu-i-kajak/kupa).....	17
Slika 2.18. HE Ozalj I (https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544).....	18
Slika 2.19. HE Ozalj I i Ozalj II (https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544).....	19
Slika 2.20. Lovšinov mlin u Križevskoj vasi.....	22
Slika 2.21. Raspodjela pragova u gornjem toku Kupe pod upravom Hrvatskih voda iz Rijeke (Ožanić i dr., 2004.).....	23
Slika 2.22. Prag u Pravutini (https://mapio.net/pic/p-110312321/).....	25
Slika 2.23. Prag u Mišincima (https://mapio.net/pic/p-16373392/).....	25
Slika 2.24. Trodimenzionalni prikaz ravnog i lučnog praga od kamenih nabačaja (Gjetvaj i dr., 2019.).....	27
Slika 2.25. Klasični lučni prag od kamenog nabačaja (Gjetvaj i dr., 2019.).....	27
Slika 2.26. Prag u Križevskoj vasi.....	28
Slika 3.1. Analizirano područje toka rijeke Kupe (izvor: Geoportal).....	29
Slika 3.2. Pozicija vodomjernih postaja na rijeci Kupi (Brelj, 2007. prema Bjelobaba 2006.).....	30

Slika 3.3. Hidrološka postaja Ladešić Draga.....	31
Slika 3.4. Hidrološka postaja Ladešić Draga.....	31
Slika 3.5. Hidrološka postaja Metlika.....	32
Slika 3.6. Vodokazna letva u Metlici.....	33
Slika 3.7. Maksimalni zabilježeni vodostaj u Metlici.....	33
Slika 3.8. Hidrološka postaja Kamanje (https://hidro.dhz.hr/).....	34
Slika 3.9. Profil Kupe na mjestu hidrološke postaje Kamanje (https://hidro.dhz.hr/).....	35
Slika 4.1. Grafički prikaz mjesečnih maksimuma protoka za analizirane postaje.....	40
Slika 4.2. Grafički prikaz hoda maksimalnih godišnjih protoka i trendova na analiziranim postajama.....	41
Slika 4.3. Grafički prikaz mjesečnih srednjaka protoka za analizirane postaje.....	43
Slika 4.4. Grafički prikaz hoda srednjih godišnjih protoka i trendova na analiziranim postajama.....	44
Slika 4.5. Grafički prikaz mjesečnih minimuma protoka za analizirane postaje.....	46
Slika 4.6. Grafički prikaz hoda minimalnih godišnjih protoka i trendova na analiziranim postajama.....	47
Slika 4.7. Vjerojatnost pojavljivanja maksimalnih godišnjih protoka u smjeru maksimuma.....	48
Slika 4.8. Vjerojatnost pojavljivanja minimalnih godišnjih protoka u smjeru minimuma.....	49
Slika 4.9. Vjerojatnost pojavljivanja srednjih godišnjih protoka u smjeru maksimuma.....	50
Slika 4.10. Vjerojatnost pojavljivanja srednjih godišnjih protoka u smjeru minimuma.....	51
Slika 4.11. Krivulja trajnosti dnevnih protoka za razdoblje od 1957.g. do 1992.g.....	51
Slika 4.12. Krivulja trajnosti dnevnih protoka za razdoblje od 1957.g. do 1992.g.....	52
Slika 5.1. Grafički prikaz mjesečnih maksimalnih temperatura na analiziranim postajama.....	54
Slika 5.2. Grafički prikaz hoda maksimalnih godišnjih temperatura i trendova na analiziranim postajama.....	55
Slika 5.3. Grafički prikaz mjesečnih srednjih temperatura na analiziranim postajama.....	57
Slika 5.4. Grafički prikaz hoda srednjih godišnjih temperatura i trendova na analiziranim postajama.....	58
Slika 5.5. Grafički prikaz mjesečnih minimalnih temperatura na analiziranim postajama.....	60
Slika 5.6. Grafički prikaz hoda minimalnih godišnjih temperatura i trendova na analiziranim postajama.....	61

1. UVOD

Teritorij Republike Hrvatske obiluje mnogim vodotocima, površinskim i podzemnim, panonskim i krškim, čime se može isticati u europskim i svjetskim okvirima. Njome prolaze jedne od najpoznatijih europskih rijeka, a to su Dunav, Drava i Sava, do nešto manje poznatih, ali, po svojim karakteristikama, značajnih rijeka. Jedna od takvih rijeka je Kupa ili, na slovenskom jeziku, Kolpa, rijeka čiji tok prolazi i spaja dva bitno različita područja, krško i panonsko.

Rijeka Kupa izrazito je važna za Republiku Hrvatsku i za Republiku Sloveniju. Njezin sliv pokriva dio teritorija obiju država prikupljajući relativno veliku količinu vode koja se slijeva do njezinog toka. Krećući se planinskim područjem Gorkog kotara, potom brežuljkastim terenom pa sve do Karlovca, kada prelazi u nizinsko područje, mijenja različite klimatske, geološke i reljefne karakteristike. Nekad je ova rijeka preko svojih mlinova, kovačnica i pilana prehranjivala i uzdržavala okolno stanovništvo koji su živjeli uz nju. Sa svojim raznolikostima od izvora i gornjeg toka preko srednjeg do donjeg toka, Kupa je iznimno vrijedna i posebna.

Ovaj rad se prvenstveno bavi osnovnim značajkama same rijeke Kupe i njezinog sliva. Opisuje tok Kupe od izvora do ušća baveći se najviše srednjim dijelom toka Kupe i njezinim pritocima. Tu je i HE Ozalj, jedina na rijeci Kupi i jedna od najstarijih hidroelektrana u Hrvatskoj. Dan je prikaz pragova u koritu te o njihovoj ulozi na Kupi i obnovama u zadnjih dvadesetak godina provedenim regulacijama pojedinih dijelova toka i pojedinim sanacijama neophodnim za normalni tok Kupe i pritoka. U kraćim crtama dati su osnovni podaci o hidrološkim postajama Ladešić Draga, Metlika i Kamanje te metodologija izvršenih analiza na njima prikupljenih podataka. Provedena je osnovna statistička analiza mjesečnih i godišnjih podataka o protocima i o temperaturama vode na spomenutim postajama. Odrađena je i analiza dnevnih podataka o protocima kao i analiza vjerojatnosti pojava karakterističnih godišnjih vrijednosti protoka. Na kraju su dani zaključci o rijeci Kupi i njezinim značajkama te rezultatima provedenih analiza podataka vodnog režima srednjega toka rijeke Kupe.

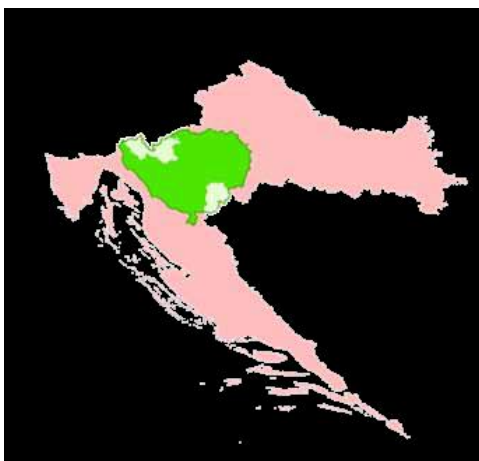
2. OSNOVNE ZNAČAJKE VODA I SLIVA RIJEKE KUPE

Rijeka Kupa (Slika 2.1.) najveći je desni pritok Save. Ukupna duljina njezinog toka nije jednoznačno određena. U mnogim literaturama postoje različiti podaci o njezinoj duljini, ali najčešće se kreću od 292 kilometara do 296 kilometara. Ono što je najvažnije je to da je najduža rijeka koja od izvora do ušća teče unutar granica Republike Hrvatske te je treća rijeka s najduljim vodotokom na području Hrvatske, nakon rijeka Save i Drave. Dio njezinog vodotoka tvori i prirodnu granicu sa Republikom Slovenijom u iznosu od 118 kilometara (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).

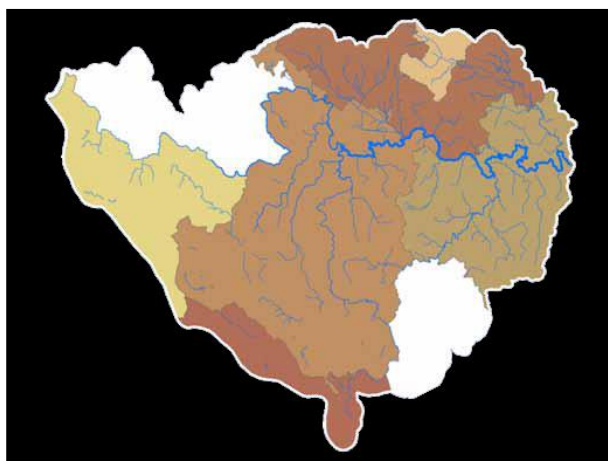


Slika 2.1. Rijeka Kupa kod Križevske vasi

Kupa pripada crnomorskom slivu, a njezin sliv je ukupne površine od 10236 km² (Cibilić, 2007.). Cjelokupno slivno područje kojim zauzima teritorij u Hrvatskoj, Sloveniji i Bosni i Hercegovini prikazan je na slici 2.2. i 2.3.



Slika 2.2. Područje sliva Kupe u Hrvatskoj (Cibilić, 2007.)



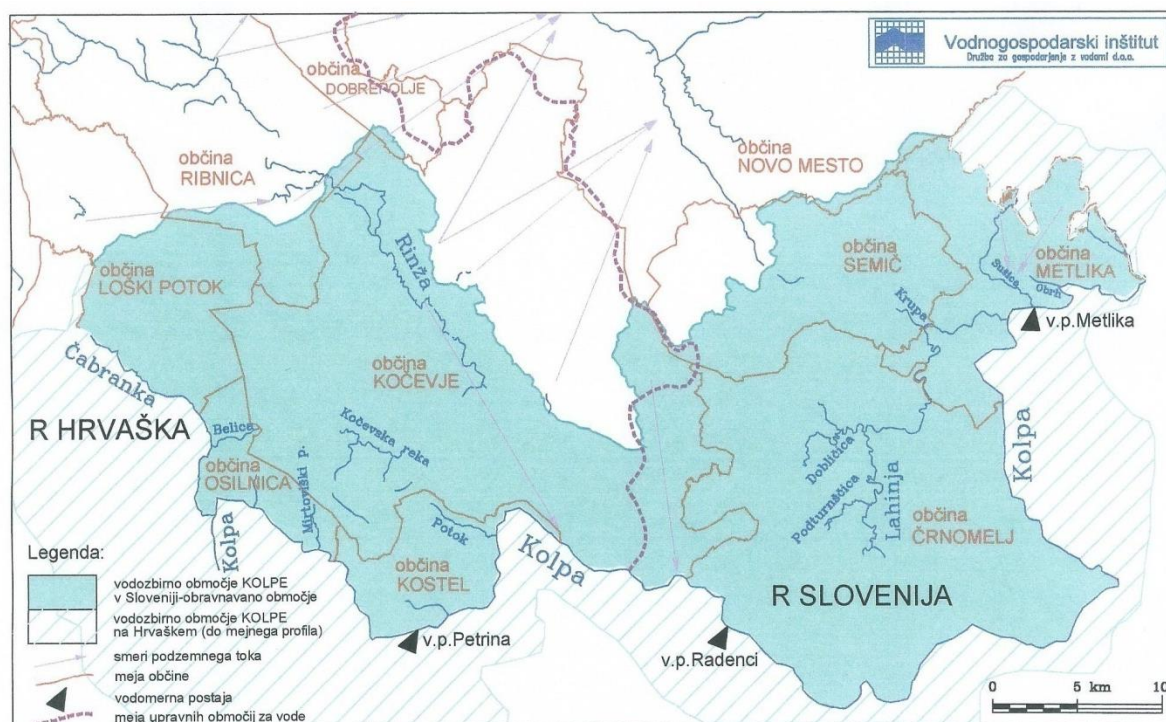
Slika 2.3. Cjelokupno područje sliva Kupe (Cibilić, 2007.)

Najvećim dijelom se nalazi u zapadnom dijelu Hrvatske, 8412 km² ili 82% (Cibilić, 2007.), između masiva Velike i Male Kapele i Ličke Plješivice na jugu, Zrinske gore na istoku, planine Risnjak na zapadu te Žumberačke i Samoborske gore na sjeveru i sjeverozapadu, što čini 15% ukupnog teritorija Hrvatske. Zapadna i južna granica sliva rijeke Kupe ujedno čini i vododjelicu crnomorskog i jadranskog sliva. Unutar sliva se nadmorske visine kreću od 110 m n.m. u Karlovcu do 1530 m n.m. u planinskom masivu Bjelolasice (IGH d.d., 2009.). Ukupna visinska razlika od izvora do ušća iznosi 227 metara (Breljih, 2007.). Manji dijelovi sliva smješteni su u Republici Sloveniji (1125 km² ili 11%) koji obuhvaćaju područja niskih krških ravnica Belokranjske kotline, Črmošnjiških brežuljaka na sjeveru i Gorjanaca na sjeveroistoku te planinskih dolinskih reljefa u Kostelu do viših krških brežuljaka s visokim krškim visoravni Roga, Kočevske Male i Velike gore te Goteniške gore (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Najmanji, ali ne i beznačajni dio, je i u Republici Bosni i Hercegovini, u iznosu od 699 km² ili 7% od ukupne površine sliva. Geografska podjela sliva Kupe (slika 2.4.) govori da je veći dio smješten na sjeverozapadnom dijelu krškog dinarskog planinskog lanca (27% ukupne površine sliva je krš) dok na sjeveroistočnom, nizinskom, dijelu se nalazi na rubu Panonskog bazena u kojem pripadaju Karlovačka depresija i Odransko polje (Cibilić, 2007.).



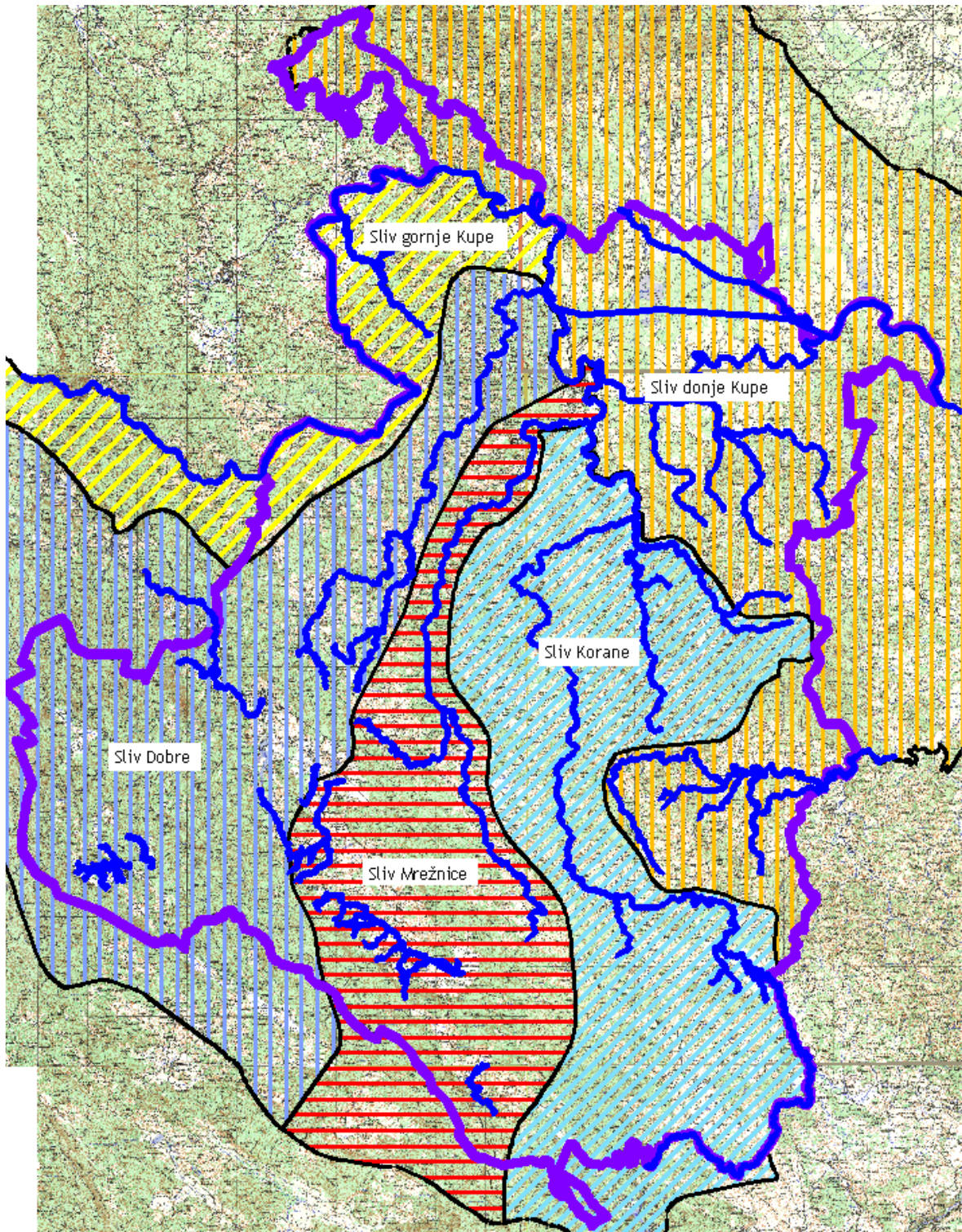
Slika 2.4. Geografski smještaj sliva Kupe (Herceg, 2019. prema Biondić, 2019.)

U administrativnom smislu, slivno područje u Hrvatskoj se nalazi u pet županija (Primorsko-goranska, Karlovačka, Ličko-senjska, Zagrebačka i Sisačko-moslavačka) i Grad Zagreb gdje živi oko 500 000 stanovnika (Cibilić, 2007.). U Sloveniji je područje sliva razdijeljeno na osam općina prikazane na slici 2.5., a to su Osilnica, Kostel, Črnomelj, Metlika, dijelom Kočevje, Ribnica, Loški potok, Semič i Novo Mesto (regije Osrednjeslovenska i Dolenjska) sa oko 45000 stanovnika (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Na hrvatskoj strani upravljanje vodama je povjereno trima vodnogospodarskim odjelima (VGO Rijeka, VGO Sava i VGO Zagreb), a na slovenskoj strani je u nadležnosti Ministarstva Republike Slovenije za okoliš i prostor, Uprave za zaštitu prirode s dvama ispostavama. Ispostava Ministarstva za okoliš i prostor, Uprava Republike Slovenije za očuvanje prirode (MOP URSVN) iz Ljubljane zadužena je za gornji dio Kupe s rijekom Čabrankom, odnosno prostor općine Kočevje do Dola, Ispostava MOP URSVN iz Novog Mesta je odgovorna za donji dio Kupe (nizvodno od Prelesja) i područje Bele Krajine sve do sela Rakovec (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).



Slika 2.5. Područje sliva Kupe u Sloveniji sa granicama općina i pripadajućim pritocima (Vodnogospodarski inštitut, 2001.)

Općenito, sliv se može podijeliti na dva podsliva unutar jednog glavnog sliva (slika 2.6.) , tj. na sliv Gornje Kupe do Karlovca i sliv Donje Kupe nizvodno od Karlovca (IGH d.d., 2009.). Sliv Gornje Kupe sastoji se od manjih slivova Lahinje, Dobre, Korane i Mrežnice koje se s Kupom spajaju kod Karlovca. Značajke tog dijela sliva su složena geološka građa u kojoj prevladavaju okršeni karbonatni vodonosnici, tokovi podzemnih voda ispod navučenih vodonepropustnih kompleksa naslaga i pojave krških izvora širokog raspona istjecanja. U slivu Donje Kupe najvažnija su dva tipa vodonosnika. Jedan od njih je vodonosnik međuzrnske poroznosti formiran unutar aluvijalnih naslaga Kupe i njezinih pritoka, a drugi su vodonosnici pukotinske poroznosti u naslaga dolomitima na Žumberku (<https://www.dinarskogorje.com/slivi-rijeka-kupe-kolpe.html>, 2020.).

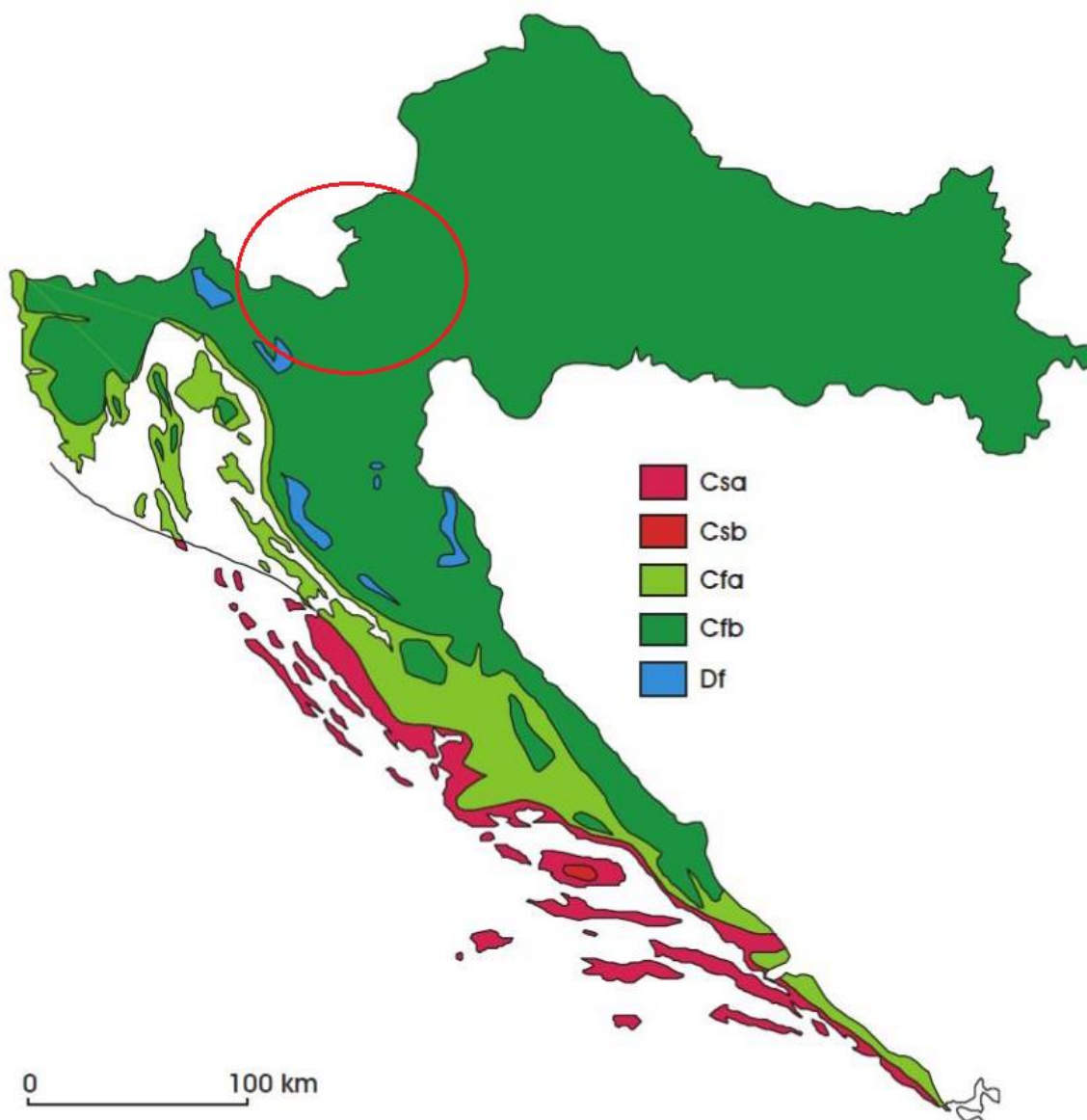


Slika 2.6. Sliv gornje i donje Kupe sa slivovima pritoka Kupe (IGH d.d., 2009.)

Na slovenskoj strani, Kupu dijele na dva dijela. Prvi dio pokriva područje do mjesta Petrina (preko puta Broda na Kupi), u kojem prevladavaju površinski pritoci, a drugi dio pokriva od Petrine dalje dok ne napusti slovensko-hrvatsku granicu sa prevladavajućim podzemnim pritocima (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Primarni smjer toka Kupe je od

zapada prema istoku, ali između Ladešić Drage i Metlike, odnosno sela Bubnjarci, mijenja putanju prema sjeveru, kao i između sela Ferenca i Karlovca, gdje teče u smjeru juga. Na tom putu prolazi kroz tri veće prirodne cjeline, gornji tok je u planinama Gorskog kotara gdje se duboko usjekla u krševiti brdsko-planinski prostor, srednji tok se nalazi u vapnenačkoj zaravni Karlovca, a donji tok je smješten u nizinsko-brežuljkastom krajoliku između Karlovca i Siska. U gornjem i srednjem toku prolazi uskom dolinom koja je usječena u krškoj visoravni, stvarajući brzace i male slapove, a u donjem toku meandrira i ponaša se kao prava nizinska rijeka.

Sliv Kupe pripada pojasu umjereno kontinentalne klime (Cibilić, 2007.). Prirodna obilježja prostora, što podrazumijeva klimatska, geografska i geološka obilježja, jako se mijenjaju krećući se od jugozapada prema sjeveroistoku, od submaritimnog vlažnog šumovitog planinskog okvira visokog krša preko pašnjačkih zaravni fluviokrša, do djelomično kultiviranih ravničarsko-brežuljkastih terena s kontinentalnim klimatskim obilježjima. Područje Gorskog kotara, prema Köppenovoj klasifikaciji klime prikazanoj na slici 2.7., pripada kontinentalnoj klimi s oznakom Cfb (umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom). Preciznije, sami gornji tok Kupe zajedno sa Čabrankom karakterizira klima s oznakom Cfsbx (promjenjivo topla vlažna klima). Do mjesta Kamanje, područje sliva Kupe isto pripada kontinentalnoj klimi s oznakom Cfb, ali sa drukčijim osobinama s oznakom Cfwbx (umjereno topla vlažna klima) (Pavlič, 2016. prema Šegota i Filipčić, 2003.). Prosječna temperatura za cijeli sliv iznosi oko 11,6 °C (Cibilić, 2007.). I na jednom i na drugom području oborine su jednoliko raspoređene kroz godinu, ali se razlikuju sušna razdoblja (za područje Gorskog kotara su to ljetni mjeseci, a do mjesta Kamanje su to hladniji dijelovi godine). Padaline slabe od sjeverozapada u kojem prevladavaju jake oborine (3728 mm – Lividraga) (Pavlič, 2016.) prema sjeveroistoku gdje ne dosežu ni 1000 mm (Sisak) (Cibilić, 2007.). U dijelu sliva koji se nalazi u Sloveniji prosječne godišnje oborine se kreću od 1200 mm do 1900 mm (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Magla, koja se pojavljuje oko Kupe u različitim dijelovima godine, smanjuje trajanje Sunčevog zračenja i utječe na energijske tokove na tlu. Povezana je sa količinama hladnog zraka koji se javljaju na prostorima dolina i kotlina. U razdobljima jeseni, zime i proljeća moguće su pojave velikih voda te intenzivan porast vodnih valova uz brzo opadanje, a u ljetnom periodu bilježe se uglavnom minimalni protoci.



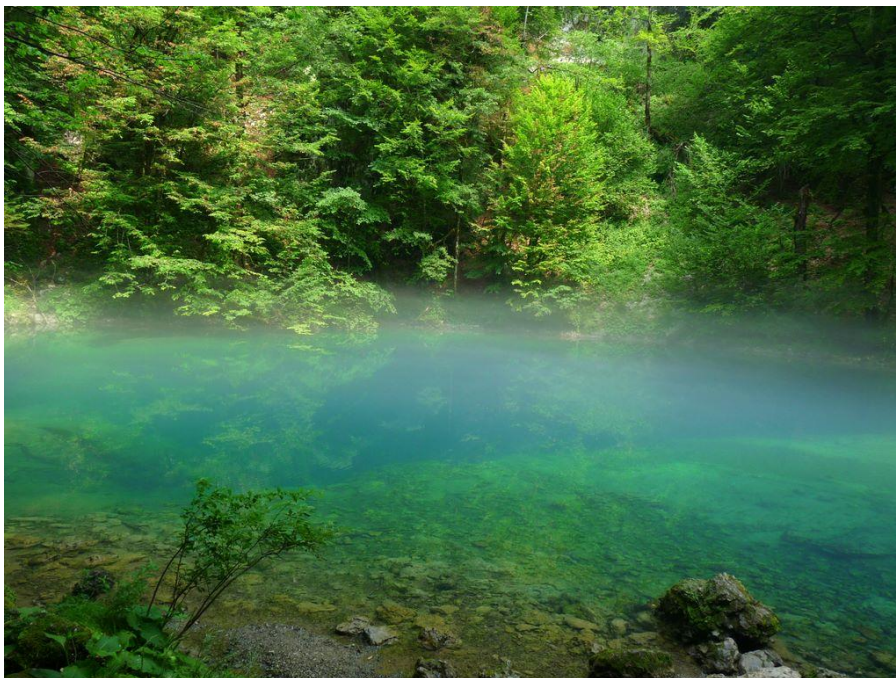
Slika 2.7. Geografska raspodjela tipova klime u Hrvatskoj po W. Köppenu (1961.-1990.)

Oznake: Csa – sredozemna klima s vrućim ljetom, Csb – sredozemna klima s toplim ljetom, Cfa – umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom, Cfb – umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom, Df – vlažna borealna klima, crvena elipsa označava istraživano područje (Pavlić, 2016. prema Šegota i Filipčić, 2003.)

Glavni pritoci rijeke Kupe podijeljeni su na lijeve i desne. Lijeve pritoke čine Čabranka, Kupčina, Lahinja i Odra, a u desne pritoke spadaju Kupica, Dobra, Korana koja sa sobom nosi i vodu Mrežnice te Glina. Tu su još i brojne manje rijeke i izvori koji svojom malom količinom doprinose veličini Kupe.

2.1. Od izvora Kupe do ušća u Savu

Izvor rijeke Kupe (slika 2.8.) nalazi se u Gorskom kotaru, jugoistočno od planine Risnjak, u sklopu istoimenog nacionalnog parka, nedaleko od sela Razloge, u blizini Gerova. Sami izvor je 1963. godine zaštićen kao spomenik prirode. Izvire iz Kupreškog jezera na 319 m n.m. (Vodnogospodarski inštitut, 2001.), u obliku jakog uzlaznog krškog vrela na rasjednom kontaktu između jurskih vapnenaca, trijaskih dolomita i paleozojskih klastita. Vrelo ima oblik tipičnog krškog izvora koji čini oko 20 m dugo i oko 70 m duboko jezero okruženog strmim stijenama, vapnenačkim klisurama i padinama goranske šume. Minimalna izdašnost iznosi oko 1200 l/s, dok maksimalne količine nisu izmjerene (Breljih, 2007.). Voda je na izvoru plavo-zelene boje te hladna s stalnom temperaturom koja se kreće između 5°C i 6°C (Breljih, 2007.) pa do 7 °C (<https://www.dinarskogorje.com/sliv-rijeke-kupe-kolpe.html>, 2020.). Uz to je i visoke kakvoće što ukazuje na njeno porijeklo iz dubokog krškog podzemlja.



Slika 2.8. Izvor Kupe (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Kolpa>)

Područje izvora Kupe je u nepropusnim stijenama, škriljavcima i pješčenjacima iz razdoblja paleozoika (Vodnogospodarski inštitut, 2001.), s razvijenom mrežom površinskih tokova. Pojas nepropusnih stijena se nalazi na obje strane Kupe, od Čabra u porječju Čabranke, te se snažnije širi na desnoj strani Kupe. Svoj izvor i dolinu, Kupa ima

urezanu na prijelomnici Dinarida, na granici između vapnenaca i škriljavaca. Na svom najuzvodnijem dijelu toka sa velikim protokom, Kupa prima još nekoliko jačih krških izvora čiji je vodni doprinos i značajniji od samog glavnog izvora. Iako je izvor udaljen oko dvadesetak kilometara zračnom linijom od sjevernog Jadrana, Kupa je krenula na suprotnu stranu. Nakon stotinjak metara s desne strane utječe povremeni bujični potok Krašićevica, a malo kasnije s lijeve strane povremeni potok Sušice. Nakon malo više od 5 kilometara sa lijeve strane utječe prvi važni pritok, rijeka Čabranka, kod sela Osilnica, na granici sa Slovenijom (Brelj, 2007.). Zbog svoje dužine i količine vode koje nosi, ostavlja dojam glavne rijeke te od tog mjesta Kupa mijenja svoj smjer toka prema istoku koji se neće promijeniti sve do sela Vukova Gorica. Od utoka Čabranke do mjesta Brod na Kupi, Kupa prolazi kroz usku dolinu kanjonskog karaktera formirajući dugačke brzace i slapiće, karakteristično za planinske rijeke. Dolina se sastoji pretežno od dolomita, a mjestimice ima i pojasa škriljavaca i pješčenjaka. Viši položaji i visoravni koji je prate su uglavnom od vapnenaca i dolomita (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Na tom dijelu Kupa dobiva manje površinske vodotoke i krške izvore uz pronađene tokove podzemnih voda u podlozi vodonepropustnih klastita iz razdoblja paleozoika (izvori Kupice i Zeleni Vir).

Kod Broda na Kupi, na obje strane Kupe se nalaze, ponovno, škriljavci i pješčenjaci, dolina je široka i sa desne strane utječe pritok Kupica donoseći velike količine šljunka sa vodom koju dobiva iz opsežnog krškog zaleđa. Na lijevoj strani Kupe su nepropustne naslage najšire rasprostranjene na području mjesta Kostel i sežu u Moravsku visoku ravnicu pored sela Banja Loka do mjesta Kočevska Reka te do Briga i Borovca. Na tom području pojavljuju se potoci koji na dodiru nepropusnih stijena i vapnenaca nestaju, odnosno poniru. Preostale su suhe doline koje govore o nekadašnjem površinskom dotoku, koji je sada u podzemlju u obliku krških vrela duž Kupe ili u funkciji obogaćivanja rijetkih površinskih pritoka Kupe. Jedan od moćnijih je krški izvor Kotnica kod Žage koji s konstantnošću i izdašnošću pokazuje hidrografsko zaleđe između Goteniške i Kočevske gore. Kod sela Spodnja Bilpa, u Kupu utječe rijeka Rinža koja predstavlja glavni vodotok Kočevskoga polja, a karakteristična je po tome što dijelom svojeg toka ponire. U mjestu Kostel, Kupa ulazi u kanjon sastavljen od vapnenačkih dolomitnih naslaga, a do Laza ide kroz vodopropustne kredne karbonatne naslage. Teritorij između Kostela i Poljanske doline u Sloveniji je urezan u ravnici koji predstavlja nastavak Moravske visoke ravnice i Male gore kod Kočevja. Do sela Severin na Kupi (slika 2.9.), prolazi kroz duboki kanjon, koji se uzdiže direktno iz korita, a teren karakterizira jurski vapnenci i dolomiti. Dubina

kanjona se kreće od 100 metara do 300 metara, a pogled sa vidikovca pored napuštenog dvorca u Severinu na Kupi najbolje prikazuje navedeni iznos dubine (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).



Slika 2.9. Kanjon Kupe kod Severina na Kupi
(<http://www.kafotka.net/price/9257>)

Ispod Severina, Kupa prelazi u niski, krški dio Bele Krajine, koji pripada najzapadnijem dijelu tzv. Slunjske ploče. Ona okružuje južni, zapadni i sjeveroistočni dio Karlovačke kotline i proteže se do Poljanske gore, Roga i Gorjanaca u Sloveniji. Belokranjska kotlina se pretežno sastoji od krednih vapnenaca pokrivenim debelim slojem krške gline čija je površina oblikovana s jarcima i vrtačama. Od sela Zdihovo, napušta kanjone i razlijeva se širokom dolinom te, uz povremeno zalaženje u kratke sutjeske, tako teče sve do Metlike. Na dionici od Severina do Vinice, Kupa ide kroz područje izgrađeno od dobro vodopropusnih krednih vapnenaca, a do Žunića kroz slabo propustne jurske dolomite (Brelj, 2007.). U srednjem dijelu svojega toka, na mjestu gdje Kupa sustiže Poljansku dolinu (slika 2.10.), dno je rašireno s aluvijalnom ravnicom. Na tom području ne dobiva nijedan površinski pritok, ali ju napajaju krški izvori u kojima se u podzemlju nalazi široki bezvodni duboki krški teritorij koji se proteže do Kočevskog polja i Roške visoravni u Sloveniji. Od jačih krških izvora postoje još izvori Šumetac i izvori Dolskog potoka kod

Starog trga. Njih najvjerojatnije vodom obogaćuje podzemni tok koji prolazi istočnije od ponornice Rinže (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Od Žunića do Fučkovca tok slijedi rasjednu zonu paralelnu s čelom ljuste Gradac – Mračin kroz donjokredne vapnenačke breče. U okolici mjesta Drašiči te između Gradaca i Griblja sačuvani su nepropustni pliocenski sedimenti (Brelj, 2007.).



Slika 2.10. Rijeka Kupa kroz Poljansku dolinu
(<https://www.radio-odeon.com/novice/pomagajmo-poljanski-dolini-ob-kolpi/>)

Na relaciji Ladešići-Novigrad na Dobri-Duga Resa-Belajske Poljice, dužine oko petnaestak kilometara, Kupa se približila svojim najvećim pritocima Dobri, Korani i Mrežnici. Međutim, to ne traje dugo jer od te dionice naglo skreće prema sjeveru opisujući skoro polukrug do Ozlja. Kroz Belu Krajinu, Kupa si je u vapnenačku ravnicu urezala dolinu, između brda Bukovje i visoravni Lipnik,. Brjegovi su u početku visoki do 100 metara, a kasnije se snižavaju do visine od 20 metara. Na području od Ladešić Drage (slika 2.11.) do Adlešiča ima karakter dubokog kanjona, a pokraj Vinice i nizvodno od Adlešiča svoje dno širi s aluvijalnom ravnicom. Između Adlešiča i Metlike, aluvijalna ravnica prelazi preko viših terasa koje su u rasutom akumulacijskom materijalu ili u vapnencu prekrivenim krškom glinom. To prevladava za teren iznad 150 m n.v., a za Belokranjsku kotlinu je to karakteristično od 200 do 220 m n.v. (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Nakon sela Griblje, dolina se širi u manju kvartarnu ravnicu i Kupa se razlijeva prema Metlici (slika

2.12.) prelazeći preko terena pokrivenog crvenicom i pliokvartarom sa podlogom od krednih naslaga (Breljih, 2007.).



Slika 2.11. Kupa kod Ladešić Drage



Slika 2.12. Kupa kod Metlike

Do sela Primostek, Kupa dobiva manje pritoke koji u punoj snazi zažive tek nakon većih oborina. Upravo u tom mjestu utječe u Kupu najznačajniji slovenski pritek, krška rijeka

Lahinja (slika 2.13.). Duga je 33,4 kilometara, a njezin izvor se nalazi na 163 m n.v. i čini ga nekoliko krških vrela na kraju krške udoline između sela Knežina, Belčji Vrh i Mali Nerajec, u blizini grada Črnomlja. Izvori Lahinje i njezinih pritoka, Podturnščice i Dobljčice, smješteni su u podnožju visokog zapadnog ruba Belokranjske kotline, ispod Poljanske gore. Izvorišni dio je zaštićen kao Park prirode Lahinja. Ubrzo nakon izvora ulijeva se Nerajski potok ili Nerajčica. U gornjem toku Lahinja ima krivudavo korito s obzirom na mali pad te uskim i plitkim koritom teče prema sjeveru. Kod mjesta Dragatuš se u nju ulijeva Podturnščica, a u Črnomlju rijeka Dobljčica.



Slika 2.13. Rijeka Lahinja (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Lahinja>)

Rijeka Dobljčica (slika 2.14.) izvire iz okruglog, oko 40 metara širokog i 10 metara dubokog, jezera čije je dno prekriveno velikim stjenovitim blokovima. Njezin izvor je stalan i u obliku vrela iz kojeg vodi široko i plitko korito. Na početku toka, u koritu se pojavljuje još jedan izvor koji je povezan s glavnim izvorom u jezeru. U gornjem toku dno je stjenovito, a u srednjem dijelu je pjeskovito s ilovastom obalom. Nizvodno od sela Kanižarica tok joj je uzak s muljevitim dnom koje može biti na pojedinim mjestima duboko do 4 metara. Većina njezinog toka obraslo je vegetacijom i tako vijuga po livadama do Črnomlja.



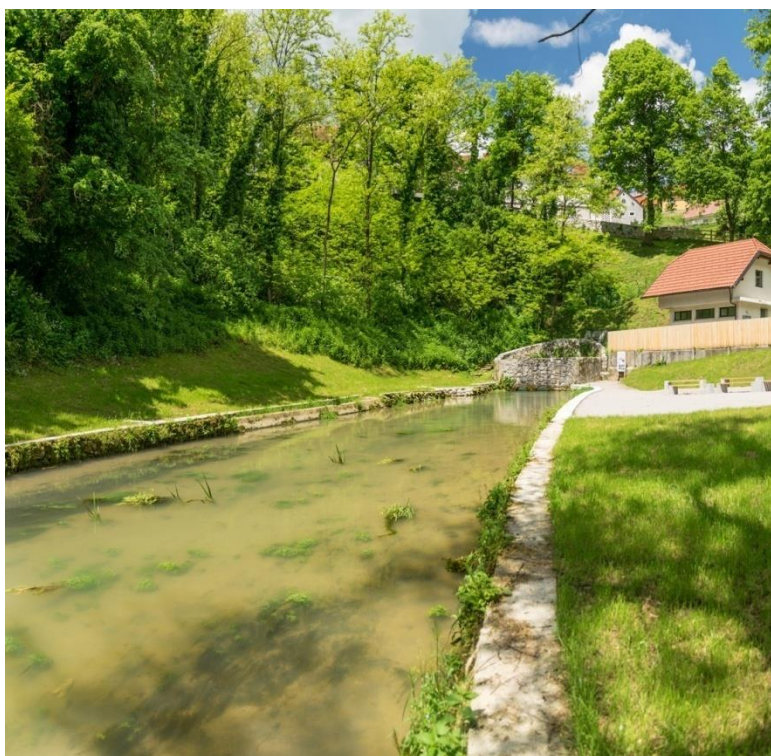
Slika 2.14. Rijeka Dobljica kod Črnomlja
(<https://www.dinarskogorje.com/slivi-rijeke-kupe-kolpe.html>)

Od utoka Podturnščice, Lahinja teče uskim i 20 metara dubokim koritom s brojnim meandrima. Na jednom od tih zavoja se smjestio i dvorac Gradac, danas prilično zapušten s iščekivanjem boljih dana. Na dionici između Črnomlja i Gradca ne prima površinske pritoke, a nizvodno od Gradca se u nju ulijeva brža i vodom bogata rijeka Krupa. Nakon ušća Krupe, svoj tok Lahinja nastavlja prema istoku sve do ušća u Kupu (slika 2.15.). Promatrano u cjelini, riječna mreža Lahinje je nesimetrična jer većina površinskih pritoka dobiva s lijeve strane, a od izvora pa do ušća se spusti za nešto manje od 20 metara (<https://www.dinarskogorje.com/slivi-rijeke-kupe-kolpe.html>, 2020.).



Slika 2.15. Ušće Lahinje u Kupu kod Primostka
(<https://www.metlika.si/objava/131927>)

Od Primostka, Kupa dalje mirno teče prema istočnom dijelu Bele Krajine i nailazi na potoke Sušicu i Metliški Obrh (slika 2.16.). Sušica ima porječje razvijeno u manje propustnim stijenama u podnožju Gorjanaca te samo pri visokoj vodi formira tok do Kupe. U suprotnom, kod naselja Brezovice nestaje u tlu. S naknadnim istraživanjem je otkriveno da podzemski otječe u Metliški Obrh. Posjeduje stalno i snažno izvorište pa je razumno za pretpostaviti da ga ne napaja samo krš, već da sakuplja vodu ispod Gorjanaca. Istočno od krša u Metlici, iz podnožja Gorjanaca se stalno ili povremeno slijevaju vode prema Kupi ili Kupčini (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).



Slika 2.16. Potok Obrh podno starog grada u Metlici
(<https://en.odkrijtebelokrajino.com/obrh-v-metliki>)

Svoj put Kupa nastavlja prema gradu Ozlju kroz područje sastavljeno od slabo propusnog do u potpunosti nepropusnog krednog fliša (Brelj, 2007.), ali prije dolazi do Kamanja, zadnjem naselju uz granicu sa Slovenijom, gdje prestaje razgraničavati teritorij dvaju bratskih naroda. Kod Kamanja protječe uz pećinu Vrlovka, u kojoj su pronađeni arheološki nalazi i špiljski ukrasi koji svjedoče o ljudskoj prisutnosti od razdoblja neolita (<https://crorivers.com/kupa/>, 2020.). Potom se Kupa spušta do Ozlja (slika 2.17.) gdje započinje svoj ravničarski tok. Podno stare utvrde Zrinsko-Frankopanske širi se u malo akumulacijsko jezero.



Slika 2.17. Rijeka Kupa u Ozlju
(<https://croatia.hr/hr-HR/dozivljaji/aktivni-odmor/kanu-i-kajak/kupa>)

To jezero je akumulacija hidroelektrane Ozalj (slika 2.18. i 2.19.), jedine hidroelektrane na rijeci Kupi i jedna od prvih na teritoriju Hrvatske. Nalazi se nedaleko od staroga grada, na mjestu nekadašnjeg mlina pokraj mosta koji prelazi preko Kupe. Po svojim karakteristikama, to je protočno-pribranska elektrana s dnevnom akumulacijom s maksimalnim radnim vodostajem na koti 120,63 m n.m. Ukupni joj je volumen 1,4 milijuna m³, a korisni 0,55 milijuna m³. Sastoji se od dvije odvojene elektrane, HE Ozalj I (instalirana snaga od 3,54 MW) i HE Ozalj II (instalirana snaga od 2,2 MW). U tablici 2.1. prikazana je usporedba instaliranih snaga hidroelektrane Ozalj s ostalim hidroelektranama na slivu Kupe. Obje elektrane posjeduju ukupni instalirani protok od 85 m³/s, a pojedinačno je to HE Ozalj I s 3x17 m³/s i HE Ozalj II s 2x7 m³/s (<https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544>, 2020.). HE Ozalj I sagrađena je 1908.godine na prirodnom slapu, na desnoj obali rijeke, pod imenom „Munjara grada Karlovca“. Nakon izgradnje nije uopće remetila daljnji tok Kupe kao što to ne čini ni dalje. Projektant je bio Valerijan Reiszner. On je podigao strojarnicu u neoklasicističkom stilu od klesanog kamena, ukrašenu arkadama i kruništem te predstavlja prekrasan primjer industrijske arhitekture s početka 20. stoljeća (Černicki i Forenbaher, 2012.). Tijekom izgradnje, unutar HE Ozalj I su ugrađene dvije proizvodne jedinice s turbinama tipa Francis, a treća, istog tipa, je bila ugrađena 1913.g. Tako je snaga elektrane s 2,2 MW porasla na 3,3 MW. Njezina namjena je bila iskorištavanje vodne snage za potrebe proizvodnje električne energije kako bi grad Karlovac bio osvjetljen

javnom rasvjetom. Sredinom 20. stoljeća, točnije 1952.g., izgrađeno je suvremenije hidroenergetsko postrojenje, HE Ozalj II, na suprotnoj obali Kupe. Ona posjeduje dvije proizvodne jedinice s turbinama tipa Kaplan, ukupne snage 2x1,1 MW. Dvije elektrane povezane su betonskom branom visine 7,5 metara i dužine 77 metara, izgrađene od kamenih blokova povezanih cementnim mortom, na prirodnoj stepenici u koritu preko koje za vrijeme visokog vodostaja teče slap. Brana je gravitacijska s preljevom po cijeloj svojoj dužini te ima 4 temeljna ispusta i 2 muljna ispusta. Obje hidroelektrane su organizacijski u grupi Glavne elektrane (GHE) Gojak, u kojoj su još dvije hidroelektrane sa slivnog područja Kupe, HE Gojak i HE Lešće. Od 2007.g. HE Ozalj I je upisana u Registar kulturnih dobara RH i zaštićeno je kulturno dobro (<https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544>, 2020.).



Slika 2.18. HE Ozalj I
(<https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544>)



Slika 2.19. HE Ozalj I i Ozalj II

(<https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544>)

Tablica 2.1. Usporedba snage HE Ozalj s ostalim HE na slivu Kupe

Elektrana	Instalirana snaga (MW)
HE Ozalj I	3,54
HE Ozalj II	2,2
HE Gojak	48
HE Lešće	42,3
HE Zeleni vir	1,8

Nakon Ozlja slijedi dionica u kojoj Kupa prima svoje najznačajnije pritoke. Kod mjesta Mahićno u Kupu se ulijeva Dobra, rijeka koja dijelom svojega toka ponire. Dalje otječe prema Karlovcu, gradu na četiri rijeke, te kod naselja Vodostaj prima rijeku Koranu i vodu rijeke Mrežnice koja se prethodno ulijeva u gradskoj četvrti Karlovca, Turnju. Nailaskom u nizinu Pokuplja, Kupa postaje prava nizinska rijeka, vijugajući po livadama. Kasnije se još ulijevaju rijeke Kupčina i Glina te kod Petrinje, Petrinjčica. Kod ušća potoka Utinja, naglo skreće u oštrom zavoju prema sjeveru, tek nakratko poprimajući, meridijalan smjer tečenja. Potom sporo krivuda do sela Lijevo Sredičko gdje se okolni reljef postupno uzdiže u brežuljkaste obronke Vukomeričkih gorica sa sjeverne i Petrove gore s južne strane. U

Pokupskom, Kupa teče širokom dolinom. U svojim posljednjim kilometrima prolazi naplavnim ravninama uz priključenje svoje posljednje pritoke, rijeke Odre, te stiže do Siska, grada u kojem se ulijeva u rijeku Savu donoseći prosječno 9 milijardi kubičnih metara vode na godinu i u kojem završava svoje putovanje planinskim i nizinskim reljefom (<https://crorivers.com/kupa/>, 2020.).

2.2. Vodeni pragovi i građevine na rijeci Kupi

Područje sliva rijeke Kupe je također značajno po velikom broju izgrađenih pragova te mlinova, pilana, kovačnica i sličnih građevina tijekom ranijih povijesnih razdoblja, kako na samoj Kupi tako i na ostalim vodotocima, koji su za svoj pogon koristili vodenu energiju. Te građevine su bile sastavni dio života stanovnika uz rijeke i predstavljali su vrijednost kulturnog krajolika prije više od pedeset godina. Voda koja je bila značajna zbog pokretanja vodnog kola, usmjeravala se od strane pragova. Oni su stvarali potreban pad, a izgrađeni su tako da su bili hidraulički prilagođeni dinamici toka Kupe. Zbog svojih malih visina dobro su bile uklopljene u uzdužni pad korita i nisu predstavljali prepreku tečenjima visokih voda.

U prošlosti je na graničnom području Slovenije i Hrvatske bilo izgrađeno čak 192 kola na vodeni pogon koja su radila u posljednjih 135 godina. Šezdeset i sedam vodenih kotača bilo je na rijeci Kupi, trideset i šest na rijeci Čabranki i njenim pritocima te dvadeset i dva na rijeci Lahinji i njenim bogatstvima. Preostali su se nalazili na ostalim vodotocima. Na lijevoj slovenskoj obali, u posljednjih 120 godina je bilo smješteno 115 ili 59,9 %, a na desnoj hrvatskoj strani 77 ili 40,1 %. Najviše je bilo mlinova, njih 147 ili 76,6 %, pilana je bilo 39. Vodnih kotača za druge je bilo 6, a prevladavale su kovačnice (Plut, 1984.). Za pilane je najpogodnije mjesto bilo gornji tok Kupe zbog svoje blizine Gorskom kotaru. Na srednjem i donjem dijelu toka Čabranke te na Kupi, Lahinji, Krupi i Doblčići vodna kola su se obraćali na donju vodu, a rijetki su radili na gornju vodu. Zanimljiva je činjenica da su kod nekih mlinova na Lahinji vodni kotači bili sakriveni iza jednog zida, odnosno bili su unutra u mlinu. Razlog je u tome da voda zimi ne zamrzne i da ne treba prije početka rada razbijati ledene sige, a ljeti su kotači u sjeni i Sunce ih ne isušuje.

Najveći broj kotača na vodni pogon je bilo krajem 19. stoljeća. Nažalost, takve građevine su zbog utjecaja mnogih socijalnih i ekonomskih promjena, promjena u gospodarstvu i poljoprivrednoj politici te izražene negativne demografske promjene počele propadati.

Razlozi leže u industrijskoj revoluciji i počecima industrijalizacije u drugoj polovici 19. stoljeća i u razdoblju pred početak Prvog svjetskog rata te emigracija stanovništva u potrazi za boljim životom, koja je trajala do Drugog svjetskog rata. To je dovelo do napuštanja većine vodenica i pilana, a takva situacija traje i dalje. Pojavljivali su se električni mlinovi u Črnomlju, Metlici i Semiču, sijalo se manje žita, nasljednici mlinara nisu htjeli nastaviti njihovu tradiciju i posao su tražili u drugim, boljim zanimanjima. Većina pilana i mlinova je s radom prestala u posljednja dva desetljeća 19. stoljeća i između dva svjetska rata, a vodni kotači, njih 40 % propalo je između 1960. godine i 1980. godine. Godine 1984. u pogonu su, povremeno ili stalno, bila samo 24 vodna kola ili 12,5 % od ukupnog broja kola na analiziranom području od kojih 12 pilana, 11 mlinova te jedna kovačnica na Čabranici (Plut, 1984.).

Najveći broj vodnih kotača je bio na rijeci Kupi, i to 86. Kada se to podijeli, 66 je bilo za funkciju mlina i 20 za funkciju pilane. Na lokaciju vodnih kotača utjecali su brojni regionalni čimbenici, a jedan od njih je i taj što je Kupa imala povoljne hidrogeografske značajke. Zbog dovoljne količine vode nije bilo potrebno graditi visoke pragove pa su vodni kotači mogli biti smješteni duž raširenih dijelova doline bez značajnog podizanja visine poplavne vode. Možemo tvrditi da su vodni kotači nastali u raširenim dijelovima dolina zbog lakšeg pristupa iz obližnjih naselja (nijedno nije bilo udaljeno više od 1 kilometra) i na površinama koje su bile pogodne za postavljenje vodnih kotača. Iz toga proizlazi da je najveći broj kotača uz manje akumulacijske ravnice (kod naselja Far, u Poljanskoj dolini, oko Vinice) i uz lakše dostupnim i raširenim dolinskim dnom (od Brega kod Špeharjih do Preloke i oko Radoviča kod Metlike). Ispod Broda na Kupi, gustoća vodnih kotača je bila jednolika, što se ne može reći za gornji tok Kupe. Ispod Griblja, veća gustoća stanovništva ne donosi ujedno i veću gustoću vodnih kotača. U srednjem dijelu toka Kupe, vodni kotači su bili nešto veći zbog konkurencije na Lahinji i njezinim pritocima. Po pričanju starih mlinara, u svim godišnjim dobima bilo je dovoljno vode za pokretanje kotača na Kupi, uz iznimku nekoliko dana kada nisu mogli raditi zbog poplava te zbog velikih suša kada su manje radili. U prosjeku, mlinovi su radili 9 do 11 mjeseci sa prekidima od oko 14 dana zbog popravljivanja pragova, vodnih kotača i brušenja mlinskih kotača te zbog jesenskih i proljetnih poplava. Vodne kotače su najviše ugrožavale poplave pa su mlinovi najčešće bili izgrađeni na kat. Primjeri su mlin i pilana u Pobrežju te Lovšinov mlin (slika 2.20.) u Križevskoj vasi kod Metlike koje su 1957. godine, odnosno

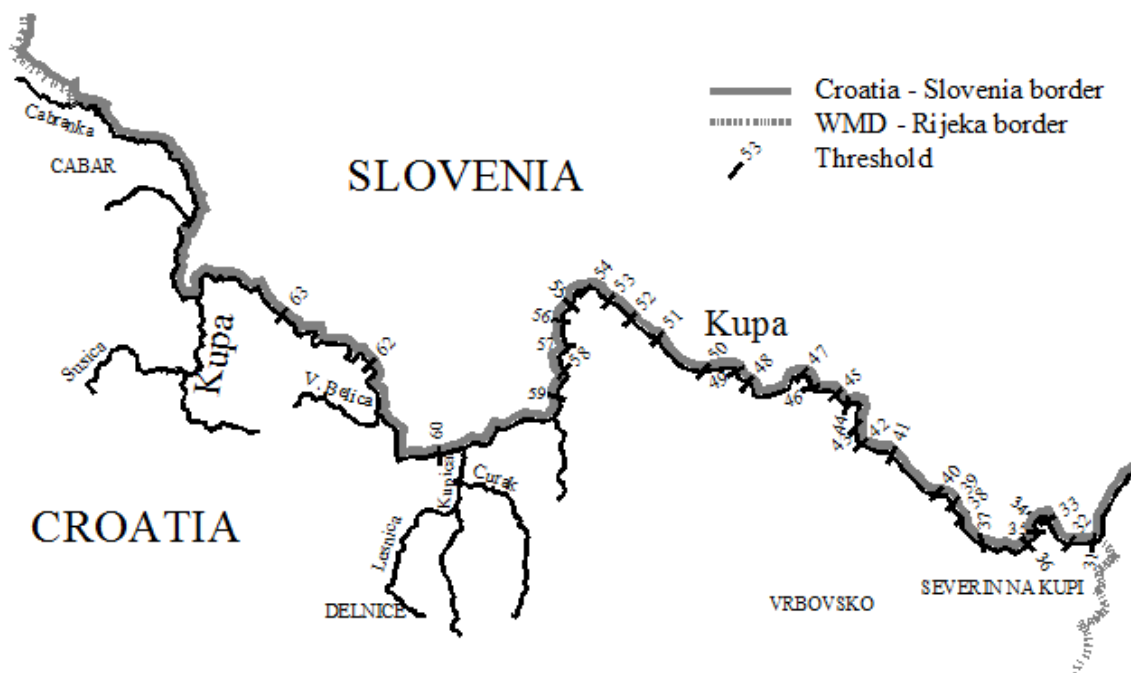
1958. godine, nadozidali, a vodne kotače nisu podizali uslijed poplava jer voda nije bila bujična i nije donosila veliku količinu pijeska i šljunka.



Slika 2.20. Lovšinov mlin u Križevskoj vasi

Danas, na području korita rijeke Kupe, kojega Hrvatska dijeli sa Slovenijom, preostala su samo dva aktivna vodna kola, a postoje još i dvije mini hidroelektrane. Preostali broj je vodni pogon zamijenio električnim. Prema podacima slovenskog vodnogospodarskog instituta, na njihovoj strani još uvijek djeluje oko šest vodenica i pilana, jedna kovačnica (Bilpa) i pet malih hidroelektrana na pritokama Kupe i Čabranke (Plut, 1984.).

Na dijelu Kupe, koji prolazi granicom Hrvatske i Slovenije, od nekadašnjih 64 pragova, ostala su još 58, većina u stanju potrebnih za rekonstrukciju. Razlog pada broja leži u njihovim velikim oštećenjima i kasnim sanacijama. U zadnjih nekoliko godina, manji dio pragova se obnovio. Pripadnost pragova, što ujedno znači i njihovo održavanje, određuje se na slijedeći način. Na koji se brijeg voda usmjerava, prag je njegov. Iz toga proizlazi da je slovenskih pragova 38, a hrvatskih 20. Postoje i dva vodena praga koja usmjeravaju vodu na oba dvije strane (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Kako bi se dobila predodžba o velikoj količini pragova, na slici 2.21. je prikazan samo dio njihove raspodjele na Kupi.



Slika 2.21. Raspodjela pragova u gornjem toku Kupe pod upravom Hrvatskih voda iz Rijeke (Ožanić i dr., 2004.)

Pragovi su prepoznatljivo obilježje na dionici između ušća Čabranke u Kupu i mjesta Dol u Sloveniji. Tu se smjestilo ukupno 15 pragova različitih stupnjeva zaštite. U prošlosti su se svi pragovi gradili za pogon mlinova i mali broj pilana. Većina objekata koji su koristili vodu bili su ili su i dalje na slovenskoj strani Kupe, ali, što žalosti, nijedan od njih više ne radi. Svi od postojećih 12 pragova izrađeni su od kamena, dok stariji imaju osnovnu drvenu konstrukciju od pilota i trupaca iza pragova. Takva konstrukcija je bila prekrivena kamenom većih dimenzija. Za vrijeme rada objekata na vodeni pogon, njihovi vlasnici su se, također, brinuli i o stanju pragova na Kupi, u smislu održavanja, provjere mogućnosti popuštanja i nadopunjavanja kamenjima. S povećanjem neisplativosti korištenja mlinova i ostalih objekata, smanjio se interes za njihovo održavanje, u što ulazi održavanje pragova. Radove na održavanju pragova preuzela su vodoprivredna poduzeća zajedno s državom, Slovenijom ili Hrvatskom, kao investitorom svih tih zahvata. Većina pragova su u relativnom dobrom stanju, osim praga u selu Vrt u Sloveniji, koji je skoro u cijelosti porušen i potrebna je ponovna izgradnja. U zadnjim godinama 20. stoljeća krenulo se u postupno obnavljanje pragova koji su pod upravom Ispostave Ljubljana, tako da su do 2001. godine sanacije izvršene na tri praga. Promatrajući na rijetku naseljenost uz Kupu, u prošlim vremenima nije bilo većih zahvata u koritu što omogućuje izgled netaknute prirode s kojom se i danas živi. To možemo zahvaliti ljudima koji su se, živeći s prirodom i zbog vlastite sigurnosti, povlačili pred prijetnjom visokih voda i na taj način sačuvali vodeni i

priobalni svijet. Lijevu, slovensku obalu Kupe nije bilo potrebno često štititi ili se to činilo tamo gdje je bilo potrebno. U budućnosti, planira se nastaviti saniranje oštećenih pragova i uklanjanja potencijalnih žarišta erozije (Vodnogospodarski inštitut, 2001.) .

I srednji dio toka rijeke Kupe može se pohvaliti sa svojih 16 pragova. Oni su smješteni u Preloki, Žuniču, Jakovcu Netretićkim, Lonjgarima, Rosopajniku, Bogavcu, Pobrežju, Sračku, Maloj Paki, Krasincu (Pravutini), Otoku, Mišincima, Križevskoj vasi, Radovičima, Želebeju i Božakovu. Od Metlike do Slavskega laza, pragovi su najgušće poredani u koritu Kupe. Na toku koji prolazi kroz općinu Žakanje nalazi se 12 pragova. Na nekom od njih sačuvani su i stari mlinovi. Šest praga su nanovo uređena, i to u selima Sračku, Maloj Paki, Pravutini (slika 2.22.), Mišincima, Jurovu i Buhnjarcima (<http://www.opcina-zakanje.hr/7/58/Rijeka-Kupa>, 2020.). Današnja raspoređenost je posljedica stanja sa početka 20. stoljeća, u vremenu kada se na svakom pragu nalazilo vodno kolo. U Beloj krajini nije bilo, zbog rijetke mreže površinskih vodotoka i njihovog krškog karaktera te malog rizika od poplava, većih potreba za regulaciju toka, koja su uglavnom svedena na manja održavanja obala i korita. Krajem 20. stoljeća su se pragovi obnavljali i popravljali u sklopu vodoprivrede, a posebno oni s slovenske strane, tako da se u zadnjih pet godina 20. stoljeća obnovili pragovi u Bregu pri Špeharjih, Gribljama, Učakovcima i Želebeju. Poslije uspostave slovensko – hrvatske međudržavne komisije za upravljanje vodama sliva Save, Sutle i Kupe, postupno raste interes za obnovu dotrajalih pragova. Hrvatska strana je krenula sa obnovom 1999. godine te je sanirala polovicu praga u Gribljama. Godine 2000. se zajednički popravljao prag u Želebeju, a kasnije su se obnovili pragovi u selu Krasinec na slovenskoj strani i prag u selu Mišinci (slika 2.23.) na hrvatskoj strani. Sanirani su i pragovi u Gustom Lazu i Klancu (Hrvatska) te u Gornjim Radencima, Kotu i Vrtu (Slovenija) (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Najnoviji radovi su krenuli u kolovozu 2020. godine sa slovenske strane koji su uključivali produbljivanje korita na nekadašnjem kupalištu u Metliki. Zbog štete koju su napravili oštećeni pragovi na lijevoj obali Kupe, neke pragove s pogonom na hrvatskoj strani bi se trebali obnoviti uslijed sve većeg turističkog interesa.



Slika 2.22. Prag u Pravutini (<https://mapio.net/pic/p-110312321/>)



Slika 2.23. Prag u Mišincima (<https://mapio.net/pic/p-16373392/>)

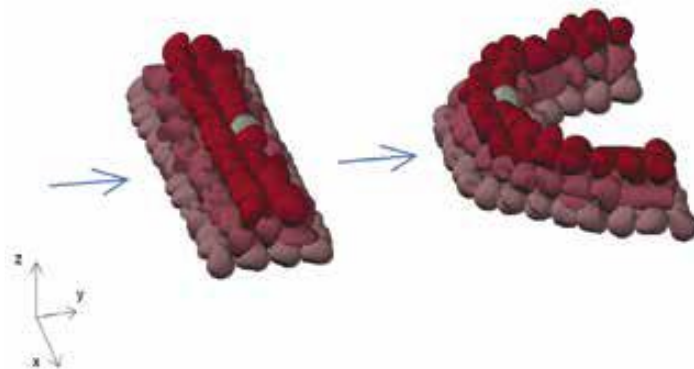
Što se tiče pritoka Kupe na njezinom srednjem dijelu, nije bilo većih intervencija. Prije više od 40 godina je provedena regulacija Dobljčice na području Doblja i Kanižarice, regulacija Obrha i Metliščice u melioracijskom području Dragatuša i djelomična regulacija Podturnščice kod Dragatuša i Metliščice kod Rosalnica. Također, kod Metlike je uređen i

bujični potok Sušica. Svrha izvedenih radova na pritocima je bila isušivanje poljoprivrednih zemljišta. To je dovelo do potrebe za navodnjavanjem i crpljenjem vode iz Kupe na njezinom ravnom dijelu gdje se stanovništvo bavi poljoprivredom uslijed sve duljih sušnih razdoblja. Obavljena su još redovna održavanja koja uključuju sanaciju izvora Lahinje u Logama, sanaciju oštećenja na ušću Dobličice i Lahinje u Črnomlju i zahvati za povećanje protoka postojećih korita vodotoka. U slijedećim godinama se nastavilo planirati s redovnim održavanjima na pritocima Kupe i uređivanju užeg područja izvora Krupe te oblikovanju vodnog okoliša u blizini izvora Krupe kako bi se ispunile ekološke značajke toga područja. Generalno, nije bilo većih mjera revitalizacije, ali uzeti su u obzir aspekti čuvanja prirode koji su se pri svakoj obnovi pragova poštivali (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).

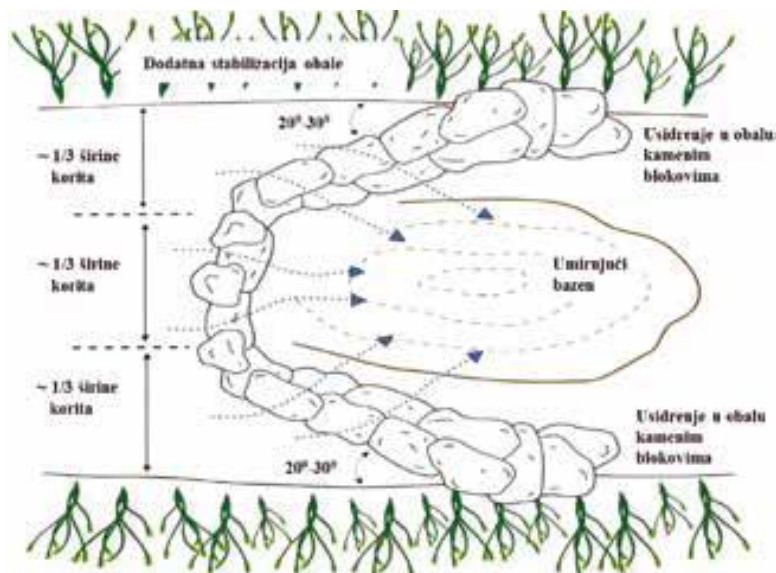
Primarna uloga pragova je vodnogospodarska. To obuhvaća usmjeravanje i reguliranje režima odvodnje, a tu su još i učinkovito korištenje vodne energije za pogon, sprječavanje erozije obala i dna, stabilizacija dna i protočnog profila, reguliranje malih protoka vode, te zadržavanje materijala. U isto vrijeme imaju i ekološku ulogu. Pragovi povećavaju vlažnost i količinu vode iza praga, što omogućuje veće vodne površine i veći opseg, kao i stabilnost i broj životinjskih i biljnih vrsta. Ujedno zadržavaju razinu podzemnih voda na nizinskom području, povećavaju sposobnost prozračivanja i samopročišćavanja vodnog toka i povećavaju nisku razinu vode (Vodnogospodarski inštitut, 2001.).

Na Kupi postoje dva tipa osnovnih konstrukcija praga. Oni proizlaze iz načina gradnje kroz stoljeća. Prvi tip su kameni pragovi, a drugi tip su pragovi s obrnutom lučnom konstrukcijom (slika 2.24 i 2.25.). Ispočetka, drvenu konstrukciju nisu poznavali. Iz osnovna dva tipa su se kasnije tokom godina razvijali razni drugi oblici. To su spojeni pragovi napravljeni od kamena i povezani s oblicima ispod ruba preljeva, pragovi napravljeni od stijena (izvorno običan, ali polukružnog oblika, ostaci se nalaze jedino uz obalu), sniženi pragovi izrađeni od kamena (kod obnavljanja nije bilo na raspolaganju dovoljna količina kamena pa su je obnavljali tako da su kamena premještali na samom preljevu), sniženi pragovi izrađeni od kamena s većom širinom (iz više probijenih rupa na pragu su se postupno kamena otkotrljala nizvodno ili su kamena postupno izglađena pod utjecajem visokih voda), obnovljeni stjenoviti pragovi (u današnje vrijeme se pragovi strojno obnavljaju i oblikuju uz dovoz kamena), pragovi koji su obnovljeni s betonom i obnovljeni pragovi s betonom i drugim materijalima (armatura). U novije vrijeme se kod obnavljanja pragova jezgre izvode od armiranog betona kako bi bili stabilniji i dugotrajniji.

Kod pragova na Kupi prepoznajemo sljedeće elemente, a to su temelj (kamenit, šljunak), položaj (kao brane), visina i dužina, podslapje (bazen, skale), konstrukcija (preljevna strana, presjek, rub preljeva), nadslapje i ispusti zapornice. Njihove visine se u prosjeku kreću od 0,40 m do 2,00 m, izuzev betonskog praga u Prelesju sa visinom oko 3 m, a određuju se preko različitih kriterija (Vodnogospodarski inštitut, 2001.). Velika širina korita Kupe dovela je do toga da se širina pragova kreće od 60 m do 120 m čija pripada pragu u Krasincu (Plut, 1984.).



Slika 2.24. Trodimenzionalni prikaz ravnog i lučnog praga od kamenih nabačaja (Gjetvaj i dr., 2019.)



Slika 2.25. Klasični lučni prag od kamenog nabačaja (Gjetvaj i dr., 2019.)

U hidrotehničkom smislu, na Kupi se nalaze niski pragovi (Slika 2.26.) koji se hidraulički razlikuju prije svega gledajući na vodostaj, odnosno kako nastaje vodni skok. Prilagođeni su hidromorfološkom potencijalu područja što uključuje oblikovanje, količinu,

rentabilnost, dinamiku visokih i niskih voda. Oblikuju ga visina preljeva, njegova potopljenost i hrapavost te širina i oblik. Većina pragova je već potopljena od dvogodišnjih visokih voda. Da pragovi nisu hidraulički učinkoviti kod visokih voda, u slučaju niskih i srednjih voda na odgovarajući način reguliraju protok vode i sedimenata. Zato pragovi tvore slijed prirodnih bazena s mirnom i po ljeti toplom vodom ugodnu za kupanje.

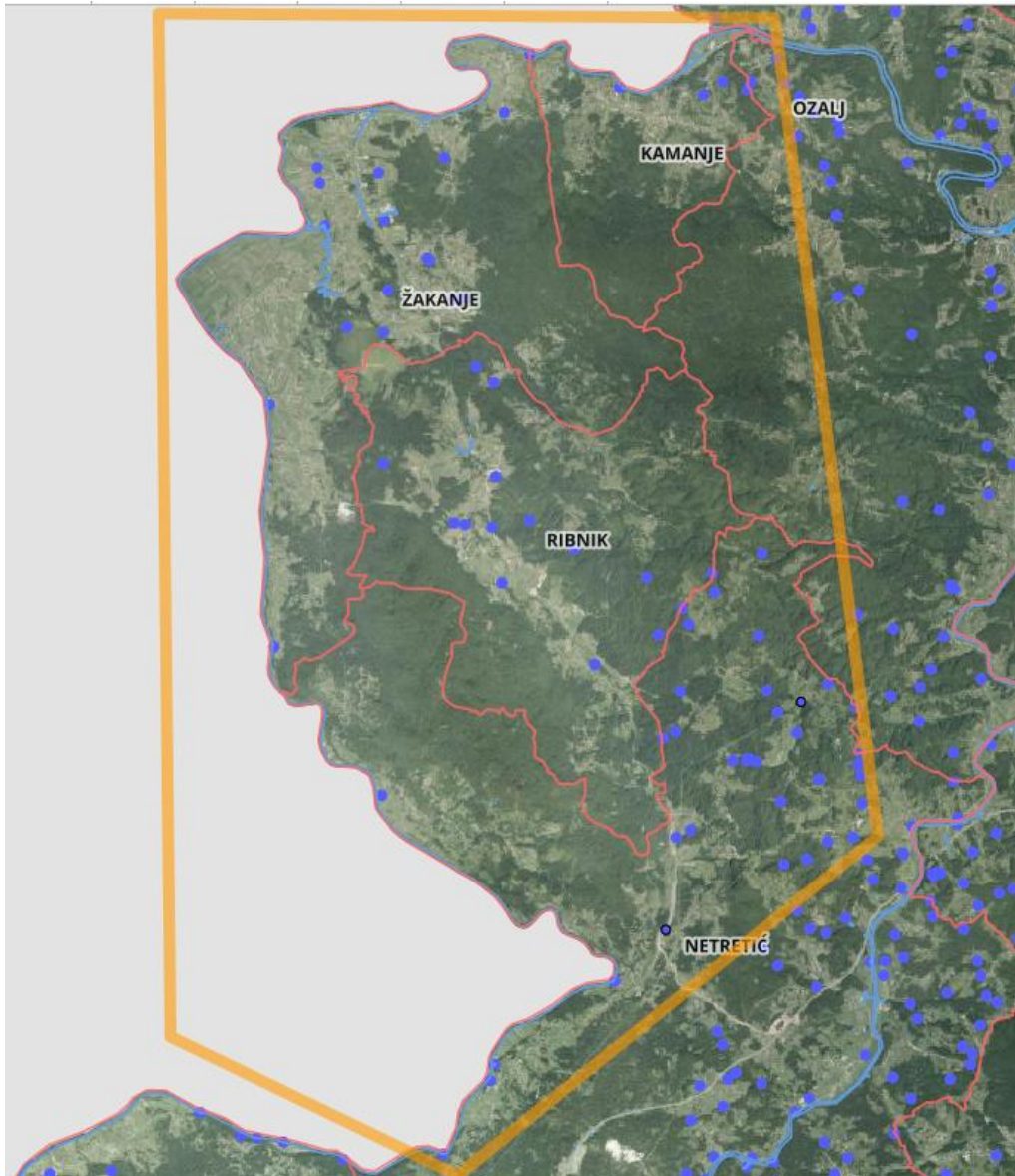


Slika 2.26. Prag u Križevskoj vasi

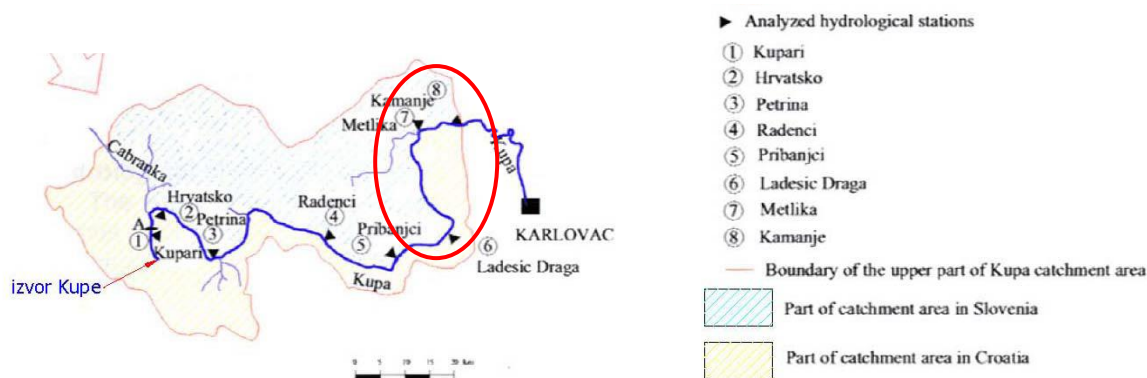
3. PODACI I METODOLOGIJA

3.1. Podaci

U ovome radu analiziraju se značajke vodnoga režima srednjega toka rijeke Kupe označenog na slici 3.1. Obradeni su podaci za protoke i temperature sa tri hidroloških postaja, Ladešić Draga i Kamanje na hrvatskoj strani i Metlika na slovenskoj strani čije pozicije na Kupi su prikazane na slici 3.2.



Slika 3.1. Analizirano područje toka rijeke Kupe (izvor: Geoportel)



Slika 3.2. Pozicija vodomjernih postaja na rijeci Kupi
(Brelj, 2007. prema Bjelobaba 2006.)
crvena elipsa – analizirano područje

LADEŠIĆ DRAGA

Hidrološka postaja Ladesić Draga (slika 3.3. i 3.4.) nalazi se u mjestu Prilišće, uz most koji povezuje hrvatski i slovenski granični prijelaz. Prema tipu postaje je automatska. Kota nule vodokaza nalazi se na 147,839 metara nad morem, a od ušća Kupe u Savu udaljena je 205,30 km. Topografska površina sliva koju postaja pokriva iznosi 1445,00 km². Sa radom je započela 20.07.1948. godine. Bilježi podatke o protocima i vodostaju u razdoblju od 1949.g. do danas, uz prekid od 4 godine (2004.g. – 2007.g.), dok temperaturu je mjerila od 1964.g. do 1990.g. Najveći protok koju je postaja izmjerila se dogodio 03.12.1966.g., i to 1010 m³/s, a najmanji 3,043 m³/s koji je izmjeren 28.10.1985.g. Maksimalna izmjerena temperatura je bila 27,0 °C (20.07.1969.g.), a minimalna 0,0 °C (18.01.1964.g.). Što se tiče maksimalnih i minimalnih podataka za vodostaj, oni se vode za dva razdoblja, 1949.g. – 2003.g. i 2008.g. – 2019.g., iz razloga što se u prvom razdoblju kota nule vodokaza nalazila na 147,757 metara nad morem. Najviša visina Kupe u prvom razdoblju je bila 616 cm (03.12.1966.g.), najniža 15 cm (27.08.2001.g.), a u drugom razdoblju najviša i najniža visina se dogodila u istoj godini, 532 cm (23.12.2009.g.) i 19 cm (13.09.2009.g.). Broj vodomjerenja iznosi 189, a broj izmjerenih profila 1 (<https://hidro.dhz.hr/>, 2020.).



Slika 3.3. Hidrološka postaja Ladešić Draga



Slika 3.4. Hidrološka postaja Ladešić Draga

METLIKA

Hidrološka postaja Metlika (slika 3.5. i 3.6.) smještena je u gradu Metlici, u Sloveniji, ispod i pored mosta koji prelazi preko Kupe. Također, prema vrsti pripada automatskim postajama. Od izvora je udaljena 113 km, a od ušća 182 km. Kota nule vodokazne letve smjestila se na visini od 127,18 metara nad morem. Površinu sliva koju postaja obuhvaća je 2002 km². Postaja u Metlici postoji još od davne 1877.g. (Plut, 1984.), ali ne postoje podaci koji datiraju od tog vremena. Prvi podaci pojavljuju se u siječnju 1926.g. i to podaci o protocima, što znači da su to najprije mjerili. Temperatura se počela pratiti od 1953.g. i traje do danas, uz prekid 1991.g. te u prvoj polovici 1992.g. kada se nije mjerila. Vrijednosti vodostaja sakupljaju se od 1954.g. do danas. Maksimalni dnevni protok zabilježen je 25.09.1979.g., u vrijednosti od 1116 m³/s, a minimalni 01.08.1983.g., u iznosu od 4,6 m³/s. Najviša izmjerena temperatura je 30,2 °C, dana 23.07.2015.g., a najniža 0,0 °C, dana 06.01.2017.g. Maksimalni zabilježeni vodostaj (slika 3.7.) datira još od 25.09.1979.g., u iznosu od 700 cm, a minimalni od 05.09.1954.g., u iznosu od -24 cm (http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php, 2020.).



Slika 3.5. Hidrološka postaja Metlika



Slika 3.6. Vodokazna letva u Metlici



Slika 3.7. Maksimalni zabilježeni vodostaj u Metlici

KAMANJE

Hidrološka postaja Kamanje (slika 3.8.) nalazi se na desnoj obali rijeke Kupe, u mjestu Kamanje. Kao i kod prethodne dvije postaje, automatski mjeri podatke. Kota nule vodokaza se nalazi na 123,827 metara nad morem. Udaljena je 171,150 km od ušća Kupe u Sisku. Postaja pokriva topografsku površinu sliva u iznosu od 2047,00 km². U funkciji je od 01.01.1957.g. Sakuplja podatke o vodostaju i protoku od dana kada je započela raditi do danas, ali temperaturu je mjerila u tri razdoblja, od 1957.g. do 1960.g., pa od 1962.g. – 1991.g. i na kraju od 1993.g. do 1995.g. Maksimalni i minimalni protok zabilježen je isti dan kao i na postaji Ladešić Draga, ali u drukčijim vrijednostima, 1145 m³/s (03.12.1966.g.) i 4,069 m³/s (28.10.1985.g.). Na identične dane izmjereni su i maksimalni vodostaj od 683 cm i minimalni vodostaj od 37 cm. Najviša dosegnuta temperatura je 28,8 °C, izmjerena 14.08.1993.g., a najniža 0,0 °C, izmjerena 02.02.1958.g. Iznos vodomjerenja je 198, a broj mjerenih profila je 2 i prikazan je na slici 3.9. (<https://hidro.dhz.hr/>, 2020.).

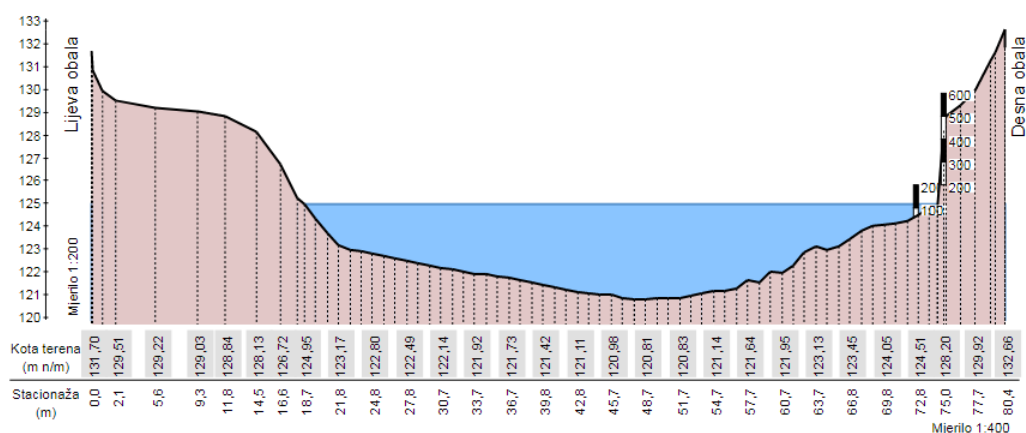


Slika 3.8. Hidrološka postaja Kamanje (<https://hidro.dhz.hr/>)

POPREČNI PRESJEK KORITA

Šifra: 4024
Postaja: KAMANJE
Vodotok: KUPA

Kota nule: 123,827 m n/m
Vodostaj: 112 cm
Datum mjerenja: 25. 11. 2014.



Slika 3.9. Profil Kupe na mjestu hidrološke postaje Kamanje (<https://hidro.dhz.hr/>)

3.2. Metodologija provedenih obrada

Prilikom pristupa svakom istraživačkom radu koji obuhvaća analizu hidroloških procesa, u što spadaju npr. protoci, vodostaji, temperature ili oborine, namjera je prikupiti što je moguće veću količinu izmjerenih podataka kako bi konačni rezultati bili pouzdaniji i sigurniji. Ti podaci, ovisno o vrsti istraživanja, mogu biti meteorološki ili hidrološki. Nakon što je prikupljena dovoljna količina podataka za početak proučavanja, slijedi statistička obrada navedenih podataka radi dobivanja ograničenog broja rezultata. Na temelju tih rezultata se u slijedećim koracima otkrivaju velika saznanja o analiziranim podacima.

Statistička metoda je znanstvena metoda koja se bavi prikupljanjem, analizom i tumačenjem podataka različitih vrsta, a dijele se na deskriptivne i inferencijalne. Svrha njezine primjene je donošenje suda o osobitostima promatranih pojava, ispitivanje različitih pretpostavki, procjena karakterističnih veličina, odabir statističkih modela koji generiraju pojave i predviđanje pojava (Ožanić, 2017.). U hidrologiji, osnovna statistička obrada podataka uključuje određivanje maksimalne i minimalne vrijednosti, aritmetičke sredine, standardne devijacije, koeficijenta varijacije i asimetrije. U ovome radu analizirani su svi navedeni parametri, osim koeficijenta asimetrije.

Minimalna i maksimalna vrijednost se određuje na temelju najmanjih, odnosno najvećih vrijednosti pojedinih mjesečnih ili godišnjih podataka u uzorku.

Aritmetička vrijednost ili prosjek (oznaka \bar{x}) je srednja vrijednost koja predstavlja sumu svih podataka podijeljenu s ukupnim brojem podataka u uzorku. Ako neki određeni niz izgleda kao slijedeći:

$$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$$

aritmetička sredina je navedena slijedećim izrazom koji predstavlja prvi centralni moment:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

gdje je n broj članova niza, a x_i je i -ti član niza.

Standardna devijacija ili standardno odstupanje (oznaka σ) je prosječno srednje kvadratno odstupanje numeričkih vrijednosti neke veličine x_1, x_2, \dots, x_n od njihove aritmetičke sredine \bar{x} . Primjenjuje se kao standard za mjerenje varijabilnosti niza i služi kao mjera rasprostranjenosti članova niza podataka od prosječne vrijednosti. U slučaju da je dobivena standardna devijacija mala, aritmetička sredina dobro predstavlja rezultate. Ona predstavlja drugi korijen iz varijance, a varijanca ili srednje kvadratno odstupanje predstavlja sumu kvadrata odstupanja svakog člana niza x_i od aritmetičke sredine niza, pomnožene s odgovarajućom učestalosti i podijeljenu sa brojem elemenata uzorka. Formula standardne devijacije je:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n f_i (x_i - \bar{x})^2},$$

gdje je N ukupan broj podataka, f_i je učestalost, x_i je i -ti član niza i \bar{x} je aritmetička sredina.

Koeficijent varijacije (oznaka c_v) je omjer između vrijednosti standardne devijacije i aritmetičke sredine. Koristi se za bezdimenzionalno izražavanje mjere rasprostranjenosti niza. Formula za dobivanje koeficijenta varijacije glasi:

$$c_v = \frac{\sigma}{\bar{x}},$$

gdje je σ iznos standardne devijacije i \bar{x} aritmetička sredina.

Trend je padajuće ili rastuće usmjeravanje u vremenskim nizovima. To je sustavna i neprekinuta pojava koja obuhvaća cijeli vremenski niz. Jednadžba linearnog trenda računa se metodom najmanjih kvadrata odstupanja koja glasi (Sušanjan, 2017.):

$$x - \bar{x} = \frac{\sum(\Delta x_i * \Delta y_i)}{\sum(\Delta y_i)^2} (y - \bar{y}) ,$$

gdje su x_i, y_i koordinate i -te točke, a \bar{x}, \bar{y} srednje vrijednosti koordinata.

Proračun velikih voda koristeći statističke metode označava određivanje mjerodavne funkcije raspodjele na osnovi ulaznih izračunskih podataka dobivenim hidrološkim mjerenjima. Funkcija raspodjele ili funkcija raspodjele vjerojatnosti pojavljivanja slučajne promjenljive veličine je način na koji su učestalosti članova neke populacije raspodijeljene prema vrijednostima varijabli koje prikazuju. Većinom se u hidrologiji koriste kod definiranja veličina velikih i malih voda različitih povratnih razdoblja. Grafički prikaz funkcije raspodjele zove se krivulja raspodjele. Određenom se teorijskom krivuljom raspodjele definira krivulja trajanja na temelju izračunskih podataka poredanih po veličini. Za analizu raspodjele se upotrebljava veliki broj krivulja raspodjele koje mogu biti jedno-, dvo- ili više parametarske. Postoje još Gaussova (normalna), Galtonova (logaritamsko-normalna) i Gumbelova raspodjela kao i raspodjela Pearson 3 (Žugaj, 2009.). U ovome radu se koristila Gumbelova funkcija raspodjele koja je dvoparametarska i nesimetrična. Njezinom primjenom se dobivaju maksimalni godišnji pritoci određene vjerojatnosti pojavljivanja. Vjerojatnost pojavljivanja izražena je eksponencijalnom funkcijom oblika:

$$p_{(Q_m)} = a e^{-a(Q_m - Q^*)} e^{-e^{-a(Q_m - Q^*)}} ,$$

gdje su a i Q^* parametri Gumbelove raspodjele. Q^* je modus Gumbelove raspodjele i određuje se preko izraza:

$$Q^* = Q_m - \frac{0,577}{a} ,$$

gdje veličina 0,577 predstavlja Eulerovu konstantu, a parametar a je definiran izrazom:

$$\frac{1}{a} = 0,780 * \sigma$$

Parametar σ označava standardno odstupanje. Gumbel je definirao odnos vjerojatnosti pojavljivanja p i vrijednosti parametra z pa se na temelju toga protoci različitog reda pojavljivanja mogu izračunati preko izraza:

$$Q_m = Q^* + \frac{1}{a} * z$$

Dakle, kako bi se u zadnjoj formuli odredio Q_m , prethodno je potrebno odrediti parametar a i modus Gumbelove raspodjele Q^* . Za određivanje njihovih vrijednosti potrebno je poznavati standardnu devijaciju σ i aritmetičku sredinu Q_m niza koji se ispituje.

Također, uz prethodne analize napravljena je i krivulja trajanja protoka. Općenito, krivulja trajanja je krivulja koja pokazuje broj dana u godini ili postotak vremena tijekom kojih je protok jednak ponuđenim količinama ili veći ne gledajući na kronološki red. Da bi odredili trajnost, moramo poznavati učestalost. Učestalost neke vrijednosti slučajne varijable je broj koji pokazuje koliko puta se ta vrijednost varijable pojavila unutar nekoga skupa (Sušanj, 2017.). Krivulja trajanja se izrađuje na način da se odaberu izmjerene vrijednosti protoka iz određenog raspona godina u kojima nije bilo prekida u mjerenju dnevnih vrijednosti protoka. Uz to, potrebno je definirati razrede, koji mogu biti istog raspona ili ne, po kojima bi klasificirali učestalosti pojave protoka. Nakon što se odredi učestalost pojavljivanja određenih protoka, trajnost se dobiva sumiranjem učestalosti.

4. ANALIZA PODATAKA O PROTOCIMA

4.1. Analiza godišnjih i mjesečnih protoka

Velike vode

Za tri hidrološke postaje, Ladešić Dragu, Metliku i Kamanje, analizirana je pojava velikih voda za različita razdoblja mjerenja koja uključuju mjesečne i godišnje maksimume, srednjake i minimume protoka u m^3/s , standardne devijacije (st.dev) i koeficijente varijacije (Cv). Podaci su prikazani tablično (Tablice 4.1., 4.2. i 4.3.) uz grafički prikaz mjesečnih maksimuma protoka (Slika 4.1.) te hoda maksimalnih godišnjih protoka i njihovih trendova (Slika 4.2.).

Tablica 4.1. Mjesečni i godišnji maksimumi protoka (m^3/s) za postaju Ladešić Draga (1949.-2003., 2008.-2019.)

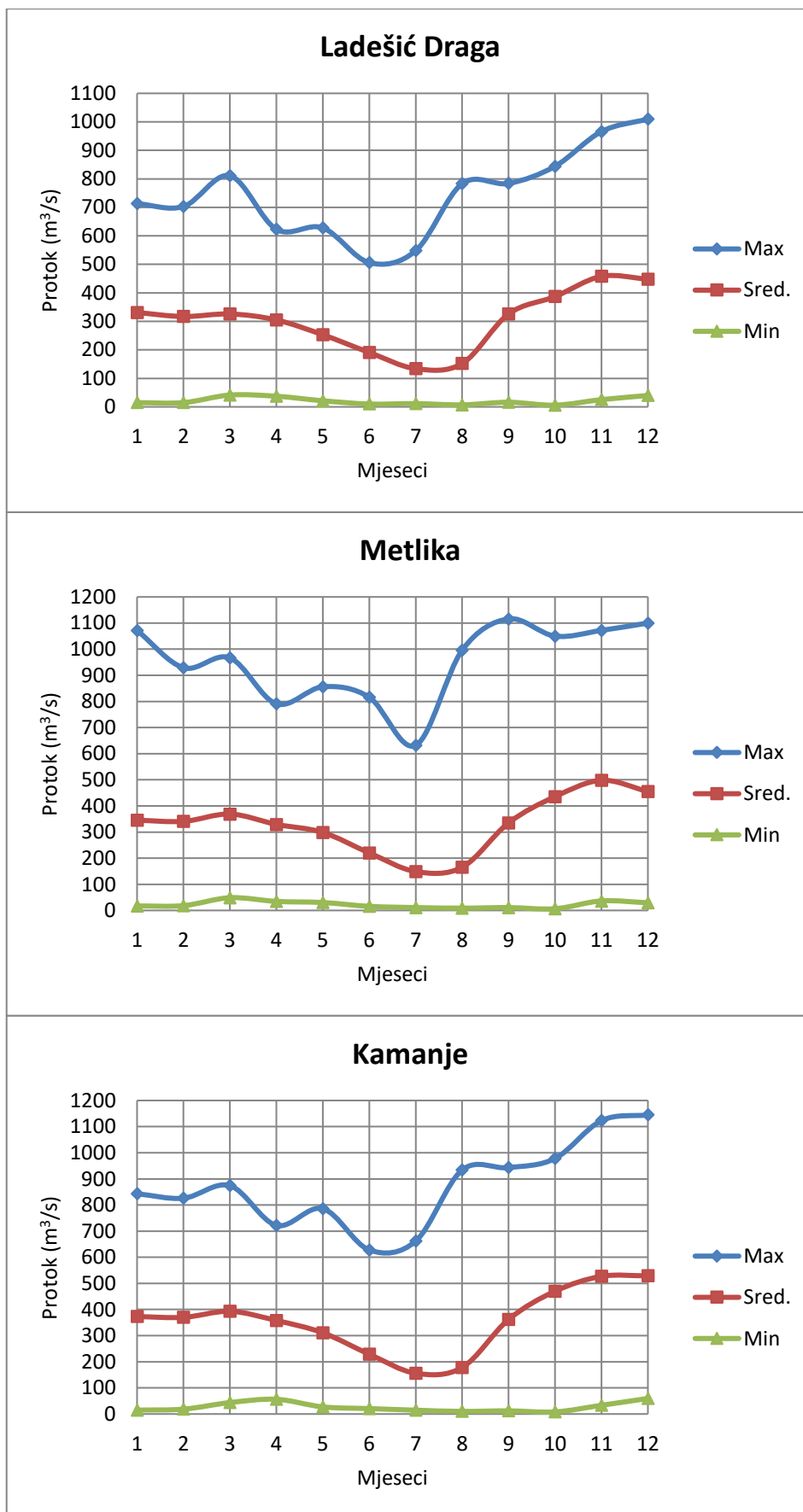
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	331	317	326	305	253	191	134	152	326	387	458	448	681
St.dev	192	187	191	144	164	132	130	179	234	225	215	244	134
Cv	0,58	0,59	0,59	0,47	0,65	0,69	0,97	1,18	0,72	0,58	0,47	0,54	0,20
Max	713	703	811	623	628	506	548	783	784	844	966	1010	1010
Min	14,8	15	41,5	37,3	21,4	10	11,4	7,05	16,2	6,03	25,4	40	361

Tablica 4.2. Mjesečni i godišnji maksimumi protoka (m^3/s) za postaju Metlika (1926.-2018.)

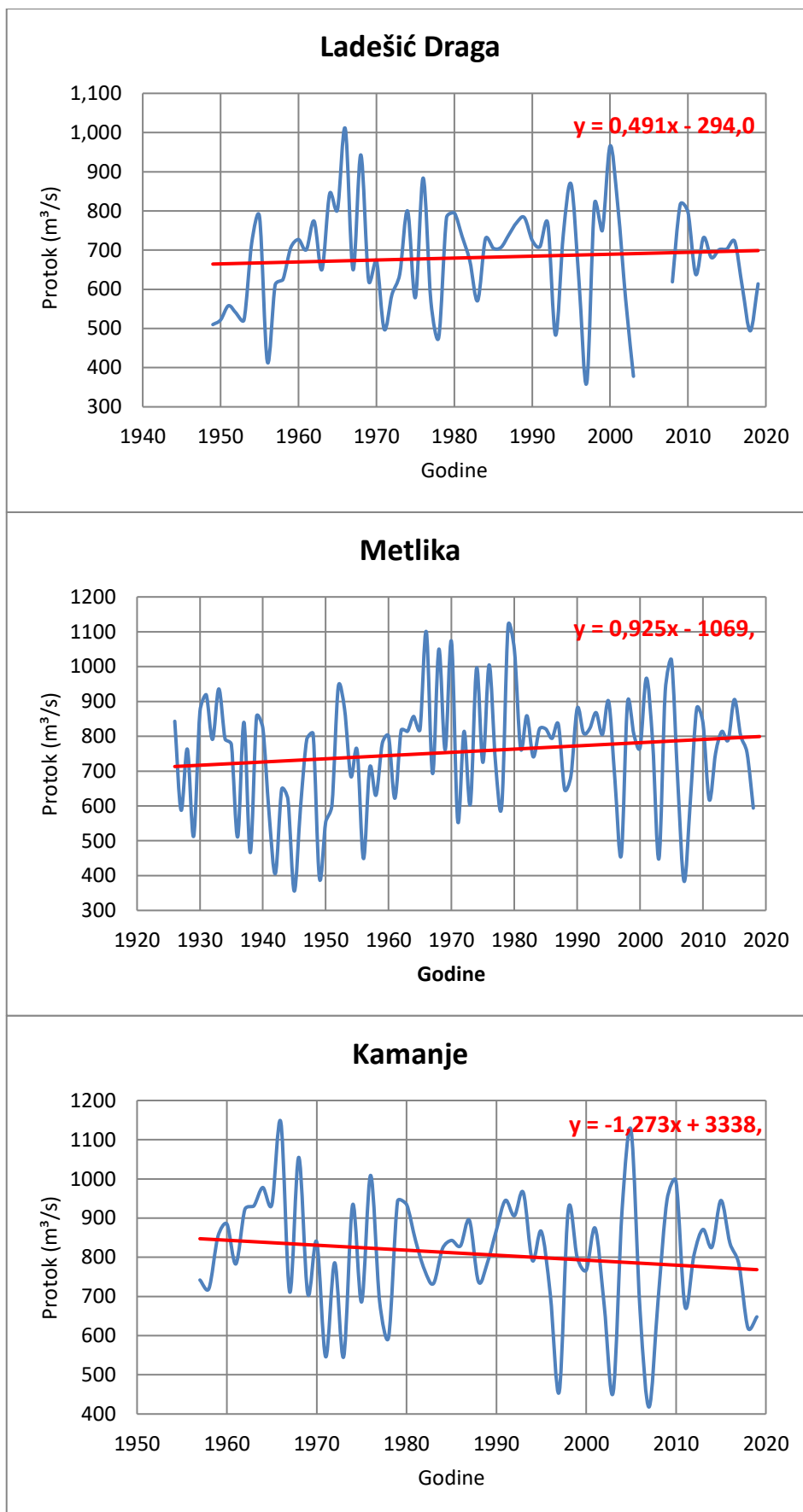
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	345,4	341,0	369,0	329,3	298,6	220,3	148,9	165,2	335,2	435,5	498,0	455,2	755,7
St.dev	223,2	214,7	222,6	176,7	207,3	168,9	146,6	202,1	259,8	269,9	240,3	251,5	167,2
Cv	0,65	0,63	0,60	0,54	0,69	0,77	0,98	1,22	0,77	0,62	0,48	0,55	0,22
Max	1072	929	966,7	791	856	816	632	996	1116	1050	1072	1100	1116
Min	17,2	18,4	48,6	34,6	30,3	15,7	11	8,8	11	6,5	36,4	29,4	355,5

Tablica 4.3. Mjesečni i godišnji maksimumi protoka (m^3/s) za postaju Kamanje (1957.-2019.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	373	370	393	358	311	229	156	178	362	470	527	529	808
St.dev	228	210	228	171	204	163	156	207	266	278	267	274	152
Cv	0,61	0,57	0,58	0,48	0,66	0,71	1,00	1,16	0,74	0,59	0,51	0,52	0,19
Max	843	826	874	722	786	628	662	934	943	978	1123	1145	1145
Min	15	18,6	43,9	56,3	27,1	20,8	14,6	9,99	12,1	8,16	33,4	59,6	418



Slika 4.1. Grafički prikaz mjesečnih maksimuma protoka za analizirane postaje



Slika 4.2. Grafički prikaz hoda maksimalnih godišnjih protoka i trendova na analiziranim postajama

Srednje vode

Tablicama 4.4., 4.5. i 4.6. prikazane su značajke pojava srednjih voda na analiziranim postajama uz grafički prikaz srednjih mjesečnih protoka (Slika 4.3.) te hoda srednjih godišnjih protoka i trendova (Slika 4.4.).

Tablica 4.4. Mjesečni i godišnji srednjaci protoka (m^3/s) za postaju Ladešić Draga (1949.-2003., 2008.-2019.)

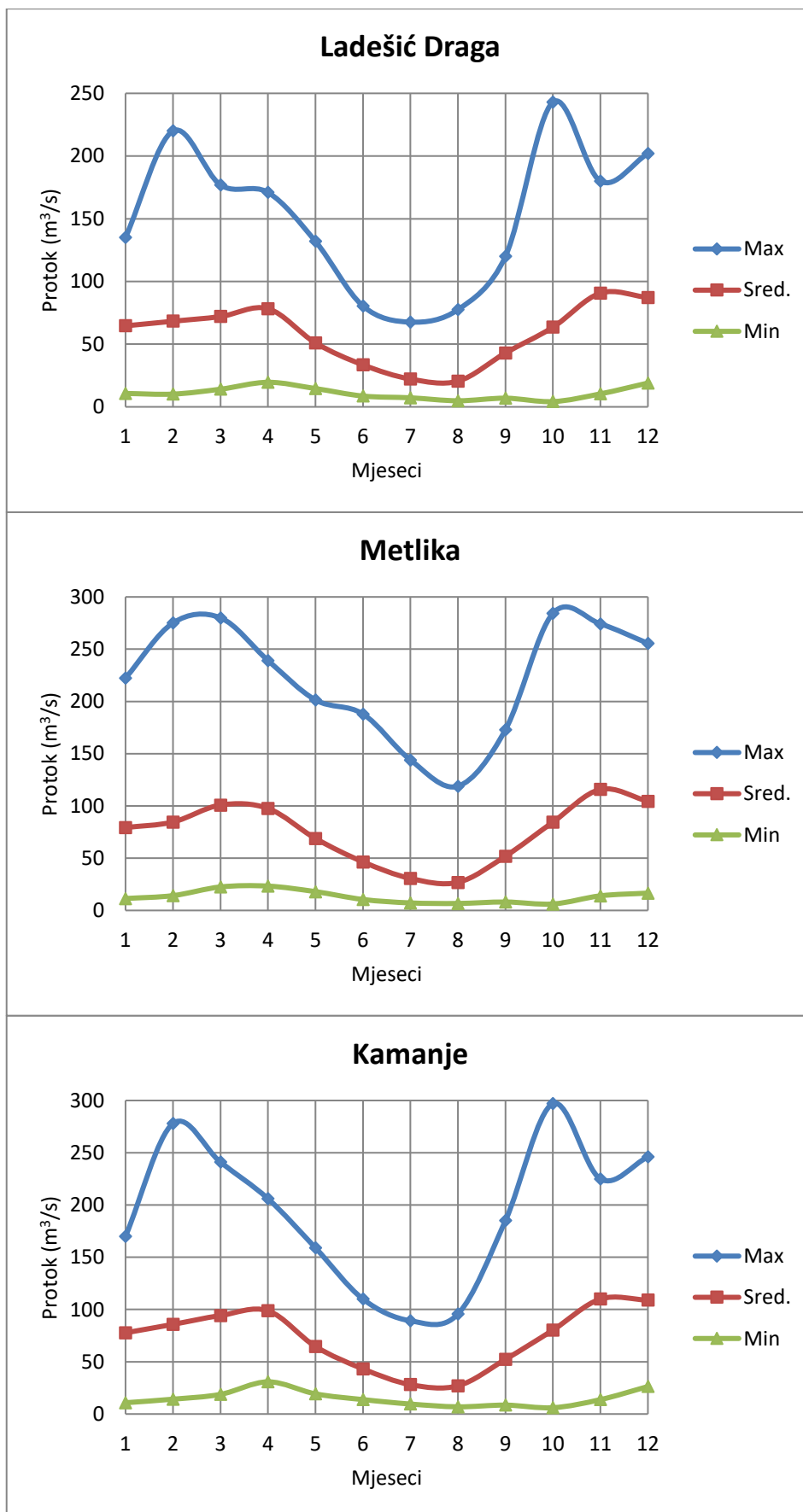
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	64,6	68,3	72,0	78,3	51,0	33,5	22,2	20,5	43,0	63,5	90,7	87,2	58,2
St.dev	32,5	43,1	35,6	31,5	26,1	17,6	12,1	14,9	31,8	46,7	44,1	48,3	11,7
Cv	0,50	0,63	0,49	0,40	0,51	0,53	0,54	0,73	0,74	0,74	0,49	0,55	0,20
Max	135	220	177	171	132	80,4	67,6	77,5	120	243	180	202	86,3
Min	10,7	10,2	14,1	19,6	14,6	8,63	7,23	4,87	6,93	4,22	10,4	19	28,6

Tablica 4.5. Mjesečni i godišnji srednjaci protoka (m^3/s) za postaju Metlika (1926.-2018.)

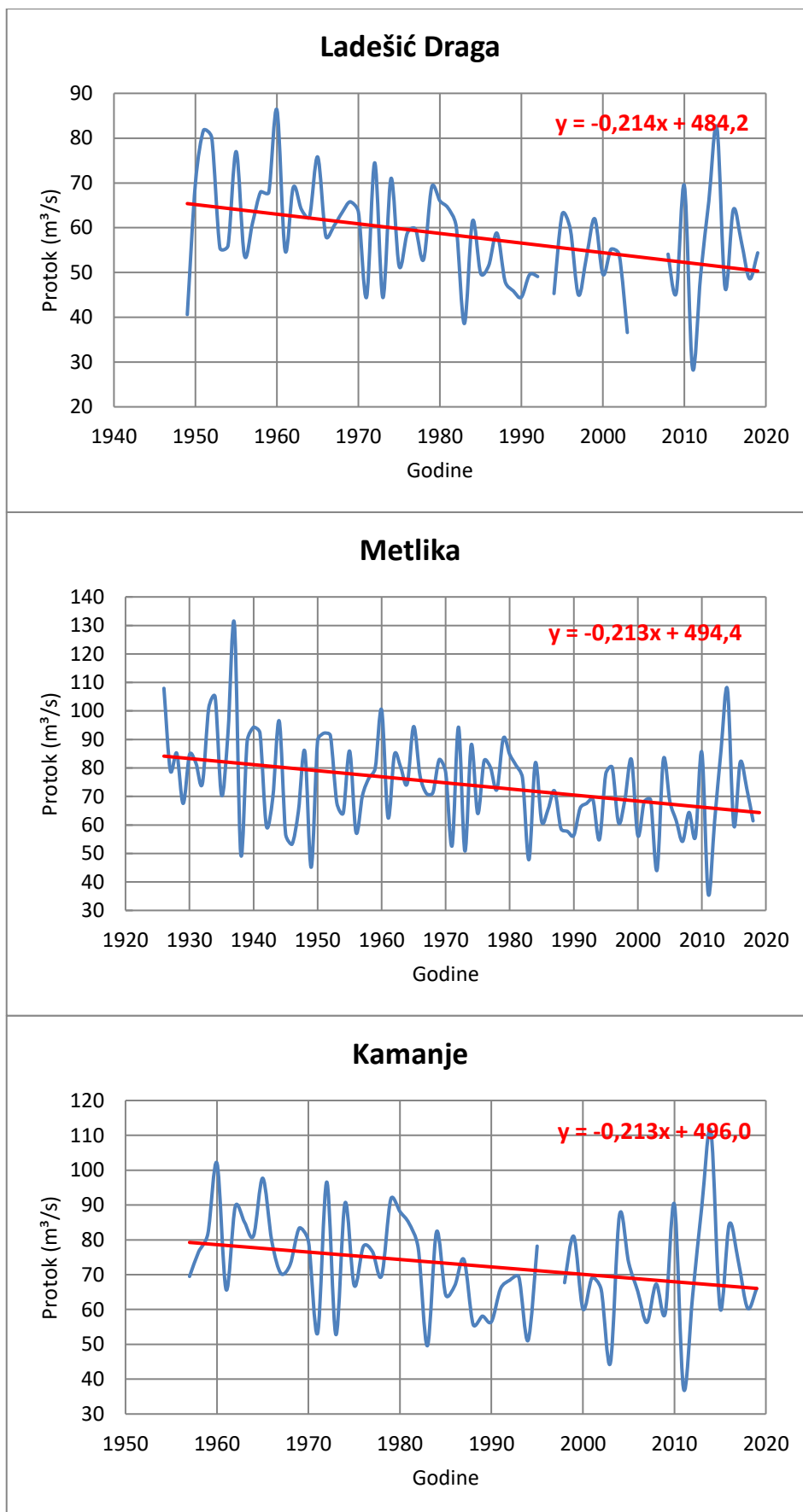
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	79,3	84,6	100,9	97,6	68,9	46,5	30,6	26,9	51,9	84,5	115,8	104,5	74,3
St.dev	42,6	50,2	54,6	42,2	35,8	28,8	23,1	21,0	39,4	58,3	57,2	58,4	16,3
Cv	0,54	0,59	0,54	0,43	0,52	0,62	0,75	0,78	0,76	0,69	0,49	0,56	0,22
Max	222,4	275,1	280	239,2	201,4	188	144	118,9	172,9	284,3	274,2	255,6	130,7
Min	11,4	14,2	22,5	23,3	18	10,5	7,2	6,7	8,1	6,2	14	16,6	35,8

Tablica 4.6. Mjesečni i godišnji srednjaci protoka (m^3/s) za postaju Kamanje (1957.-2019.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	77,7	85,8	94,2	98,8	64,6	43,2	28,1	27,0	52,3	80,3	110,0	109,0	72,7
St.dev	38,9	49,6	46,6	40,5	31,8	22,4	16,6	20,7	39,9	60,2	56,6	59,8	14,5
Cv	0,50	0,58	0,49	0,41	0,49	0,52	0,59	0,77	0,76	0,75	0,51	0,55	0,20
Max	170	278	241	206	159	110	89,2	95,7	185	297	225	246	111
Min	10,8	14,2	18,8	30,8	19,3	13,8	9,54	6,89	8,52	6,05	13,8	26,3	37,3



Slika 4.3. Grafički prikaz mjesečnih srednjaka protoka za analizirane postaje



Slika 4.4. Grafički prikaz hoda srednjih godišnjih protoka i trendova na analiziranim postajama

Male vode

Za značajke pojava malih voda na trima analiziranim postajama dane su tablice 4.7., 4.8. i 4.9., kao i grafički prikazi minimalnih mjesečnih protoka (Slika 4.5.) te hoda minimalnih godišnjih protoka i trendova (Slika 4.6.).

Tablica 4.7. Mjesečni i godišnji minimumi protoka (m^3/s) za postaju Ladešić Draga (1949.-2003., 2008.-2019.)

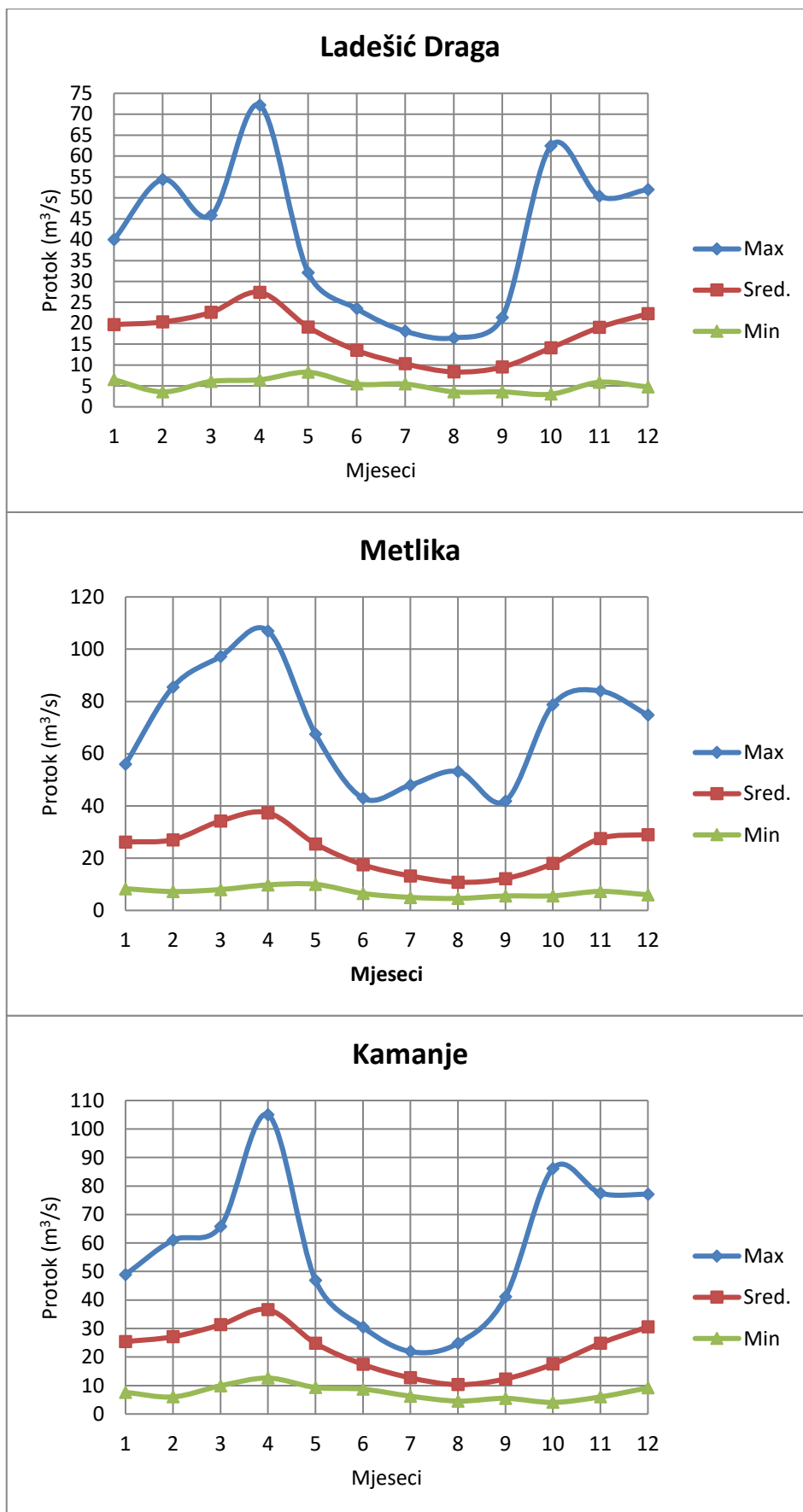
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred	19,7	20,3	22,6	27,4	19,1	13,5	10,3	8,4	9,5	14,1	19,0	22,3	7,3
St.dev	7,1	8,5	8,9	11,5	6,9	4,4	3,3	3,2	4,2	8,9	9,1	9,2	2,7
Cv	0,36	0,42	0,39	0,42	0,36	0,33	0,32	0,39	0,44	0,63	0,48	0,41	0,37
Max	40	54,4	45,8	72,2	32,1	23,5	18,1	16,5	21,4	62,4	50,4	52	15
Min	6,51	3,58	6,08	6,48	8,28	5,46	5,46	3,59	3,59	3,04	5,89	4,75	3,04

Tablica 4.8. Mjesečni i godišnji minimumi protoka (m^3/s) za postaju Metlika (1926.-2018.)

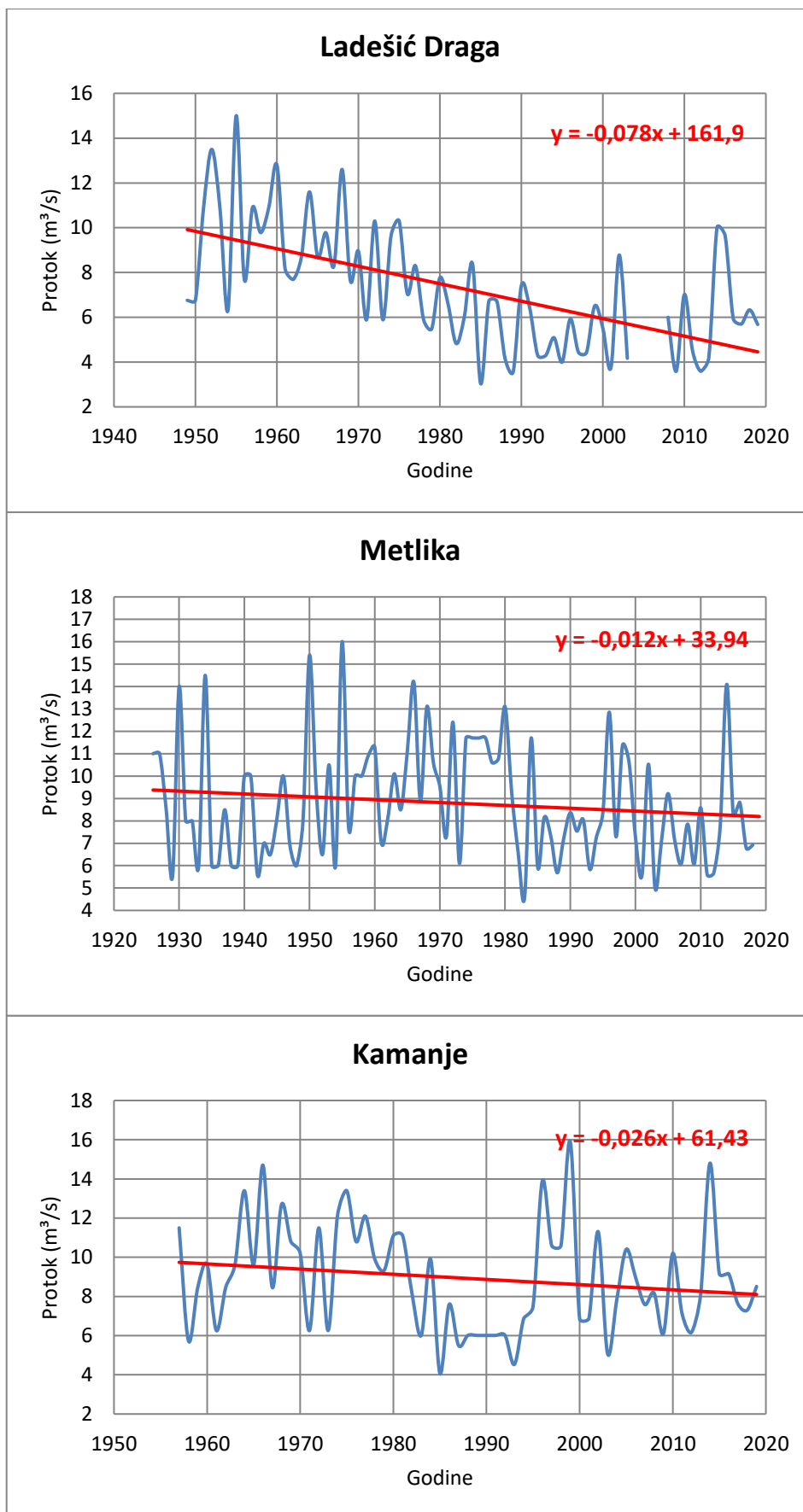
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	26,2	27,1	34,2	37,4	25,5	17,5	13,2	10,8	12,2	18,0	27,5	29,0	8,8
St.dev	11,0	11,9	18,0	16,9	10,0	6,7	6,5	5,6	6,3	12,6	16,6	13,1	2,6
Cv	0,42	0,44	0,53	0,45	0,39	0,38	0,49	0,52	0,52	0,70	0,60	0,45	0,30
Max	56	85,6	97,2	107	67,5	43	48	53,2	41,9	78,8	84	74,8	16
Min	8,3	7,2	8,0	9,8	10,0	6,5	5,0	4,6	5,6	5,6	7,3	6,0	4,6

Tablica 4.9. Mjesečni i godišnji minimumi protoka (m^3/s) za postaju Kamanje (1957.-2019.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	25,4	27,1	31,3	36,6	24,8	17,4	12,7	10,3	12,3	17,5	24,8	30,6	8,93
St.dev	10,0	11,4	13,2	16,5	8,9	5,1	3,6	3,6	6,4	12,7	13,6	13,9	2,7
Cv	0,39	0,42	0,42	0,45	0,36	0,29	0,28	0,35	0,52	0,73	0,55	0,46	0,31
Max	48,9	61	65,8	105	46,9	30,5	21,9	24,8	41,1	86,1	77,5	77,1	15,9
Min	7,6	6,01	9,91	12,6	9,32	8,73	6,26	4,53	5,5	4,07	6,01	9,16	4,07



Slika 4.5. Grafički prikaz mjesečnih minimuma protoka za analizirane postaje



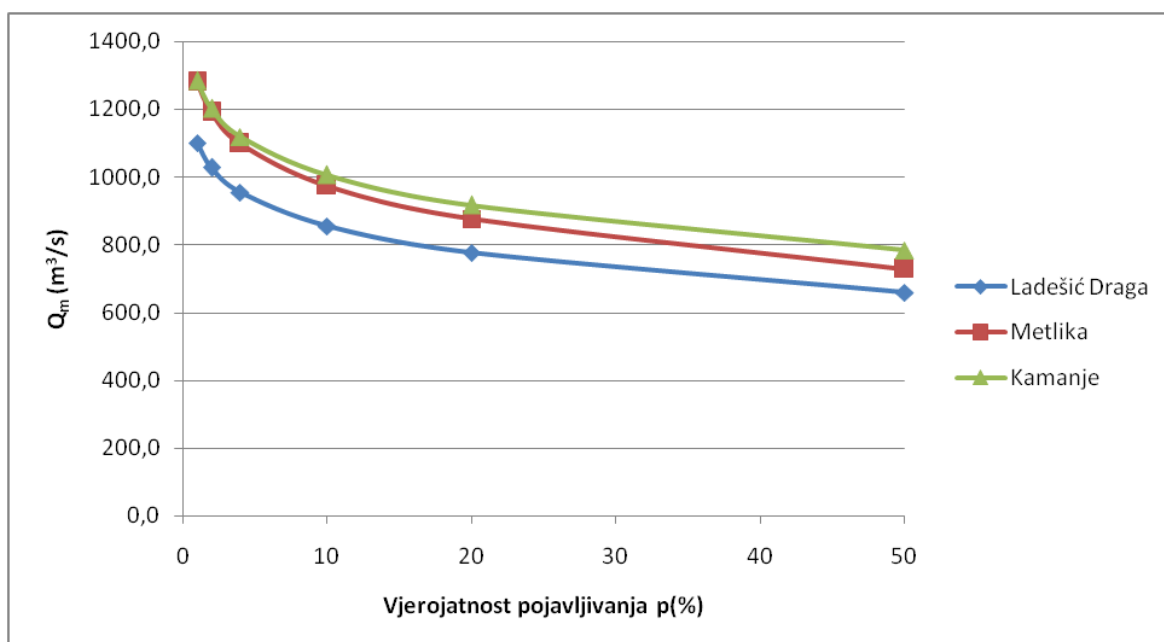
Slika 4.6. Grafički prikaz hoda minimalnih godišnjih protoka i trendova na analiziranim postajama

4.2. Analiza vjerojatnosti pojave karakterističnih protoka

Analize vjerojatnosti pojave karakterističnih protoka pripada jednoj od osnovnih obrada u hidrologiji. Njome se dobivaju karakteristični pokazatelji vodnog režima nekog određenog vodotoka, u ovom slučaju se radi o rijeci Kupi. Proračun je izvršen po Gumbelovoj funkciji raspodjele za dobivanje vjerojatnosti pojavljivanja maksimalnih, minimalnih i srednjih godišnjih protoka u smjeru maksimuma, odnosno minimuma, za sve tri postaje. U slijedećim tablicama, 4.10., 4.11., 4.12. i 4.13., su prikazane procjene karakterističnih godišnjih protoka za različita povratna razdoblja, a grafovi na slikama 4.7., 4.8., 4.9. i 4.10. prikazuju Gumbelove krivulje raspodjele.

Tablica 4.10. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za maksimalne godišnje protoke u smjeru maksimuma

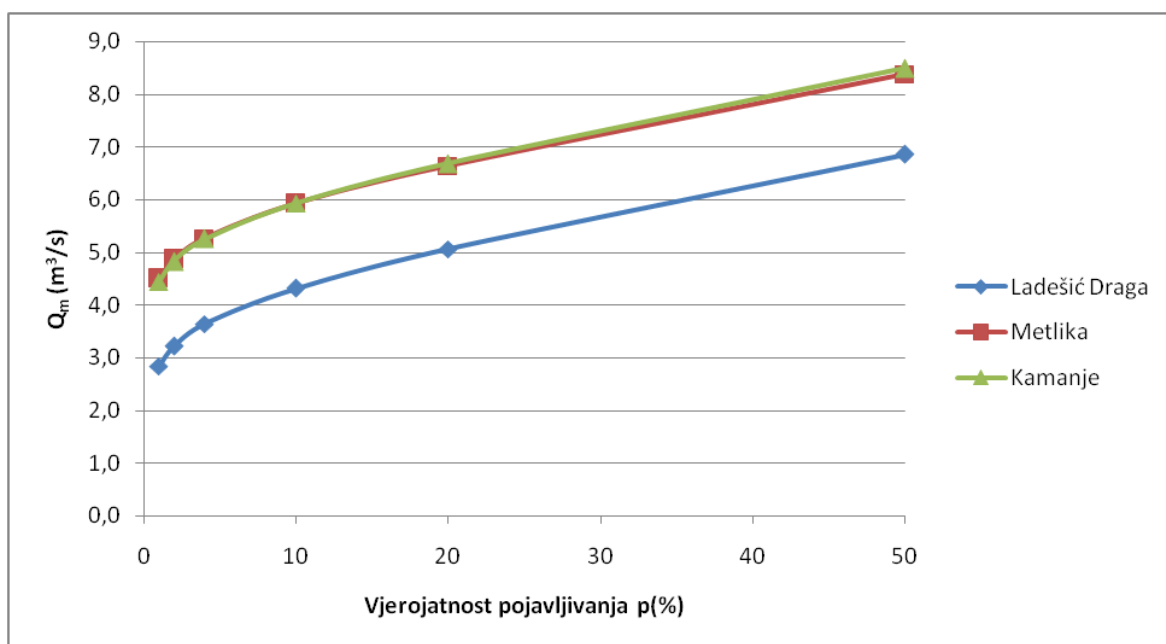
PP (god.)	p(%)	p ₁	z	Ladešić Draga	Metlika	Kamanje
				Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)
100	1	0,9900	4,60	1099,9	1280,4	1283,9
50	2	0,9800	3,91	1028,1	1190,4	1202,3
25	4	0,9600	3,20	954,2	1097,8	1118,3
10	10	0,9000	2,25	855,2	973,9	1005,9
5	20	0,8000	1,50	777,1	876,1	917,2
2	50	0,5000	0,37	659,4	728,7	783,5



Slika 4.7. Vjerojatnost pojavljivanja maksimalnih godišnjih protoka u smjeru maksimuma

Tablica 4.11. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za minimalne godišnje protoke u smjeru minimuma

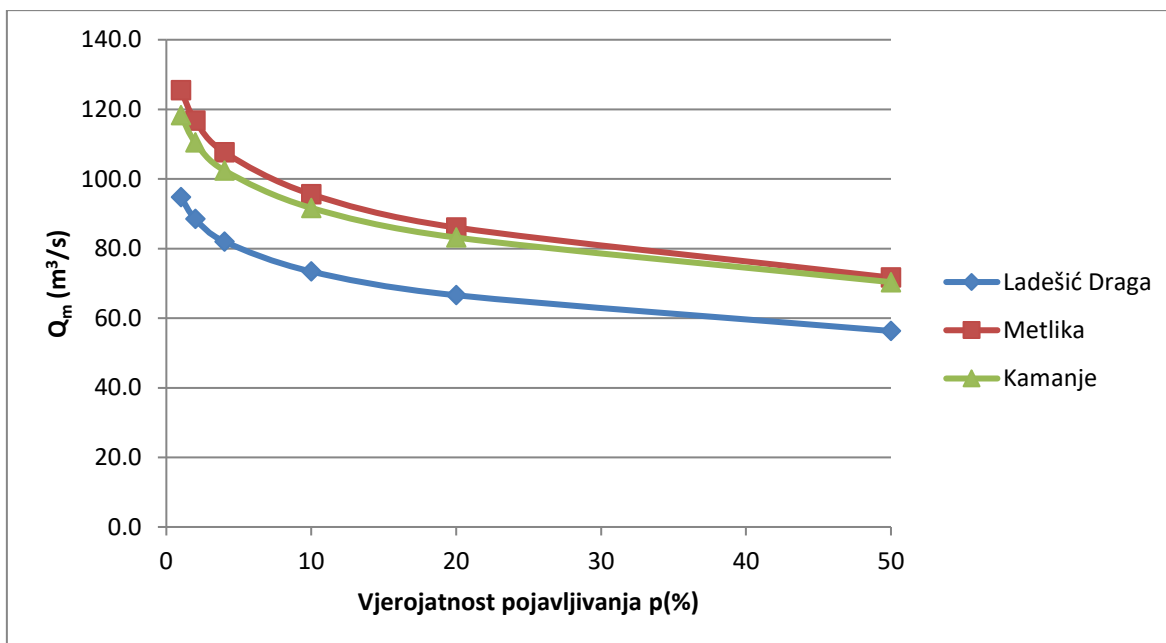
PP (god.)	p(%)	P ₁	z	Ladešić Draga	Metlika	Kamanje
				Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)
2	50	0,5000	0,37	6,9	8,4	8,5
5	20	0,8000	-0,48	5,1	6,6	6,7
10	10	0,9000	-0,83	4,3	5,9	5,9
25	4	0,9600	-1,15	3,6	5,3	5,3
50	2	0,9800	-1,35	3,2	4,9	4,8
100	1	0,9900	-1,53	2,8	4,5	4,4



Slika 4.8. Vjerojatnost pojavljivanja minimalnih godišnjih protoka u smjeru minimuma

Tablica 4.12. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za srednje godišnje protoke u smjeru maksimuma

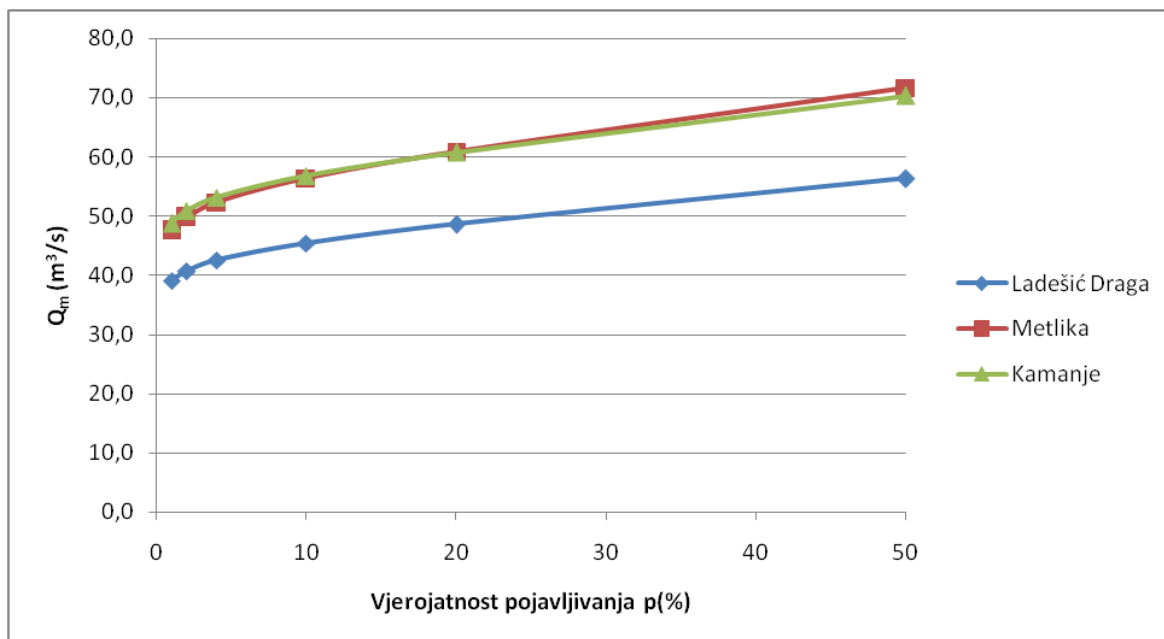
PP (god.)	p(%)	P ₁	z	Ladešić Draga	Metlika	Kamanje
				Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)
100	1	0,9900	4,60	94,8	125,5	118,3
50	2	0,9800	3,91	88,5	116,7	110,5
25	4	0,9600	3,20	82,0	107,7	102,4
10	10	0,9000	2,25	73,4	95,6	91,7
5	20	0,8000	1,50	66,6	86,0	83,2
2	50	0,5000	0,37	56,3	71,7	70,4



Slika 4.9. Vjerojatnost pojavljivanja srednjih godišnjih protoka u smjeru maksimuma

Tablica 4.13. Proračun po Gumbelovoj funkciji raspodjele za srednje godišnje protoke u smjeru minimuma

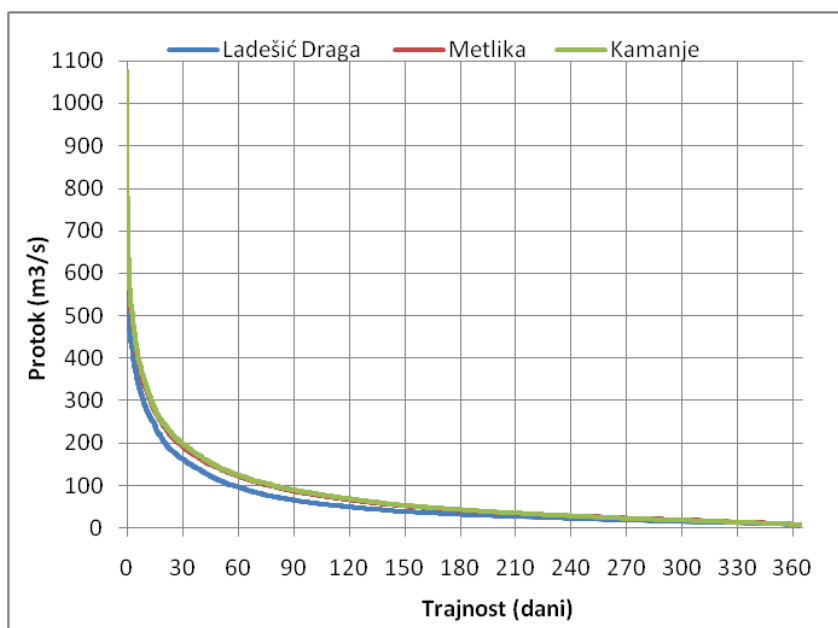
PP (god.)	p(%)	p ₁	z	Ladešić Draga	Metlika	Kamanje
				Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)	Q _m (m ³ /s)
2	50	0,5000	0,37	56,3	71,7	70,4
5	20	0,8000	-0,48	48,6	60,8	60,7
10	10	0,9000	-0,83	45,4	56,4	56,7
25	4	0,9600	-1,15	42,5	52,3	53,1
50	2	0,9800	-1,35	40,7	49,8	50,8
100	1	0,9900	-1,53	39,1	47,5	48,8



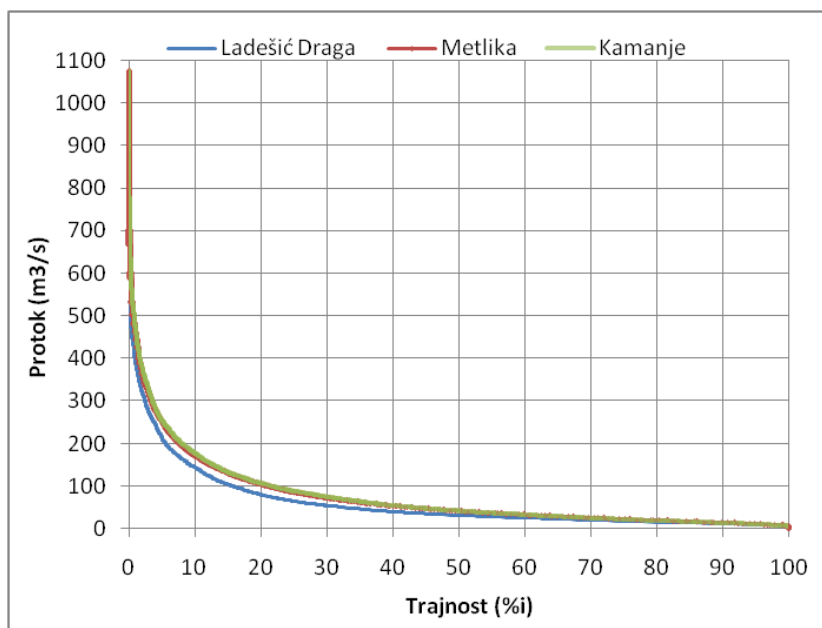
Slika 4.10. Vjerojatnost pojavljivanja srednjih godišnjih protoka u smjeru minimuma

4.3. Analiza dnevnih protoka

U nastavku su prikazane krivulje trajanja dnevnih vrijednosti protoka. Obuhvaćene su sve tri postaje s zajedničkim neprekinutim razdobljem mjerenja u trajanju od 01.01.1957.g. do 31.12.1992.g. Slika 4.11. prikazuje krivulju protoka u odnosu na prosječnu godišnju trajnost u danima, a slika 4.12. prikazuje krivulju protoka u odnosu na trajnost u postocima.



Slika 4.11. Krivulja trajnosti dnevnih protoka za razdoblje od 1957.g. do 1992.g.



Slika 4.12. Krivulja trajnosti dnevnih protoka za razdoblje od 1957.g. do 1992.g.

Iz prikazane dvije krivulje možemo vidjeti da su krivulje dnevnih protoka sa postaje Metlika i Kamanje jako slične, odnosno skoro da se poklapaju u promatranom razdoblju. Međutim, krivulja dnevnih protoka za Ladešić Draga odstupa od krivulja drugih dviju postaja, posebno između iznosa protoka u vrijednosti otprilike od $50 \text{ m}^3/\text{s}$ do $250 \text{ m}^3/\text{s}$. To znači da između tih vrijednosti, dnevni protok u Ladešić Dragi kraće traje od dnevnih protoka u Metliki i Kamanju, a ostale vrijednosti trajanja se kreću gotovo pa jednako.

5. ANALIZA PODATAKA O TEMPERATURI VODE

Visoke temperature

Osim obrade protoka provedena je i analiza temperature vode na mjestu hidroloških postaja Ladešić Draga, Metlika i Kamanje. Kao i u analizi podataka o protocima, obrađeni su mjesečni i godišnji maksimumi, minimumi i srednjaci temperatura u °C, standardna devijacija (st.dev) i koeficijent varijacije (Cv). Podaci su prikazani u tablicama 5.1., 5.2. i 5.3. sa grafičkim prikazima maksimalnih mjesečnih temperatura (Slika 5.1.) te hoda i trendova maksimalnih godišnjih temperatura kroz mjereno razdoblje (Slika 5.2.).

Tablica 5.1. Mjesečni i godišnji maksimumi temperatura (°C) za postaju Ladešić Draga (1964.-1990.)

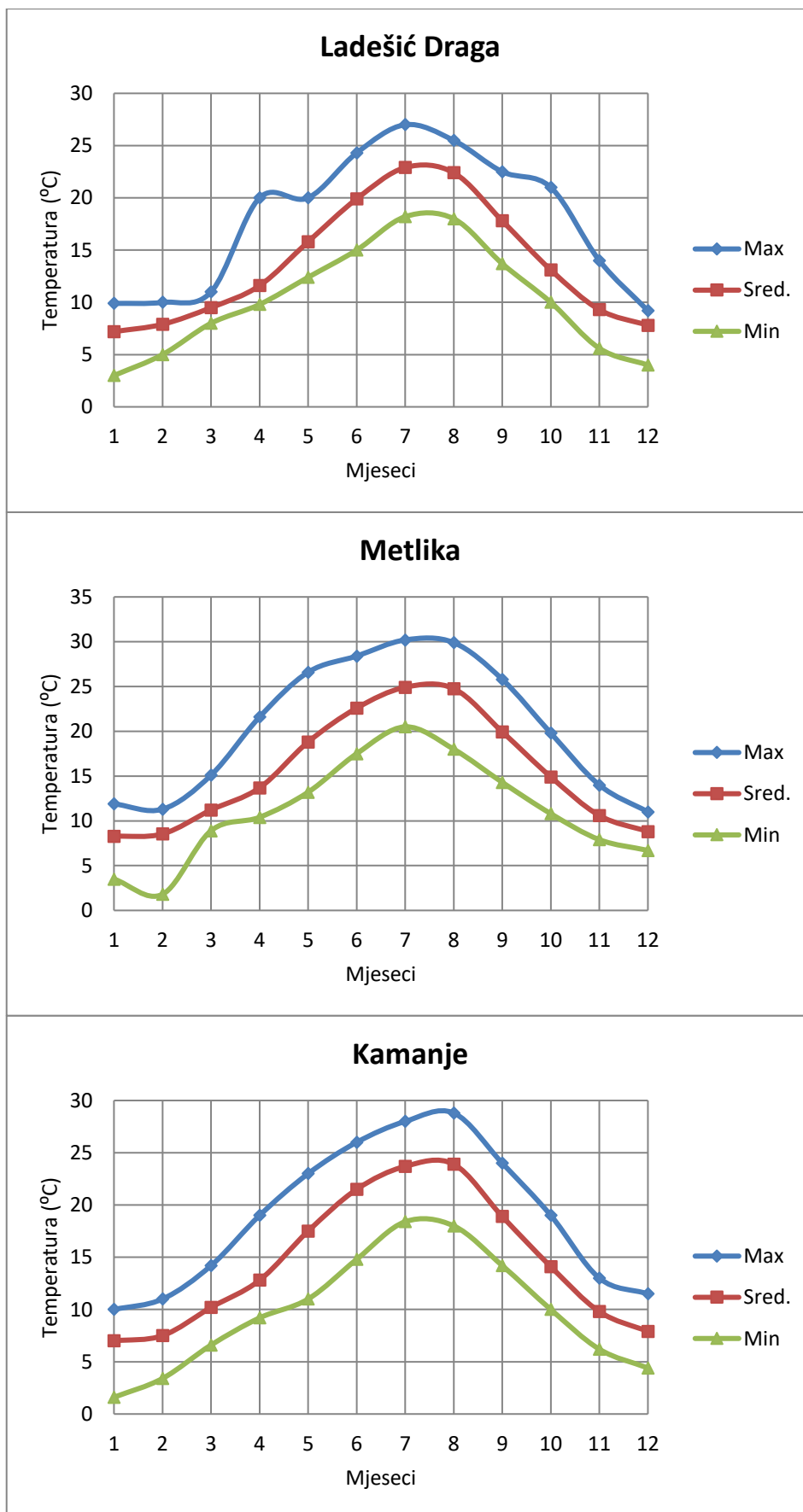
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred	7,2	7,9	9,5	11,6	15,8	19,9	22,9	22,4	17,8	13,1	9,3	7,8	23,5
St.dev	1,7	1,2	1,0	2,2	2,3	2,5	1,9	2,1	2,6	2,3	1,5	1,2	1,6
Cv	0,24	0,16	0,10	0,19	0,14	0,12	0,09	0,09	0,14	0,17	0,16	0,16	0,07
Max	9,9	10	11	20	20	24,3	27	25,5	22,5	21	14	9,2	27
Min	3	5	8	9,8	12,4	15	18,2	18	13,7	10	5,6	4	19

Tablica 5.2. Mjesečni i godišnji maksimumi temperatura (°C) za postaju Metlika (1953.-1990., 1992.-2018.)

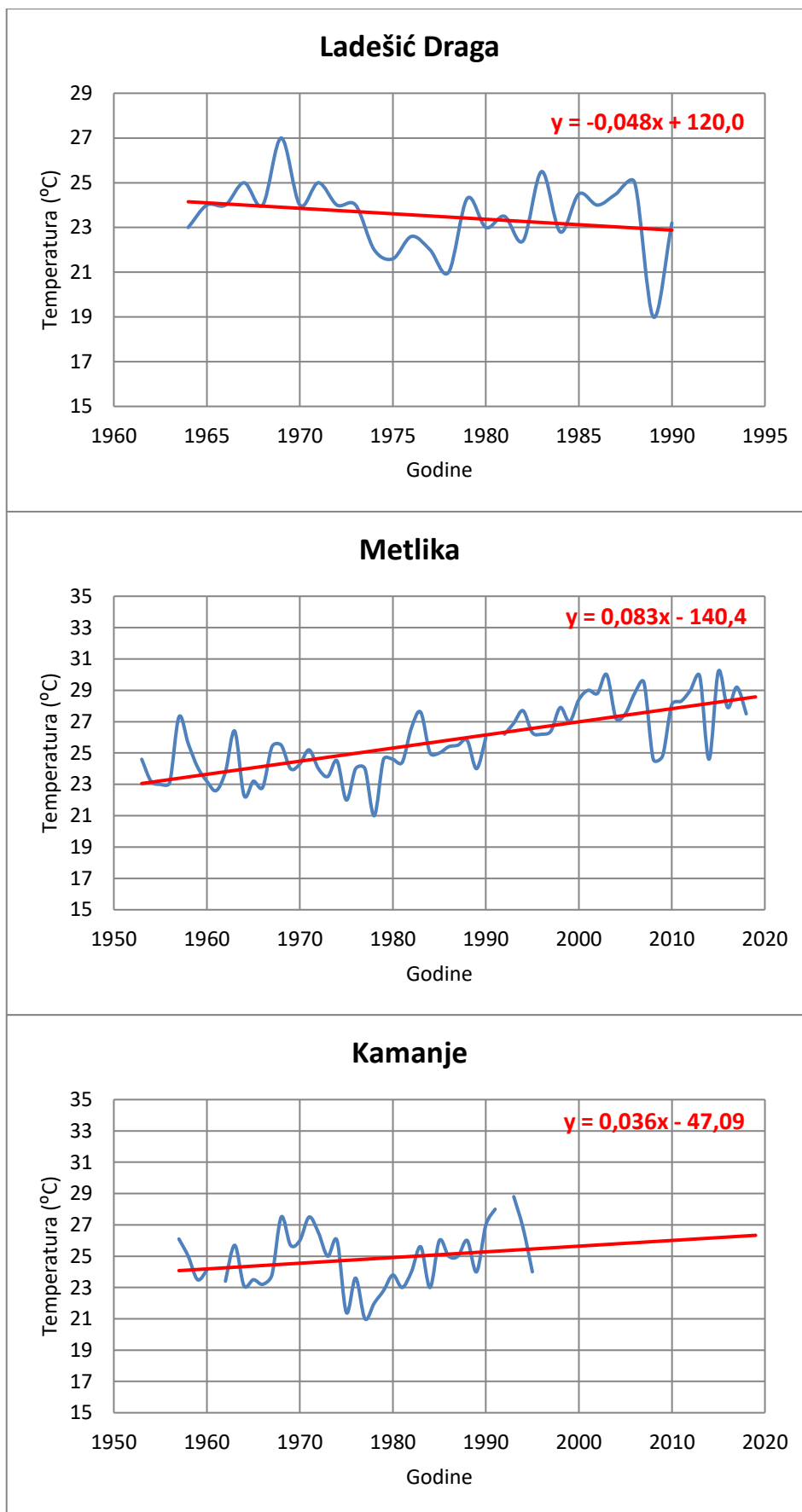
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	8,3	8,5	11,2	13,7	18,8	22,6	24,9	24,8	19,9	14,9	10,6	8,8	25,8
St.dev	1,3	1,5	1,6	2,2	2,8	2,7	2,4	2,5	2,6	2,2	1,4	0,8	2,2
Cv	0,16	0,17	0,15	0,16	0,15	0,12	0,10	0,10	0,13	0,15	0,13	0,09	0,09
Max	11,9	11,3	15,1	21,6	26,6	28,4	30,2	29,9	25,8	19,8	14	11	30,2
Min	3,5	1,8	8,9	10,4	13,2	17,5	20,5	18	14,3	10,8	7,9	6,7	21

Tablica 5.3. Mjesečni i godišnji maksimumi temperatura (°C) za postaju Kamanje (1957.-1960., 1962.-1991., 1993.-1995.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	7,0	7,5	10,2	12,8	17,5	21,5	23,7	23,9	18,9	14,1	9,8	7,9	24,8
St.dev	1,9	1,9	2,0	1,8	2,8	2,5	2,4	2,3	2,5	2,3	1,8	1,4	1,9
Cv	0,28	0,25	0,19	0,14	0,16	0,11	0,10	0,10	0,13	0,16	0,18	0,18	0,07
Max	10	11	14,2	19	23	26	28	28,8	24	19	13	11,5	28,8
Min	1,6	3,4	6,6	9,2	11	14,8	18,4	18	14,2	10	6,2	4,4	21



Slika 5.1. Grafički prikaz mjesečnih maksimalnih temperatura na analiziranim postajama



Slika 5.2. Grafički prikaz hoda maksimalnih godišnjih temperatura i trendova na analiziranim postajama

Srednje temperature

Slijedećim tablicama 5.4., 5.5. i 5.6. prikazane su značajke srednjih temperatura sa tri postaje uz prikaz grafova srednjih mjesečnih temperatura te hoda srednjih godišnjih temperatura i trendova na slikama 5.3. i 5.4.

Tablica 5.4. Mjesečni i godišnji srednjaci temperatura (°C) za postaju Ladešić Draga (1964.-1990.)

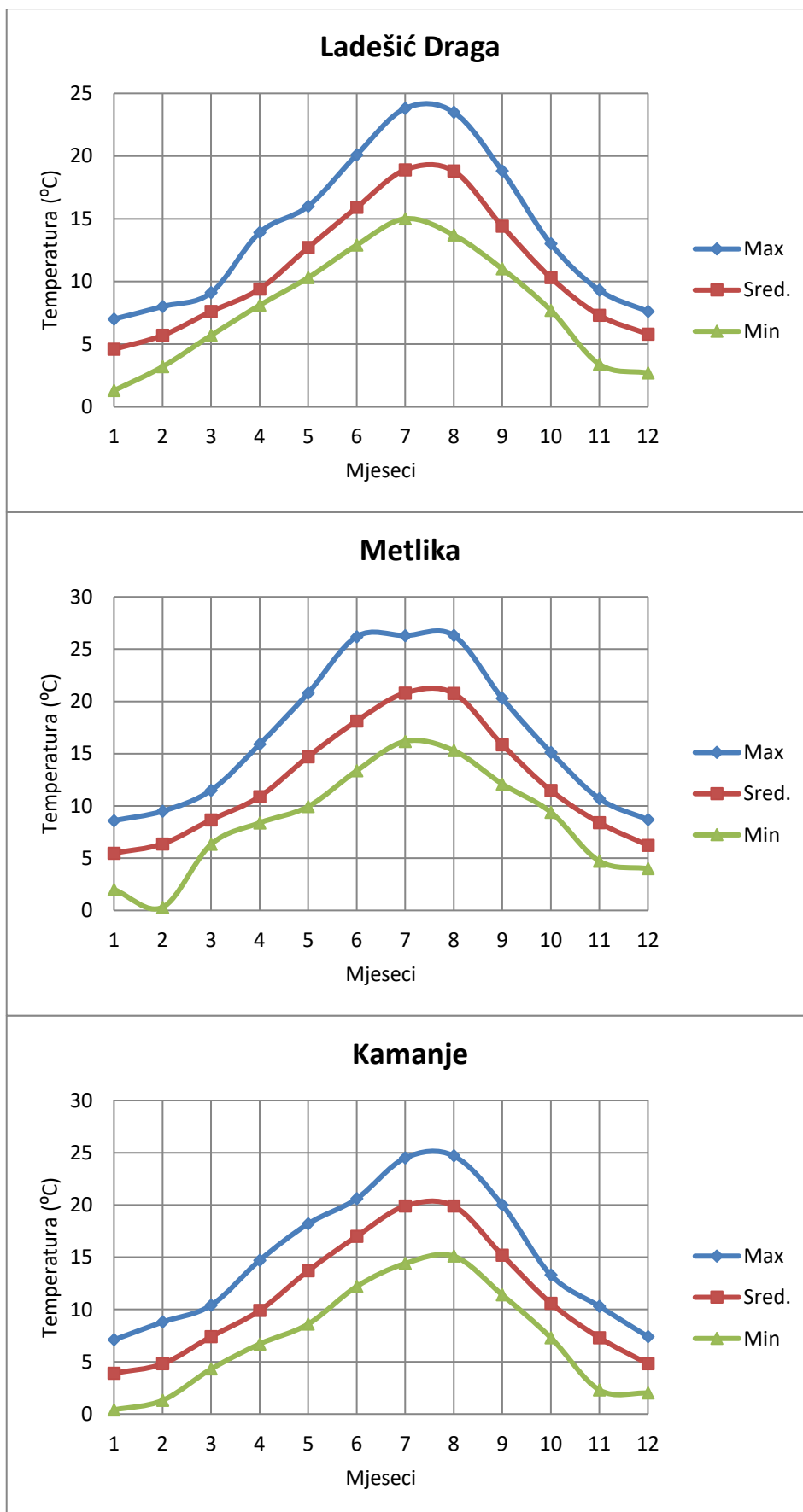
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred	4,6	5,7	7,6	9,4	12,7	15,9	18,9	18,8	14,4	10,3	7,3	5,8	10,9
St.dev	1,7	1,5	0,8	1,1	1,5	2,3	2,3	2,4	1,9	1,4	1,6	1,2	0,7
Cv	0,36	0,26	0,11	0,12	0,12	0,15	0,12	0,13	0,13	0,13	0,22	0,20	0,07
Max	7	8	9,1	13,9	16	20,1	23,8	23,5	18,8	13	9,3	7,6	12,2
Min	1,3	3,2	5,7	8,1	10,3	12,9	15	13,7	11	7,7	3,4	2,7	8,9

Tablica 5.5. Mjesečni i godišnji srednjaci temperatura (°C) za postaju Metlika (1953.-1990., 1992.-2018.)

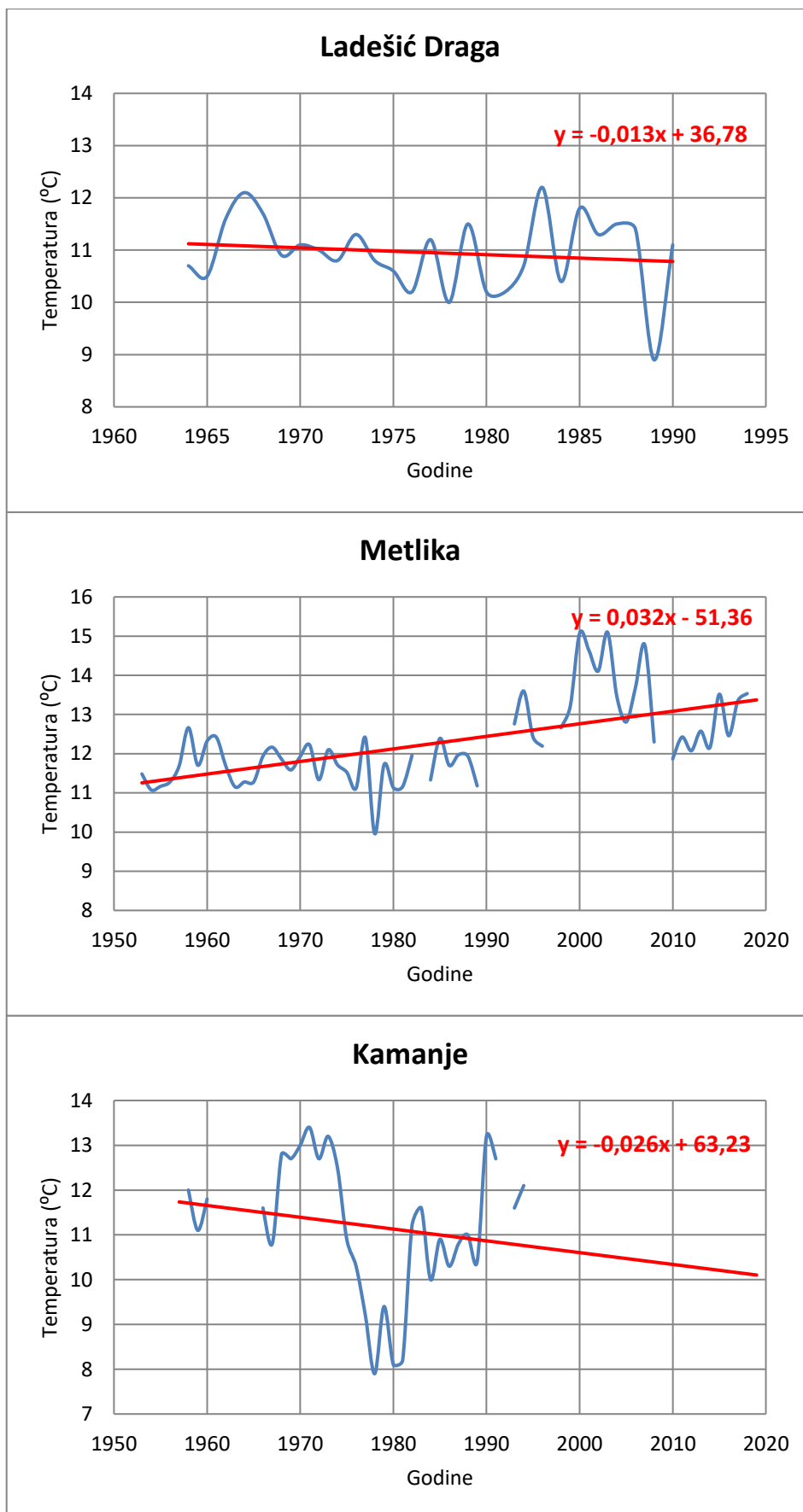
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	5,5	6,4	8,7	10,9	14,7	18,1	20,8	20,8	15,9	11,5	8,4	6,2	12,3
St.dev	1,6	1,8	1,1	1,3	2,4	2,7	2,5	2,6	2,2	1,1	1,1	1,2	1,1
Cv	0,30	0,28	0,13	0,12	0,16	0,15	0,12	0,12	0,14	0,10	0,13	0,19	0,09
Max	8,6	9,5	11,5	15,9	20,8	26,2	26,3	26,3	20,3	15,1	10,7	8,7	15,1
Min	2,0	0,3	6,3	8,4	9,9	13,4	16,2	15,3	12,1	9,4	4,7	4,0	10,0

Tablica 5.6. Mjesečni i godišnji srednjaci temperatura (°C) za postaju Kamanje (1957.-1960., 1962.-1991., 1993.-1995.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	3,9	4,8	7,4	9,9	13,7	17,0	19,9	19,9	15,2	10,6	7,3	4,8	11,2
St.dev	1,8	2,1	1,7	1,7	2,4	2,3	2,5	2,4	2,3	1,5	1,9	1,6	1,5
Cv	0,45	0,43	0,23	0,17	0,17	0,14	0,13	0,12	0,15	0,14	0,25	0,34	0,13
Max	7,1	8,8	10,4	14,7	18,2	20,6	24,5	24,7	20	13,3	10,3	7,4	13,4
Min	0,4	1,3	4,3	6,7	8,6	12,2	14,4	15,1	11,4	7,3	2,3	2	7,9



Slika 5.3. Grafički prikaz mjesečnih srednjih temperatura na analiziranim postajama



Slika 5.4. Grafički prikaz hoda srednjih godišnjih temperatura i trendova na analiziranim postajama

Male temperature

U narednim tablicama 5.7., 5.8. i 5.9. prikazane su karakteristike minimalnih mjesečnih i godišnjih temperature uz slike 5.5. i 5.6. sa grafičkim prikazom minimalnih mjesečnih temperatura te hoda minimalnih godišnjih temperatura i trendova za svaku od tri analizirane hidrološke postaje.

Tablica 5.7. Mjesečni i godišnji minimumi temperatura (°C) za postaju Ladešić Draga (1964.-1990.)

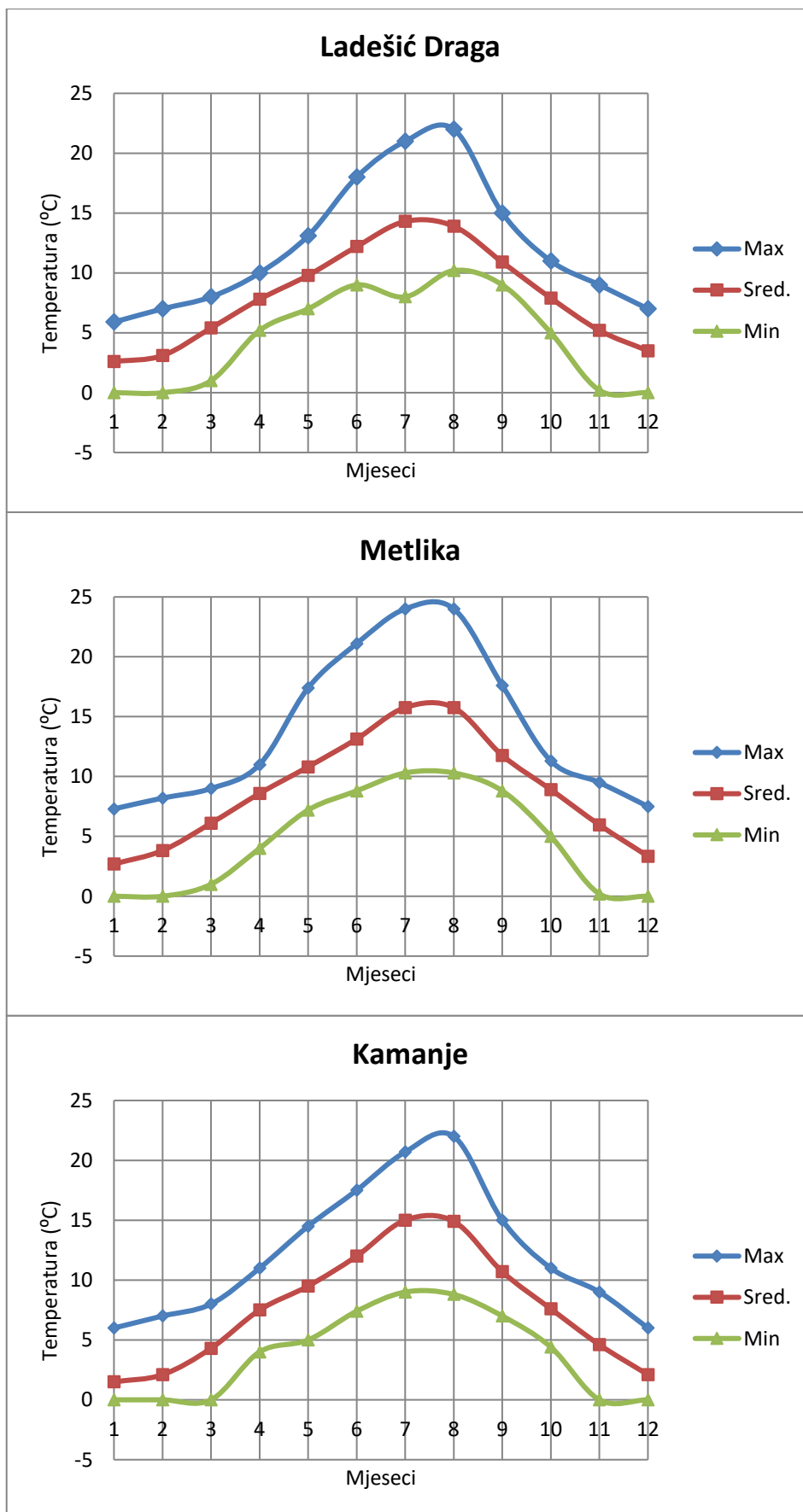
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred	2,6	3,1	5,4	7,8	9,8	12,2	14,3	13,9	10,9	7,9	5,2	3,5	1,5
St.dev	1,9	1,8	1,7	1,2	1,5	2,3	3,2	3,5	1,6	1,7	2,3	1,6	1,3
Cv	0,73	0,57	0,31	0,15	0,15	0,19	0,22	0,25	0,14	0,22	0,45	0,46	0,84
Max	5,9	7	8	10	13,1	18	21	22	15	11	9	7	5
Min	0	0	1	5,2	7	9	8	10,2	9	5	0,2	0	0

Tablica 5.8. Mjesečni i godišnji minimumi temperatura (°C) za postaju Metlika (1953.-1990., 1992.-2018.)

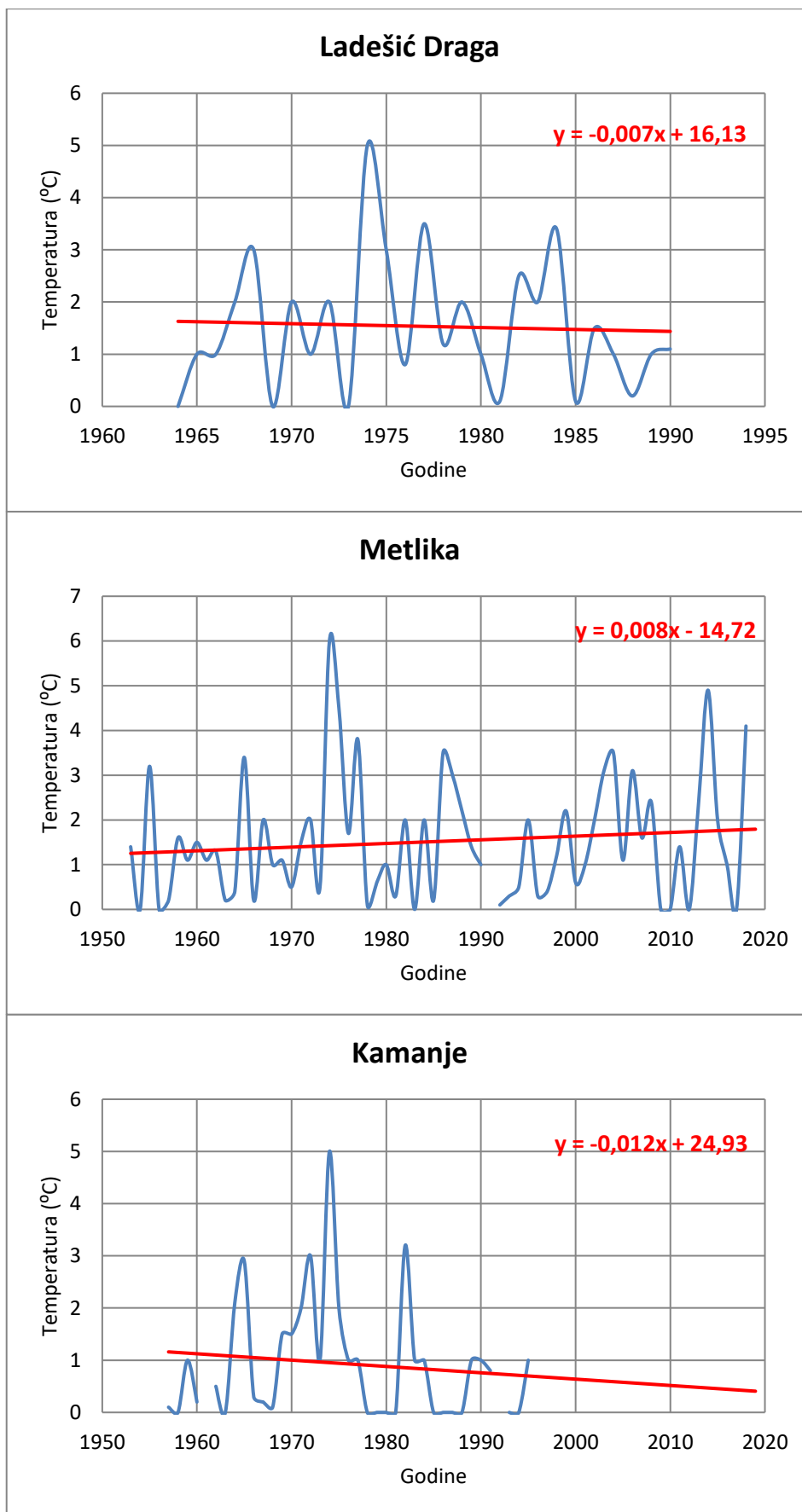
Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	2,7	3,8	6,1	8,6	10,8	13,1	15,8	15,8	11,8	8,9	6,0	3,3	1,5
St.dev	2,0	1,9	1,8	1,2	1,9	2,7	3,5	3,5	2,2	1,2	1,9	2,1	1,4
Cv	0,75	0,50	0,30	0,14	0,18	0,21	0,22	0,22	0,18	0,14	0,32	0,62	0,90
Max	7,3	8,2	9	11	17,4	21,1	24	24	17,6	11,3	9,5	7,5	6
Min	0	0	1	4	7,2	8,8	10,3	10,3	8,8	5	0,2	0	0

Tablica 5.9. Mjesečni i godišnji minimumi temperatura (°C) za postaju Kamanje (1957.-1960., 1962.-1991., 1993.-1995.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Sred.	1,5	2,1	4,3	7,5	9,5	12,0	15,0	14,9	10,7	7,6	4,6	2,1	0,9
St.dev	1,5	1,9	2,4	1,7	2,4	2,4	3,3	3,6	1,8	1,4	2,3	1,8	1,2
Cv	1,01	0,91	0,57	0,22	0,26	0,20	0,22	0,24	0,17	0,19	0,51	0,88	1,28
Max	6	7	8	11	14,5	17,5	20,7	22	15	11	9	6	5
Min	0	0	0	4	5	7,4	9	8,8	7	4,4	0	0	0



Slika 5.5. Grafički prikaz mjesečnih minimalnih temperatura na analiziranim postajama



Slika 5.6. Grafički prikaz hoda minimalnih godišnjih temperatura i trendova na analiziranim postajama

6. ZAKLJUČCI

Rijeka Kupa je morfološki vrlo raznolika rijeka po kojima se može ponositi u odnosu na neke druge rijeke u Hrvatskoj. Prateći njezin put od izvora prema ušću nailazimo na različite reljefne, klimatske, geološke i hidrogeološke značajke. Srednji dio toka Kupe, kojem je u ovome radu dana najveća pažnja, predstavlja prijelazna dionica između planinskog i nizinskog područja. Tim dijelom toka, nizvodno od Severina na Kupi (točnije od mjesta Vinica u Sloveniji) pa do Ozlja, prolazi kroz brežuljkasti teren i uglavnom obradive ravnice. Lahinja sa svojom pritokom Dobljicom predstavlja najznačajniji pritek Kupe na tom potezu. U Ozlju je locirana hidroelektrana izgrađena početkom 20. stoljeća.

Analizom podataka o mjesečnim i godišnjim protocima i temperatura vode rijeke Kupe na hidrološkim postajama Ladešić Draga, Metlika i Kamanje možemo zaključiti vodni režim protjecanja i trendove hoda protoka i temperatura vode. Iz podataka o velikim vodama vidi se da su očekivano najizraženiji maksimumi protoka u razdoblju jeseni i kasne zime zbog pojavljivanja čestih oborina i otapanju snijega u gorskim predjelima. Hidrološke postaje Ladešić Draga i Metlika pokazuju porast trenda maksimalnih protoka, dok u je Kamanju obrnuto, a u čemu je razlog različite duljine analiziranih nizova. Promatrajući srednje mjesečne i godišnje podatke o protocima na sve tri postaje, vidimo da su protoci uglavnom slični, s prisutnim trendom njihovog opadanja. Problem su male vode čiji podaci pokazuju pad trend opadanja minimalnih protoka. Iako se vide velike oscilacije minimalnih protoka na svim postajama, to se najviše odrazilo na postaji Ladešić Draga čiji trend najintenzivnije opada. Razlozi mogu ležati u klimatskim promjenama, posebno sve toplijim i sušnim razdobljima što dovodi i do male razine vodostaja, a time i do negativnih utjecaja na životinjski svijet u vodi. Što se tiče temperature vode, na postaji Metlika vidimo trend rasta maksimalnih, srednjih i minimalnih godišnjih temperatura, što je također posljedica utjecaja klimatskih promjena. Za ostale dvije postaje nemamo puno podataka o njezinom kretanju jer se ne mjere dulje od dvadeset godina.

Karakteristična značajka srednjeg toka Kupe, kao i gornjeg toka, su pragovi. Nekad u primarnoj funkciji usmjeravanja vode prema mlinovima, pilanama, kovačnicama i sličnim sadržajima uz rijeku, danas svjedoče o davnim izgubljenim vremenima. No, nisu postali beznačajni jer i dalje imaju ulogu stabilizacije korita, privremenog skloništa za vodene životinje tijekom suša i malih voda, poboljšavanja kvalitete vode, umirivanje toka i zadržavanje većih količina nanosa materijala. Nakon potpisivanja hrvatsko-slovenske

suradnje pred kraj 20. stoljeća započelo se s obnovom pragova i drugih nužnih zahvata za održavanje rijeke, kao početkom zaštite tog vrijednog kulturno-povijesnog naslijeđa.

7. LITERATURA

1. Brelih, M. (2007.): Problematika gornjeg toka rijeke Kupe – analiza malih voda i ekološki prihvatljivog protoka – diplomski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
2. Černicki, L., Forenbaher, S. (2012.): Starim cestama do mora, Libricon, Zagreb, str. 133.
3. Cibilić, A. (2007.): Sliv Kupe – karakterizacijsko izvješće, Završna konferencija "Pilot plan upravljanja slivom rijeke Save" ("Pilot river basin plan for the Sava river") EC CARDS Regionalni projekt, Zagreb, 18.09.2007.
4. Gjetvaj, G., Cikojević, A., Ferenčak, F., Husanija, J. (2019.): Lučni riječki pragovi, Hrvatske vode, Vol. 27, br. 107, str. 29.-34.
5. INSTITUT IGH d.d. IGH PROJEKT (2009.): Plan navodnjavanja Karlovačke županije - radna verzija (voditelj izrade Babić, M.), Zagreb
6. Ožanić, N. (2017./2018.): Hidrologija I - predavanja, materijali s predavanja, <https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=26031> (05.01.2018.)
7. Ožanić, N., Rubinić, J., Karleuša, B., Holjević, D. (2004.): The revitalisation of cultural hereditary building in water streams, 3rd European Conference on River Restoration in Europe, RIVER RESTORATION 2004, Zagreb, 17.-21.05.2004.
8. Pavlić, K. (2016.): Regionalna hidrološka analiza krškog porječja Kupe (Regional hydrological analysis of the Kupa karstic basin) – doktorski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
9. Plut, D., Lovrenčak, F. (1986.): Geografske značilnosti poplavnega sveta Kolpe in njenih pritokov v zgornjem Pokopju (Geographic characteristics of overflow areas of the Kolpa and its affluents in the upper Pokolpje, Acta geographica XXV, str. 129-155
10. Sušanjan, I. (2017./2018.): Osnovna statistička obrada podataka, materijali s vježba, <https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=26031> (30.10.2017.)
11. Vodnogospodarski inštitut, družba za gospodarjenje z vodami, d.o.o. (2001.): Vodnogospodarska osnova povodja Kolpe (voditelj izrade Globevnik, L.), Ljubljana
12. Žugaj, R. (2009.): Hidrologija za agroekologe, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 90.-92.

13. <https://alpedunavjadran.hrt.hr/emisija/09-09-2017/park-priodelahinja/>, (09.09.2020.)
14. <https://croatia.hr/hr-HR/doziviljaji/aktivni-odmor/kanu-i-kajak/kupa>, (09.09.2020.)
15. <https://crorivers.com/kupa/>, (09.09.2020.)
16. <https://en.odkrijtebelokrajino.com/obrh-v-metliki>, (09.09.2020.)
17. <https://frisco-project.eu/hr/slivna-podrucja-rijeka/kupa/>, (09.09.2020.)
18. <https://hidro.dhz.hr/>, (09.09.2020.)
19. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Lahinja>, (09.09.2020.)
20. https://ksr-mreznica.hr/?page_id=153, (09.09.2020.)
21. <https://mapio.net/pic/p-110312321/>, (09.09.2020.)
22. <https://mapio.net/pic/p-16373392/>, (09.09.2020.)
23. <http://priodahrvatske.com/hidrografija/>, (09.09.2020.)
24. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kolpa>, (09.09.2020.)
25. http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php, (09.09.2020.)
26. <https://www.dinarskogorje.com/sliv-rijeke-kupe-kolpe.html>, (09.09.2020.)
27. <https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-ozalj-1-i-2/1544>, (09.09.2020.)
28. <http://www.kafotka.net/price/9257>. (09.09.2020.)
29. <https://www.metlika.si/objava/131927>, (09.09.2020.)
30. <http://www.opcina-zakanje.hr/7/58/Rijeka-Kupa>, (09.09.2020.)
31. <https://www.radio-odeon.com/novice/pomagajmo-poljanski-dolini-ob-kolpi/>, (09.09.2020.)
32. <https://www.voda.hr/hr/novosti/kupa-rijeka-tirkiznog-izvora-koja-izvire-u-nacionalnom-parku>, (09.09.2020.)