

# Usporedba vodnog režima vodotoka u gornjem dijelu sliva Like

---

**Vidić, Mihael**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

*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:157:197885>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*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**

**Mihael Vidić**

**Usporedba vodnog režima vodotoka u gornjem dijelu sliva Like**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Specijalistički diplomski stručni studij  
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi**

**Mihael Vidić  
JMBAG: 0114028864**

**Usporedba vodnog režima vodotoka u gornjem dijelu sliva Like**

**Diplomski rad**

**Rijeka, srpanj 2022.**

Rijeka, 1. srpnja 2022.

Sveučilište - iz **Sveučilište u Rijeci**  
Upisnika:  
Predmet: **Prirodne osnove vodnih pojava u priobalju**  
Grana: **2.05.03 hidrotehnika**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 2063

Pristupnik: **Mihael Vidić (0114028864)**  
Studij: Građevinarstvo; smjer: Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi

Zadatak: **Usporedba vodnog režima vodotoka u gornjem dijelu sliva Like**

Opis zadatka:

U radu je potrebno:

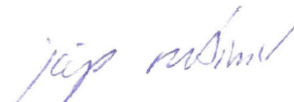
- Opisati opće značajke sliva gornjeg dijela toka rijeke Like i njenih pritoka
- Provesti osnovnu obradu raspoloživih podataka o protocima na postajama Bilaj na Lici, Barlete na Jadovi te Lički Bovi na Novčici (karakteristični mjesečni i godišnji pokazatelji, vjerojatnosti pojave, unutargodišnja raspodjela, analize trendova, učestalosti i trajnosti dnevnih protoka)
- Provesti usporedbu hidroloških međuodnosa na analiziranim postajama

Zadatak uručen pristupniku: 1. ožujka 2022.

Rok za predaju rada: 1. srpnja 2022.

Mentor:

mentor:

  
Izv. prof. dr. sc. Josip Rubinić

## **IZJAVA**

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i 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.

---

Mihael Vidić

U Rijeci, 05.07.2022.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem svom mentoru, Izv. prof. dr. sc. Josipu Rubiniću koji me svojim znanjem i iskustvom usmjeravao kroz izradu diplomskog rada. Također se želim zahvaliti i svim djelatnicima Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci koji su svojim radom pomogli u stjecanju mog znanja o građevinarstvu te života u struci i oko nje.

Posebno se želim zahvaliti svojoj obitelji i svim prijateljima koji su mi bili podrška tijekom studiranja.

Hvala svima!

## **SAŽETAK**

**Naslov rada:** Usporedba vodnog režima vodotoka u gornjem dijelu sliva Like

**Student:** Mihael Vidić

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Josip Rubinić

Primarni cilj ovog rada je usporedba vodnih režima vodotoka u gornjem dijelu sliva rijeke Like. Lika je rijeka ponornica u jugozapadnoj Hrvatskoj na ličkoj visoravni, a njezin površinski tok teče kroz Ličko polje. Analiza je napravljena za hidrološke mjerne stanice: Bilaj – Lika, Barlete - Jadova i Lički Novi - Novčica. Za analizu mjesečnih i godišnjih nizova podataka su korišteni dostupni podaci o protocima u vremenskom periodu od 1964. do 1991. godine. Prikazane su glavne značajke analiziranog područja - geografski položaj rijeke Like s klimatskim, hidrogeološkim i drugim značajkama područja. Napravljeni su i karakteristični statistički pokazatelji analiziranih nizova kao i raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) i mjesečnih karakterističnih protoka. Provedeni su i trend hoda karakterističnih godišnjih srednjih vrijednosti protoka kao i analiza vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka, analiza homogenosti mjernih stanica, srednje vrijednosti godišnjih nizova i analiza učestalosti i trajnosti podataka o dnevnom protoku.

Na temelju provedenih analiza utvrđeno je kako su podaci sa sve tri mjerne stanice homogeni, kao i da je prisutan očiti trend opadanja karakterističnih mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka. Utvrđeno je da je prisutna i velika unutargodišnja varijabilnost u protocima, razlog čega je bujični karakter rijeke Like i njenih pritoka u gornjem dijelu njenog toka.

**Ključne riječi:** rijeka Lika, protoci, vodotoci, analiza podataka, vodni režim

## **ABSTRACT**

**Title:** Comparison of the water regimes of watercourses in the upper part of the Lika basin

**Student:** Mihael Vidić

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Josip Rubinić

The main purpose of the paper is to compare the water regimes of the watercourses in the upper course of the Lika River basin. The Lika is a sinking river in south-western Croatia on the Lika plateau, with its surface course flowing through the Ličko polje field. The analysis was made for the following hydrological gauging stations: Bilaj – Lika, Barlete – Jadova and Lički Novi – Novčica. The monthly and annual data series was analysed based on the available data on discharges in the 1964-1991 period. The basic characteristics of the analysed region are presented: the geographical position of the Lika River with climatic, hydro-geological and other characteristics of the area. The paper includes the characteristic statistical indicators of the analysed series, intra-annual distribution of characteristic mean monthly (maximum, mean and minimum) and monthly discharges. A course trend of the characteristic mean annual discharge values is analysed, a probability analysis of the occurrence of the annual discharge quantities is made, as well as a homogeneity analysis of the gauging stations, an analysis of the mean values of annual series, and an analysis of the frequency and duration of daily discharge data.

Based on the analyses made it is identified that the data from all the three gauging stations is homogeneous, and that there is a clear decreasing trend of characteristic monthly and annual discharge values. It is also identified that there is high intra-annual variability in discharges, the reason for this being the torrential character of the Lika River and its tributaries in the upper part of its course.

**Key words:** Lika River, discharges, watercourses, data analysis, water regime



# SADRŽAJ

Slike .....	1
Tablice.....	3
Uvod.....	4
1. Osnovne karakteristike područja rijeke Like .....	6
1.1. Prirodna bogatstva .....	8
1.2. Znamenitosti.....	10
2. Geografske karakteristike.....	13
2.1. Osnovne karakteristike.....	13
2.2. Karakteristike analiziranih vodotoka.....	20
3. Podaci i metodologija .....	25
3.1. Podaci mjernih stanica .....	25
3.1.1. Mjerna stanica Barlete – vodotok Jadova .....	25
3.1.2. Mjerna stanica Bilaj – vodotok Lika.....	27
3.1.3. Mjerna stanica Lički Novi – vodotok Novčica .....	30
3.2. Metodologija.....	32
4. Analiza podataka o mjesečnim i godišnjim protocima .....	37
4.1. Mjerna stanica Barlete – vodotok Jadova .....	37
4.2. Mjerna stanica Bilaj – vodotok Lika .....	40
4.3. Mjerna stanica Lički Novi – vodotok Novčica .....	43
5. Analiza odnosa mjernih stanica.....	47
5.1. Homogenost stanica .....	47
5.2. Srednje vrijednosti godišnjih i mjesečnih nizova .....	50
5.3. Analiza učestalosti i trajnosti dnevnih podataka protoka .....	52
Zaključak .....	53
Literatura .....	55

## SLIKE

Slika 1: Panoramski prikaz rijeke Like [2] .....	6
Slika 2: Prikaz lokacije Like na karti sa općinama [4] .....	7
Slika 3: Pejsaž Like [5] .....	8
Slika 4: Nacionalni park Plitvička jezera [4] .....	9
Slika 5: Pećinski park Grabovača [4] .....	10
Slika 6: Kosinjski most [7] .....	11
Slika 7: Turska kula Perušić i Župna crkva Uzvišenja sv.Križa [8] .....	11
Slika 8: Rijeka Lika [2] .....	14
Slika 9: Prikaz lokacije pojedinih analiziranih mjernih stanica [13] .....	17
Slika 10: Hidrološki režim rijeke Like [14] .....	18
Slika 11: Hidroelektrana Sklope i akumulacijsko jezero Kruščica [16] .....	19
Slika 12: Prikaz izvora rijeke Jadove [9] .....	20
Slika 13: Hidrografska karta toka rijeke Jadove [17] .....	21
Slika 14: Slapovi na rijeci Jadovi [18] .....	22
Slika 15: Prikaz rijeke Like [9] .....	23
Slika 16: Prikaz rijeke Novčice na hidrografskoj karti [17] .....	24
Slika 17: Prikaz rijeke Novčice [9] .....	24
Slika 18: HIS karta 3 mjerne stanice: Barlete, Bilaj i Lički Novi [17] .....	25
Slika 19: Prikaz mjerne stanice Barlete [17] .....	27
Slika 20: Prikaz mjerne stanice Bilaj [17] .....	30
Slika 21: Prikaz poprečnog presjeka korita rijeke Novčice sa mjernom stanicom [17] .....	32
Slika 22: Prikaz mjerne stanice Lički Novi [17] .....	32
Slika 23: Raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) protoka na mjernoj stanici Barlete .....	38

Slika 24: Hod i trend srednjih godišnjih vrijednosti protoka zabilježenih na postaji Barlete u razdoblju od 1964. do 2017. godine .....	38
Slika 25: Prikaz hoda analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Barlete u razdoblju od 1964. do 1991. godine .....	40
Slika 26: Raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) protoka na mjernoj stanici Bilaj .....	41
Slika 27: Hod i trend srednjih godišnjih vrijednosti protoka zabilježenih na mjernoj stanici Bilaj u razdoblju od 1964. do 2017. godine .....	42
Slika 28: Prikaz hoda analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Bilaj u razdoblju od 1964. do 1991. godine.....	43
Slika 29: Raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) protoka na mjernoj stanici Lički Novi .....	44
Slika 30: Hod i trend srednjih godišnjih vrijednosti protoka zabilježenih na mjernoj stanici Lički Novi za razdoblje od 1964. do 2017. godine .....	45
Slika 31: Prikaz hoda analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine .....	46
Slika 32: Analiza homogenosti na mjernim stanicama Barete-Bilaj u razdoblju od 1964. do 2017. ....	48
Slika 33: Analiza homogenosti na mjernim stanicama Barete-Lički Novi za razdoblje od 1964. do 2017. godine. ....	49
Slika 34: Analiza homogenosti na mjernim stanicama Bilaj-Lički Novi za razdoblje od 1964. do 2017. godine.....	50
Slika 35: Prikaz nizova prosječnih srednjih godišnjih protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine. ....	51
Slika 36: Prikaz trajnosti dnevnih podataka protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine.....	52

## TABLICE

Tablica 1: Karakteristike 13 analiziranih oborinskih mjernih stanica na rijeci Lika u vremenskom periodu od 1951. do 2005. godine [11] .....	16
Tablica 2: Karakteristike mjerne stanice Barlete [17].....	26
Tablica 3: Karakteristike vrsta mjerenja na mjernoj stanici Barlete [17].....	26
Tablica 4: Karakteristike mjerne stanice Bilaj [17] .....	28
Tablica 5: Karakteristike vrsta mjerenja na mjernoj stanici Bilaj [17] .....	29
Tablica 6: Karakteristike mjerne stanice Lički Novi [17].....	30
Tablica 7: Karakteristike vrsta mjerenja na mjernoj stanici Lički Novi [17].....	31
Tablica 8: Karakteristike mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka (m <sup>3</sup> /s ) na mjernoj stanici Barlete za razdoblje od 1964. do 1991. godine .....	37
Tablica 9: Rezultati analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Barlete u razdoblju od 1964. do 1991. godine.....	39
Tablica 10: Karakteristike mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka (m <sup>3</sup> /s) na mjernoj stanici Bilaj za razdoblje od 1964. do 1991. godine .....	40
Tablica 11: Rezultati analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Bilaj u razdoblju od 1964. do 1991. godine .....	42
Tablica 12: Karakteristike mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka (m <sup>3</sup> /s) na mjernoj stanici Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine .....	43
Tablica 13: Rezultati analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine .....	46
Tablica 14: Rezultati analiziranja nizova prosječnih srednjih godišnjih protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964.-1991.....	51

## UVOD

Osnovni cilj ovog diplomskog rada je usporediti vodni režim vodotoka u gornjem dijelu sliva rijeke Like. U ovom radu izvršena je analiza podataka o količini protoka na tri različite mjerne stanice u gornjem dijelu sliva rijeke Like: Bilaj na njenom glavnom toku i Barlete na desnoj glavnoj pritoci Jadovi i Lički Novi na glavnoj lijevo obalnoj pritoci Novčici. Rijeka Lika i njezin sliv ne spadaju u najveće hrvatske vodne sustave no svakako imaju veliki značaj. Rijeka Lika, zajedno sa Gackom jedna je od značajnijih i većih ponornica u Europi. Njezin prirodni tok proteže se kroz središnju i južnu Liku i završava u ponorskoj zoni Lipovog polja koja ima podzemne hidrografske veze s priobalnim podvelebitskim izvorima. Njene glavne pritoke su Novčica i Otešica s lijeve strane rijeke te Glamočnica i Jadova s desne. Za analizu mjesečnih i godišnjih nizova podataka su korišteni podaci u vremenskom periodu od 1964. do 1991. godine.

Rad se sastoji od 5 poglavlja, u kojima je obrađena analiza usporedbe vodnog režima vodotoka u gornjem dijelu sliva rijeke Like na tri mjerne stanice. Analizirane su tri mjerne stanice: Barlete, Bilaj i Lički Novi.

Uvodni dio opisuje sadržaj i svrhu ovog rada. Prvo poglavlje opisuje osnovne karakteristike područja na kojem se nalazi rijeka Lika. U ovom dijelu rada je cilj prikazati glavne značajke analiziranog područja, od prirodnih resursa do glavnih znamenitosti na analiziranom području. U drugom poglavlju daje se opći prikaz geografskog položaja rijeke Like s klimatskim, hidrogeološkim i drugim značajkama područja. U trećem poglavlju opisani su osnovni podaci analiziranih mjernih stanica s metodologijom analize usporedbe istih. Svaka mjerna stanica je posebno opisana s njezinim položajem na rijeci Lika te glavnim značajkama i vrstama mjerenja na analiziranim stanicama u godinama njihove provedbe. U četvrtom poglavlju je napravljena analiza podataka o količini protoka za svaku mjernu stanicu zasebno. Za obradu protoka korišteni su dostupni podaci. Napravljene su karakteristični statistički pokazatelji analiziranih nizova u razdoblju od 1964. do 1991. godine, raspodjela unutar godine karakterističnih srednjih mjesečnih (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) te mjesečnih protoka u razdoblju od 1964. do zadnje godine mjerenja gdje su se nepotpuni podaci pomoću

korelacijske analize upotpunili. Također je proveden trend hoda karakterističnih godišnjih srednjih vrijednosti protoka kao i analiza vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka korištenjem Gumbelove funkcije raspodjele. Uz analizu odnosa mjernih stanica, peto poglavlje sadrži analizu homogenosti mjernih stanica, srednje vrijednosti godišnjih nizova i analizu učestalosti i trajnosti podataka o dnevnom protoku.

Na kraju ovoga rada je dan zaključak na obrađenu sa pregledom literature korištene u izradi ovoga rada.

## 1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA RIJEKE LIKE

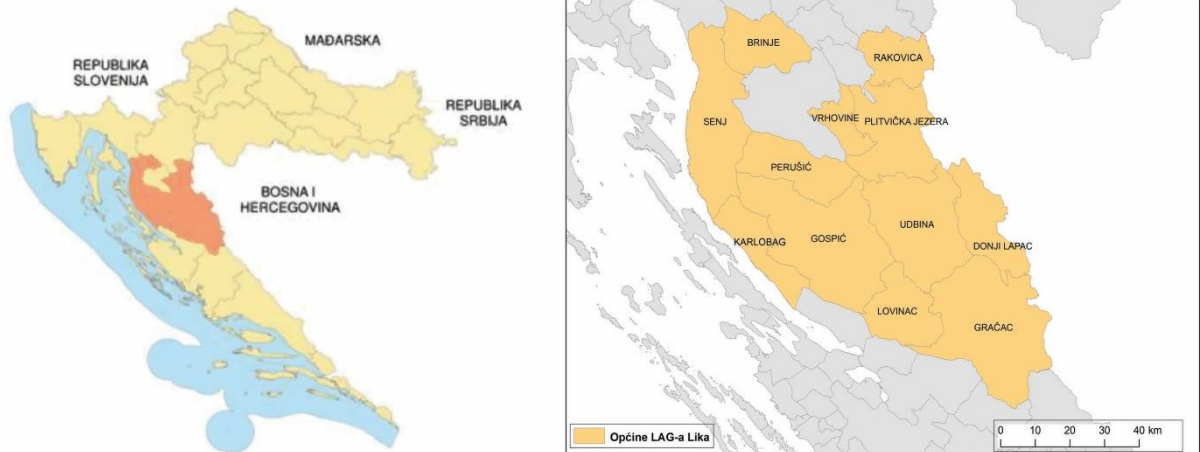
Lika je povijesno-geografska regija u jugozapadnoj Hrvatskoj, koja se prostire između Velebita na zapadu i Plješevice i masiva Kapele na istoku, čiji je panoramski pogled prikazan na slici 1.. Teritorijalno pripada Ličko-senjskoj (5350 km<sup>2</sup> s 51.022 stanovnika, 2011.), Zadarskoj i Šibensko-kninskoj županiji. Unutar planinskog okvira, na 500 m do 700 m apsolutne nadmorske visine, nalaze se krške ravnice i brojna krška polja: Ličko (465 km<sup>2</sup>), Gacko (80 km<sup>2</sup>), Krbavsko (67 km<sup>2</sup>), Koreničko (11 km<sup>2</sup>) i Lapačko (6,83 km<sup>2</sup>) polje. [1]



Slika 1: Panoramski prikaz rijeke Like [2]

Lika ima veliku stratešku i prometnu važnost jer je spoj kopnenog i primorskog dijela Hrvatske, zbog čega Liku nazivaju i "kralježnicom Hrvatske". Državna cesta Zagreb-Split prolazi kroz Liku s izlazom kroz Maslenicu prema Zadru, autocesta Zagreb-Zadar-Split-Ploče i željeznička pruga Zagreb-Knin-Zadar/Split.

Veći dio Like pripada Ličko-senjskoj županiji kao što je vidljivo na slici 2., najrjeđe naseljenoj i gospodarski najnerazvijenijoj hrvatskoj županiji. Lika je administrativno raspoređena na dva grada (Gospić i Otočac) i sedam općina (Brinje, Donji Lapac, Lovinac, Perušić, Plitvička jezera, Udbina i Vrhovine). Danas na području Like živi tek oko 50.000 građana, dok ih je prije 80 godina bilo oko 200.000. [3]



Slika 2: Prikaz lokacije Like na karti sa općinama [4]

Današnje područje Like bilo je naseljeno još od prapovijesti, a najstariji poznati stanovnici bili su Japodi. Kao i ostala ilirska plemena, i Japode su na kraju pokorili Rimljani. Diljem Like su pronađeni razni ostaci japodske i rimske materijalne kulture (japodske kape, tvrđave, urne, kameni ulomci s latinskim natpisima). U ranom srednjem vijeku, kada je područje Like naseljeno Hrvatima, postupno se formiraju tri županije: Lička, Gacka i Krbavska.

Lika je ruralno područje s bogatom tradicijom i razvijenom poljoprivredom (uzgoj krumpira) i stočarstvom što je vidljivo na slici 3.. Industrija je slabo razvijena i prvenstveno se oslanja na preradu drva.

Nudi i mnogo zanimljivosti, poput činjenice da se u mjestu Kosinju nalazila prva tiskara u Hrvatskoj i jugoistočnoj Europi koju su osnovali knezovi Frankopani. U njoj je 1483. tiskan glagoljski misal, najstarija hrvatska tiskana knjiga.

Na području Like nalaze se i poznati zaštićeni parkovi kao što su: Nacionalni park "Plitvička jezera", Nacionalni park "Paklenica" i Nacionalni park "Sjeverni Velebit" te Park prirode i svjetski rezervat biosfere "Velebit". [1]





Slika 3: Pejzaž Like [5]

### **1.1. Prirodna bogatstva**

Po raznolikosti i broju zaštićenih prirodnih objekata Ličko-senjska županija jedna je od vodećih, a po udjelu u ukupnoj površini od 2.368 km<sup>2</sup> ili 58% površine svih nacionalnih parkova i parkova prirode u Hrvatskoji apsolutni lider među hrvatskim županijama. Među njima glavno mjesto zauzimaju Nacionalni park "Plitvička jezera", Nacionalni park "Paklenica" i Nacionalni park "Sjeverni Velebit", te Park prirode i svjetski rezervat biosfere "Velebit". [1]

#### **Nacionalni park Plitvička jezera**

Sjeverno od Like nalazi se najljepši hrvatski nacionalni park Plitvička jezera (slika 4.). Nacionalni park Plitvička jezera (prikazan na slici 4.) najstariji je nacionalni park u Hrvatskoj, proglašen je 1949. godine i uvršten na UNESCO-ov popis svjetske baštine 1979. godine. [4]



Slika 4: Nacionalni park Plitvička jezera [4]

### **Nacionalni park Paklenica**

Nacionalni park Paklenica drugi je nacionalni park u Hrvatskoj, proglašen 19. listopada 1949. godine. Glavni razlog proglašenja ovog područja nacionalnim parkom bila je zaštita najbolje očuvanog i najvećeg šumskog kompleksa u Dalmaciji. [4]

### **Nacionalni park Sjeverni Velebit**

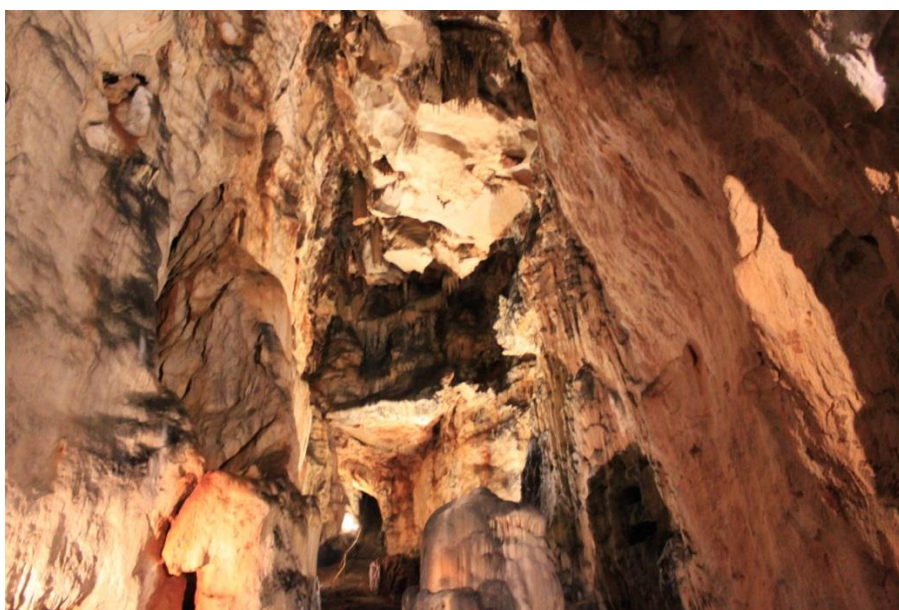
Nacionalni park Sjeverni Velebit, površine 109 km, proglašen je parkom 9. lipnja 1999. U sklopu parka nalaze se strogi rezervati, botanički rezervati, šumski rezervati, kao i jedna od najdubljih špilja na svijetu Lukina jama s dubinom od 1.431 m. [4]

### **Park prirode Velebit**

Velebit je najveće i najsloženije zaštićeno područje u Hrvatskoj. Proteže se uz Velebitski kanal, dio Jadranskog mora, od prijevoja Vratnik iznad Senja na sjeverozapadu do kanjona rijeke Zrmanje na jugoistoku. [4]

## Pećinski park Grabovača

Pećinski park Grabovača (prikazan na slici 5.) jedini je pećinski park u Hrvatskoj. Grabovača je brdo koje je dio kontinentalnog dijela srednjeg Velebita i nalazi se između ličke krške visoravni i Perušićkog polja. Nalazi se na 770 m nadmorske visine. Područje Grabovače karakteriziraju krajobrazne vrijednosti koje ga čine prepoznatljivim brežuljkastim područjem ovog dijela Like. Na relativno malom prostoru pećinskog parka registrirano je 9 speleoloških objekata. [4]



Slika 5: Pećinski park Grabovača [4]

### 1.2. Znamenitosti

Jedna od najvažnijih znamenitosti na području Like svakako je Kosinjski most (prikazan na slici 6.). Kosinjski most je kameni most preko rijeke Like koji povezuje Gornji i Donji Kosinj. Projektirao ga je projektant Milivoj Frković oko 1925. godine u 20. stoljeću, a izgradila ga je građevinska tvrtka Josip Slavec iz Slovenije. Građena je tehnikom kamenog klina inspirirana starohrvatskom mostogradnjom. Most je jedinstven i po otvorima u lukovima, koji imaju funkciju rasteretiti vodeni val pri udaru o most. Gradnja mosta započela je 1929. godine, a pušten je u promet u prosincu 1936. godine. Dužina mosta sa upornjacima je 70 metara, a širina između kamenih parapeta je 5,5 metara. Kosinjski most je 2009. godine uvršten u zaštićena arhitektonska obilježja Europe. [6]



Slika 6: Kosinjski most [7]

U gradu Perušiću, nazvanom po dvojici braće Perušić, sagrađena je obrambena utvrda (prikazana na slici 7. ispred crkve) koja u literaturi ima razne nazive, kao što su Perušićki stari grad, Gradina i Turska kula. Kula je sagrađena na tri kata u 16. stoljeću i opasana je debelim suhozidom čiji se ostaci mogu vidjeti i danas.

Župna crkva Uzvišenja sv. Križa iz 17. stoljeća (prikazana na slici 7. iza kule) je kasnobarokna crkva s gotičkim pročeljem, 28 zaštićenih elemenata interijera, prenamijenjena u džamiju za vrijeme turske vladavine i katoličku crkvu ponovno nakon oslobođenja od Turaka. Na tornju crkve nalazi se križ stare zagrebačke katedrale. Obnovljena je 1988. godine kada su izgrađene orgulje i potpuno obnovljena 2005. godine i od tada se koristi i za koncertna događanja unutar županije. [7]



Slika 7: Turska kula Perušić i Župna crkva Uzvišenja sv.Križa [8]

Od ostalih starih građevina izdvajaju se katedrala navještenja Blažene Djevice Marije izgrađena 1783. godine, zgrada Visoke učiteljske škole izgrađena 1869. godine, Murkovićev mlin (stari mlin na rijeci Novčici), rodna kuća hrvatskog slikara Miroslava Kraljevića.

Treba istaknuti da su u ličkom kraju rođeni slavni Ličani Nikola Tesla, koji je dobio i svoj memorijalni centar, i Ante Starčević, koji ima spomen-dom na kraju svoga rodnog mjesta. [7]

## 2. GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE

### 2.1. Osnovne karakteristike

Rijeka Lika (prikazana na slici 8.) izvire u podnožju planine Velebit na jugu Ličkog polja na nadmorskoj visini od oko 600 metara, prostire se na površini od oko 1570 km<sup>2</sup> i najveća je vrtača sa dužine 78 kilometara, što je čini drugom najvećom ponornicom u Europi. Glavne pritoke Like su s lijeve Novčica i Otešica, a s desne Glamočnica i Jadova. Osim ovih pritoka, Lika prima i druge manje pritoke kao što su Bogdanica, Brušanica, Lopuža, Rizvanuša, Rakovac, Bužimica, Otešica, Počiteljica, Crno vrelo, Glamočnica i Balatin. U kanjonu Like izgrađena je brana akumulacijskog jezera Kruščica uz koje se rijeka ulijeva u Donji Kosinj i ulaz u tunel Lika - Gacka.

Tako je rijeka Lika djelomično odsječena od ponora u koji je prirodno ponirala i spojena s rijekom Gackom, dok se voda koristi za proizvodnju električne energije u Hidroelektrani Sklope Senj. [9]

Povremeno, pri višim vodostajima, ona djelomično ponire u ponore Lipovog polja. Markov ponor nalazi se na sjeverozapadu Lipovog polja. Ulaz u ponor urezan je u jurski vapnenac na rubu polja. Počevši od Begovih lokvi podnožju Petranović Drage, izdvajano korito vodi do ponora, vijugajući kroz kvartarna sedimentna polja. Ulaz u Markov ponor nalazi se na jugozapadnom rubu Lipova Polja. Ograđena je kamenjem kako bi se spriječila jaka erozija rijeke Like. Nastaje na pukotinama istok-zapad, zatim sjever-jug. [10]

Od izvora do Gospića, Lika je po kvaliteti vode svrstana u prvu kategoriju i služi za vodoopskrbu obale i otoka. [9]



Slika 8: Rijeka Lika [2]

Rijeka Lika predstavlja složen riječni sustav u kršu koji ima površinsko i podzemno tečenje. Pojam "riječni sustav" koristi se za sustav međusobno povezanih riječnih tokova u slivnom području. Za rijeke razvijene u normalnim uvjetima, one se sastoje od tri zone: gornja ili proizvodna zona; središnja ili transfer zona; nizvodno ili zona taloženja. Poznato je da uvjeti toka u krškim područjima snažno mijenjaju krške riječne sustave. Oni se općenito jako razlikuju od uobičajenih riječnih sustava koji postoje u nekraškim područjima. Režim protoka u otvorenim krškim potocima uvelike ovisi o međudjelovanju podzemnih i površinskih voda. Kraška rijeka koja ponire je otvoreni potok koji nestaje u krškom podzemlju ili na diskretnom mjestu kao što je špilja, brojni ponori ili postupno u području kanala potoka. Može ponovno isplivati na površinu, ali ne mora. Rijeke koje ponore predstavljaju najizravniji pristup osjetljivom i vrlo ugroženom krškom sustavu podzemnih voda. Jedinstvena priroda rijeka koje poniru je njihov razvoj i razvoj tokova i špilja kroz topljive stijene. Razvoj većine najvećih i najvažnijih krških špilja i izvora na svijetu rezultat je velikih količina koncentriranog prihranjivanja iz rijeka koje tone. [11]

Rijeka Lika izvire u blizini Medka, na južnom rubu Ličke ravnice, te kontinuirano teče do Lipovskog polja, gdje se ulijeva u nekoliko ponora čudesnog oblika. Zapadne ličke pritoke uglavnom su povezane s površinskim i podzemnim izljevima unutar lokalnog rasprostranjenog područja koje čine nekraška područja istočne

padine Velebita, a ti se izljevi obično ne razlikuju bitno od topografije terena. Istočni pritok Jadova napajaju kraški izvori na istočnom rubu Ličke ravnice, a u njenom slivu nalazi se ličko područje između Krbave i Like. Sliv Lika, uzvodno od akumulacije Kruščica, ima ukupnu površinu od 975 m<sup>2</sup>.

Neravnomjerna raspodjela oborina tijekom godine s pretežito površnim otjecanjem iz zapadnih pritoka i velikim oscilacijama krških izvora Jadove pruža ovom vodotoku izražen bujični karakter. Na području Perušića ne može se isključiti povremeni dotok podzemnih voda u sliv rijeke Gacke zbog nedostatka stalnih izvora na desnoj strani korita u gornjem Kaluđerovcu. Na području Perušićkog polja istraženi su izvor Mezinovac (Ponorci, Žmirića ponor) kod Studenca, kanjon Kotao kod Kvarata te kanjon Pećine (Kostelka) uz lijevu stranu izvora Gacka.

Kao posljedica prestanka funkcije Velebitske barijere na rasjedu Bakovac, Lička kotlina je otvorena prema Lipovom polju. U vrijeme plime između Kosinjskog i Lipovskog polja nastaje lokalna razvodnica. U to vrijeme djelovali su kratkotrajni izvori na krajnjem sjeveru Kosinja i na krajnjem jugu Lipova polja. [12]

### **Klimatske značajke**

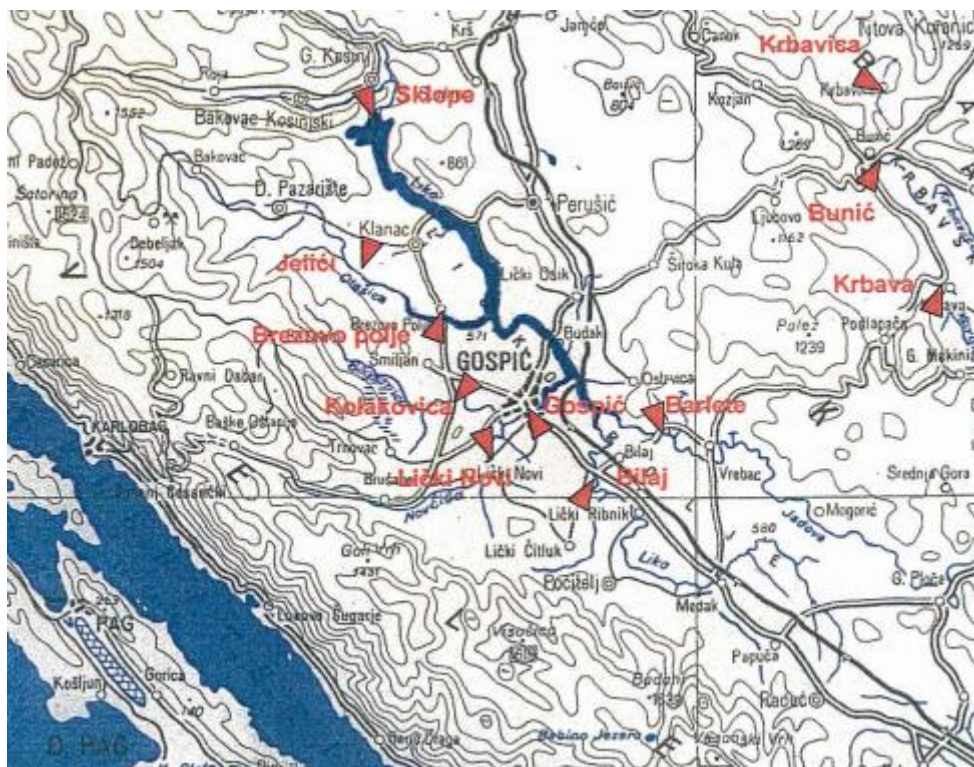
Promatramo li rasprostranjenost sliva, možemo vidjeti da se nalazi u klimatski najhladnijoj klimi kontinentalnog dijela Hrvatske, gdje se temperature zimi često spuštaju znatno ispod nule. Padaline su umjerene, ne previše česte, ali mogu biti obilne, a u zimskim mjesecima prevladava snijeg, dok ostatak godine pada kiša. Donji dio istraživanog područja ima umjereno vlažnu klimu s toplim ljetima. Prosječna mjesečna temperatura zraka je -3 °C zimi i 18 °C ljeti. Najviši dijelovi sliva rijeke Like (više od 1200 m nadmorske visine) imaju vlažnu borealnu klimu. Karakteristike 13 analiziranih postaja su prikazane u tablici 1. za mjerenje oborine u slivu rijeke Like u vremenskom periodu od 1951. do 2005. godine koje su neke od njih naznačene na slici 9. [11]



Tablica 1: Karakteristike 13 analiziranih oborinskih mjernih stanica na rijeci Lika u vremenskom periodu od 1951. do 2005. godine [11]

Broj	Ime postaje	Nadmorska visina (m n.m.)	Prosječne godišnje padaline (H=mm)
1	Baške Oštarije	924	2270
2	Breznik	560	2019
3	Brušane	589	2248
4	Bunić	665	1183
5	Gospić	564	1385
6	Krušćica	557	1254
7	Lički Osik	579	1149
8	Perušić	603	1198
9	Selište	498	1293
10	Gusić Polje	438	1180
11	Ličko Lešće	463	1165
12	Ramljane	760	1238
13	Vrhovine	736	1170

Tijekom analiziranog razdoblja (1951.-2005.) prosječne godišnje količine oborina izmjerene na ovim postajama varirale su od minimalno 1149 mm (na mjernoj postaji Lički Osik) do maksimalnih 2270 mm (na mjernoj postaji Baška Oštarija). Temperatura zraka mjeri se samo na meteorološkoj postaji Gospić. U razdoblju 1902.-2006. (nedostaje 1943.-1945.) srednja godišnja temperatura varirala je između 7,0 i 10,5 °C s prosječnom vrijednošću od 8,7 °C. Maksimalna temperatura od 38,8 °C zabilježena je 30. srpnja 1947., a minimalna temperatura od -33,6 °C 17. veljače 1956. Godišnji niz podataka o oborinama izmjeren je od 1873. do 2006. (nedostaje 1891., 1898.-1900., 1998.) za meteorološku postaju Gospić. Uočava se prosječni trend smanjenja padalina od 2,7 mm godišnje. Treba napomenuti da je prosječna godišnja količina oborina u razdoblju 1873.-2006. (nedostaje 1891., 1898.-1900., 1943.-1945.) iznosila 1508 mm, dok se u zadnjih 55 godina (1951.-2005.) smanjio za 123 mm na 1385 mm. Na postaji Gospić postoji trend rasta minimalnih godišnjih temperatura od 0,04 °C godišnje 1902.-2006. (nedostaju 1943.-1945.), dok za godišnje maksimalne temperature nije uočen trend. [11]



Slika 9: Prikaz lokacije pojedinih analiziranih mjernih stanica [13]

### Hidrološke značajke

Rijeka Lika ima bujični hidrološki režim i karakteriziraju je značajne i vrlo brze promjene toka. Na vodomjernoj postaji Lika-Bilaj minimalne, prosječne i maksimalne izmjerene temperature vode u razdoblju 1964.-1991. bili su: 0,6 °C; 9,3°C; 21,4 °C. Često se analizira sa susjednom rijekom Gackom, čije vrijeme boravka u kraškom podzemlju ispuštanja vode iz krških izvora Gacke, znatno duže nego u slučaju rijeke Like. Najvjerojatnije objašnjenje ovakvog neobičnog hidrološkog ponašanja dviju susjednih kraških rijeka je da voda rijeke Like i njezina sliva hrani neke krške izvore rijeke Gacke. Zaključuje se da rijeka Lika napaja rijeku Gacku s prosječnim godišnjim protokom od oko 5,35 m<sup>3</sup>/s. Ova vrijednost varira iz godine u godinu i ovisi o hidrološkoj situaciji. Rijeka Lika ima potpuno bujičan i isprekidan hidrološki režim što je vidljivo na slici 10. [11]



Slika 10: Hidrološki režim rijeke Like [14]

### **Geološke značajke**

Promatranim područjem sliva Like prevladavaju krš i krški reljefni oblici, prvenstveno ponikve (vrtače) koje su karakteristične za krš. Na širem slivnom području od stijena prevladavaju samo karbonatne stijene s različitim udjelima sastava vapnenca i dolomita. Sliv Like je propusno područje na kojem se mogu pronaći i drugi krški reljefni oblici kao što su jame, špilje i dr. Osim planina, samo tlo je krško, propušta određenu količinu vode pod zemljom, koja na kraju dopire do glavnog toka Like. Sama geologija tla karakteristična je za promatrano područje i nisu prisutna veća odstupanja u sastavu i teksturi tla u odnosu na okolna i slična područja. Geološka struktura područja stvarala se tisućama godina i izdefinirala se kroz to razdoblje te je zajedno sa samim vodnim resursima formirala složen sustav koji funkcionira po svojim zakonima. [1]

## Ostale značajke

Osim po obilju vode i važnosti koju ima za život lokalnog stanovništva kroz pitku vodu, poljoprivredu, ribarstvo itd., sliv Like je važan i za znatno veće područje jer se koristi za proizvodnju električne energije. Sustav HE Senj, puštena u pogon 1965. godine, koristi vodu iz rijeka Like i Gacke. Potencijal rijeke Like i njezina sliva iskorišten je blokiranjem toka rijeke neposredno prije ponora, stvarajući mogućnost zadržavanja vode u slivovima i kasnijeg korištenja u hidroelektrane. Sliv Like prirodno se drenira prema zoni ponora u Lipovom polju, pa su akumulacije Kruščica i HE Sklope (prikazane na slici 11.) izgrađene neposredno prije zone ponora. Osim ovog projekta, izveden je još jedan projekt prevođenja vode iz sliva Like u sliv Gacke na području Donjeg Kosinja kroz hidraulični tunel, dok se samo tijekom poplava preljev izlijeva u ponorne zone Lipovskog polja. Ovim je zahvatima iskorišten hidroelektrični potencijal Like, što je rezultiralo uspješnom proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora energije. Unatoč obilju vode u posljednjih 50 godina, protok Like je smanjen, što se može objasniti porastom prosječnih godišnjih temperatura i izgradnjom HE, ali treba paziti da se taj trend ne nastavi i ako dođe do daljnjeg smanjenja poduzeti mjere neophodne za obnovu vodnih tokova i slivnih područja Like. [15]



Slika 11: Hidroelektrana Sklope i akumulacijsko jezero Kruščica [16]

## 2.2. Karakteristike analiziranih vodotoka

### Vodotok Jadova

Rijeka Jadova izvire u blizini Gornje Ploče što se može vidjeti na slici 12. iz malog planinskog jezera smještenog ispod kanjona Ploča. Najveća je pritoka rijeke Like. [9]



Slika 12: Prikaz izvora rijeke Jadove [9]

Kod Gornje Ploče rijeka teče u smjeru juga i plavi okolno zemljište između sela Ploča i Vranik, gdje naglo mijenja smjer prema sjeverozapadu, okružuje selo Ploča i nastavlja teći prema Donjoj Ploči i Mogoriću. Rijeka Jadova (vidi sl. 13), teče u smjeru istok-zapad Bjelopoljskim poljem i sjevernim rubom Ličkog polja, povezuje Ploče sa selima Mogorić, Pavlovac, Vrebački, Zavode, Vrebac i Barlete i ulijeva se u Liku - Rijeka kod Kulice. [9]



Slika 13: Hidrografska karta toka rijeke Jadove [17]

Pored izvornog jezera, sjeverno od Srednje Gore u Jadovo se ulijevaju potoci, a u njega se iz sela Mutilić ulijeva Mutilić potok. Potok Grabovac utječe u Jadovu u selu Vranik. U sjevernom dijelu Jadove, ispod Sredogorja, nalaze se izvori čija se voda ulijeva u Jadovu. Međutim, oni su kratkotrajni i skloni su sušenju u uvjetima suše. Kad su kiše jače i vodostaj visok, Jadova ima dosta vode, ali u sušnijim razdobljima vodostaj je vrlo nizak, zbog čega je dobila nadimak Jaruga. [9]

Jadova teče sredinom slikovitog Pločkog polja najprije prema istoku, zatim pravi široki luk i skreće na zapad. Korito u Pločanskom polju je puno vode i tu nailazimo na Kljajića most, prvi u nizu mostova na Jadovi. Pored mosta je izgrađena jedna od brojnih cisterni – zidanih spremnika za vodu - koje susrećemo cijelim tokom Jadove. Ta se cisterna punila slobodnim padom vode iz Jadove. Spremnici su građeni na izvoru uz tok rijeke ili potoka. U takvoj sušnoj klimi izvori i vodotoci često presušuju, pa su ljudi gradili rezervoare na izvoru ili uz korito rijeke kako bi što duže zadržali dragocjenu vodu. [9]

Jadovski mostovi su posebna priča i zauzimaju važno mjesto u životima ljudi oko rijeke. Duljina Jadove je 41 kilometar, a ima do 25 mostova i kamenih prijelaza ("brodova"). Takva gustoća mostova najbolje odražava nekadašnji život oko rijeke. U Gornjoj Ploči, gdje je rijeka široka i plitka, seljani su napravili prijelaz od velikog kamena po kojem su skakali s kamena na kamen. Mještani ovaj prijelaz zovu

"brod". Susret s tim ostacima vraća nas u daleku prošlost, kada nije bilo vozila, a građevinsko znanje je bilo skromno. Takve prijelaze nalazimo na više mjesta na Jadovi, što je od iznimne povijesne vrijednosti.

Možda najljepši dio rijeke je oko srednjeg toka Jadove (što je vidljivo iz priložene slike 14.), između mosta Vrbica i Čelemijskog mosta. U ovom dijelu rijeka mijenja tok prema sjeveru, prolazi ispod brda Radlovac i skreće na jug pa opet na zapad. Na ovom relativno malom prostoru poredani su brojni mostovi i "brodovi". Oni svjedoče o nekadašnjem stanovništvu i bogatom životu uz rijeku. [18]



Slika 14: Slapovi na rijeci Jadovi [18]

### **Vodotok Lika**

Rijeka Lika (prikazana na slici 15.) protječe značajnim krajobrazom Ličko-senjske županije. Duga je 78 km čime je čini drugom najdužom ponornicom u Europi te je najduža ponornica u Republici Hrvatskoj. Proteže se samim srcem Like, od Ličkog polja gdje izvire na oko 600m nadmorske visine. Tok joj je širok i miran tako da u ljetnim mjesecima temperatura vode dosegne čak i ugodnih 25 stupnjeva što je čini idealnom za razne aktivnosti. Često se kanjon kojim protječe sužava i tako se stvara dojam prelaska iz jednog jezera u drugo. Danas joj tok završava u Krušićkom jezeru, umjetnom akumulacijskom jezeru nastalom 1970. godine izgradnjom brane na HE Sklope. [19]

Lika je rijeka ponornica u jugozapadnoj Hrvatskoj na Ličkoj visoravni (prikazano na slici 16.), a njezin površinski tok teče kroz Ličko polje. Približna površina Ličkog sliva je 1.570 km<sup>2</sup>. Izvire na sjeveroistočnom podnožju Velebita ispod najvišeg vrha Veli Golić na nadmorskoj visini od oko 600 m. Ima Jadovu, Novčicu, Otešicu i nekoliko manjih pritoka. Lika je s dužinom od 78 km najveća rijeka u Lici, a najveće naselje uz rijeku je Gospić. Glavne lijeve pritoke su Novčica i Otešica te desne Jadova i Glamočnica. [19]

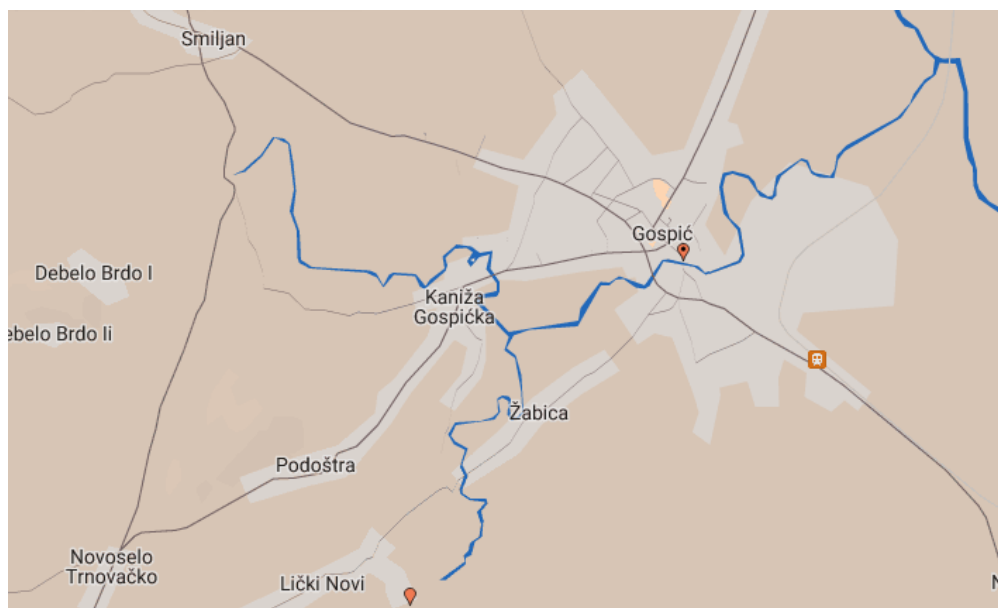


Slika 15: Prikaz rijeke Like [9]

### **Vodotok Novčica**

Novčica je lijeva pritoka rijeke Like i duga je 29 km. Izvire na istočnom dijelu Velebita podno Sadikovca i Oštarskih vrata. Ulijeva se u Liku oko 5 km istočno od Gospića. U izvorištu se zove Brušanica, a nizvodno od Ličkog Novog Novčica. Voda Novčice je u prosjeku 3-4 stupnja Celzijusa veća od okoline. Prikaz rijeke Novčice na hidrografskoj karti je vidljiv na slici 16. [9]





Slika 16: Prikaz rijeke Novčice na hidrografskoj karti [17]

Rijeka Novčica (prikazana na slici 17.) je posebno zanimljiva za sportski ribolov zbog svog geografskog položaja, strukture obale i dna, bogatog ribljeg fonda i natjecateljskog ribolova udicama na plovak. [9]



Slika 17: Prikaz rijeke Novčice [9]

### 3. PODACI I METODOLOGIJA

#### 3.1. Podaci mjernih stanica

U danom su radu analizirani podaci za mjerne postaje: Bilaj – Lika, Barlete - Jadova Bilaj i Lički Novi – Novčica, a čije se pozicije (označeno crnom bojom) mogu vidjeti na slici 18. s opisom imena vodotoka kojima pripadaju (označeno crvenom bojom).



Slika 18: HIS karta 3 mjerne stanice: Barlete, Bilaj i Lički Novi [17]

##### 3.1.1. Mjerna stanica Barlete – vodotok Jadova

Iz dostupnih podataka koji se mogu vidjeti u tablici 2. i 3., vidljivo je da je na mjernoj stanici Barlete najniži vodostaj u mjernom razdoblju od 1948. do 1991. godine izmjeren 01.01.1948. godine, dok je razina najvećeg vodostaj izmjeren 29.01.1978. godine koji je iznosio 470 cm. U razdoblju od 1998. do 2020. godine najniži vodostaj zabilježen je 4.8.1998. godine, dok je najviši vodostaj u ovom razdoblju zabilježen 9.01.2020. godine i on je iznosio 490 cm. Minimalni protok izmjeren je također 01.01.1948. dok je maksimalni protok vodotoka Jadova izmjeren 29.01.1978. godine i iznosio je 117,1 m<sup>3</sup>/s u periodu mjerenja od 1948. do 2020. godine. Provedeno je ukupno 158 mjerenja na 4 različita profila.

Tablica 2: Karakteristike mjerne stanice Barlete [17]

Osnovni podaci postaje	
Ime:	Barlete
Šifra:	8003
Tip postaje:	Limnigrafska postaja
Vodotok:	Jadova
Sliv:	Jadranski sliv
Porječje:	Porječja sjevernog Jadrana
Početak rada:	01.10.1947.
Kraj rada:	/
Kota nule vodokaza (m n/m)	563,589
Udaljenost od ušća (km)	4,000
Udaljenost od izvora (km)	/
Topografska površina sliva (km <sup>2</sup> )	244,000

Tablica 3. Karakteristike vrsta mjerenja na mjernoj stanici Barlete [17]

Mjerenja postaje	
Vrsta mjerenja	Info
<b>Vodostaj:</b>	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1948. - 1991. <b>Kota nule:</b> 563,941 m n/m <b>Minimum:</b> 1.1.1948. SUHO <b>Maksimum:</b> 29.1.1978. 470 cm
	<b>Razdoblje:</b> 1998. - 2020. <b>Kota nule:</b> 563,589 m n/m <b>Minimum:</b> 4.8.1998. SUHO <b>Maksimum:</b> 9.1.2020. 490 cm
	<b>Godine mjerenja:</b> 1948 1950-1991 1998-2015 2019-2020
<b>Protok:</b>	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1948. - 2020. <b>Minimum:</b> 1.1.1948. 0,000 m <sup>3</sup> /s <b>Maksimum:</b> 29.1.1978. 117,1 m <sup>3</sup> /s
	<b>Godine mjerenja:</b> 1948 1950-1991 1998-2015 2019-2020
<b>Vodomjerenja:</b>	<b>Broj mjerenja:</b> 158
<b>Profili:</b>	<b>Broj mjerenja:</b> 4

Na niže prikazanoj slici 19. možemo vidjeti u daljini mjernu stanicu Barlete koja je počela sa radom 01.10.1947. godine kao što je prethodno prikazano u tablici 2..



Slika 19: Prikaz mjerne stanice Barlete [17]

### **3.1.2. Mjerna stanica Bilaj – Vodotok Lika**

Na mjernoj stanici Bilaj, prema dostupnim podacima iz priložene tablice 4. vidi se kako je mjerenje počelo 01.01.1938. godine i još uvijek je u pogonu. Mjerna stanica Bilaj nalazi se na 556.236 m nadmorske visine. Udaljen je 49,100 km od ušća, a njegova topografska površina sliva iznosi 225,000 km<sup>2</sup>. U tablici 5. prikazani su podaci minimalnih i maksimalnih mjerenja vodostaja, protoka i temperature. Najniži izmjereni vodostaj na mjernoj postaji Bilaj u razdoblju od 1938. do 1943. godine izmjeren je 24.9.1942. godine i iznosio je 35 cm, dok je najviši izmjeren 28.10.1939. godine i bio je visok 364 cm. U razdoblju od 1948. do 1950. godine najniži izmjereni vodostaj izmjeren je 10.09.1950. godine s visinom od 26 cm, dok je najveći izmjeren 26.11.1949. godine i iznosio je 390 cm. Posljednje zabilježeno razdoblje je od 1951. do 2020. godine, kada je najniži vodostaj izmjeren 6.9.1952. godine, dok je datuma 29.1.1978. izmjereno 627 cm visine vodostaja. Protoci na mjernoj stanici Bilaj izmjereni su u razdoblju od 1951.

do 2019. godine, pri čemu je najmanji protok izmjeren 6.9.1952. godine, dok je najveći izmjeren 29.1.1978. godine sa 244,6 m<sup>3</sup>/s. Minimalna izmjerena temperatura u razdoblju od 1964. do 1991. godine izmjerena je 14.2.1967. godine, dok je najviša temperatura zabilježena 29.1.1969. godine kada je iznosila 27,0 °C. Na mjernoj stanici Bilaj proizvedeno je ukupno 175 vodomjerenja na 4 različita profila.

*Tablica 4. Karakteristike mjerne stanice Bilaj [17]*

<b>Osnovni podaci postaje</b>	
Ime:	Bilaj
Šifra:	8005
Tip postaje:	Automatska dojava
Vodotok:	Lika
Sliv:	Jadranski sliv
Porječje:	Porječja sjevernog Jadrana
Početak rada:	01.01.1938.
Kraj rada:	/
Kota nule vodokaza (m n/m)	556,236
Udaljenost od ušća (km)	49,100
Udaljenost od izvora (km)	/
Topografska površina sliva (km <sup>2</sup> )	225,000

Tablica 5. Karakteristike vrsta mjerenja na mjestnoj stanici Bilaj [17]

Mjerenja postaje	
Vrsta mjerenja	Info
Vodostaj:	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1938. - 1943. <b>Kota nule:</b> 559,600 m n/m <b>Minimum:</b> 24.9.1942. -35 cm <b>Maksimum:</b> 28.10.1939. 364 cm
	<b>Razdoblje:</b> 1948. - 1950. <b>Kota nule:</b> 570,000 m n/m <b>Minimum:</b> 10.9.1950. 26 cm <b>Maksimum:</b> 26.11.1949. 390 cm
	<b>Razdoblje:</b> 1951. - 2020. <b>Kota nule:</b> 556,236 m n/m <b>Minimum:</b> 6.9.1952. SUHO <b>Maksimum:</b> 29.1.1978. 627 cm
	<b>Godine mjerenja:</b> 1938-1943 1948-1991 1995-2020
Protok:	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1951. - 2019. <b>Minimum:</b> 6.9.1952. 0,000 m <sup>3</sup> /s <b>Maksimum:</b> 29.1.1978. 244,6 m <sup>3</sup> /s
	<b>Godine mjerenja:</b> 1951-1991 2002-2006 2009-2019
Temperatura:	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1964. - 1991. <b>Minimum:</b> 14.2.1967. 0,0 °C <b>Maksimum:</b> 29.1.1969. 27,0 °C
Vodomjerenja:	<b>Broj mjerenja:</b> 175
Profili:	<b>Broj mjerenja:</b> 4

Na slici 20. ispod možemo vidjeti mjernu stanicu Bilaji, koja je počela s radom 01.01.1938. godine kao što je prethodno prikazano u tablici 4.



Slika 20: Prikaz mjerne stanice Bilaj [17]

### **3.1.3. Mjerna stanica Lički Novi – vodotok Novčica**

Prema dostupnim mjernim podacima prikazani u tablici 6. su izdvojeni podaci za mjernu postaju Lički Novi koja je puštena u rad 15.09.1963. godine. Nalazi se na 554,319 metara nadmorske visine. Iz tablice 7. možemo vidjeti podatke za mjerenja minimalnih i maksimalnih vodostaja i protoka. Najniži vodostaj u izmjerenom razdoblju od 1963. do 2020. godine izmjeren je 10.09.1985. godine, a najviši 15.10.2015. godine kada je iznosio 317 cm. Protoci su mjereni i u razdoblju od 1964. do 2020. godine, a najmanji je zabilježen 10.9.1985. dok je maksimalni protok izmjeren 15.10.2015. tada je iznosio 89,60 m<sup>3</sup>/s. Na mjernoj stanici Lički Novi proizvedeno je ukupno 190 vodomjerenja na 6 različitih profila.

Tablica 6. Karakteristike mjerne stanice Lički Novi [17]

<b>Osnovni podaci postaje</b>	
Ime:	Lički Novi
Šifra:	8039
Tip postaje:	Limnigrafska postaja
Vodotok:	Novčica
Sliv:	Jadranski sliv
Porječje:	Porječja sjevernog Jadrana
Početak rada:	15.09.1963.

Kraj rada:	/
Kota nule vodokaza (m n/m)	554,319
Udaljenost od ušća (km)	/
Udaljenost od izvora (km)	/
Topografska površina sliva (km <sup>2</sup> )	/

Tablica 7. Karakteristike vrsta mjerenja na mjernoj stanici Lički Novi [17]

Mjerenja postaje	
Vrsta mjerenja	Info
Vodostaj:	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1963. - 2020.
	<b>Kota nule:</b> 554,319 m n/m
	<b>Minimum:</b> 10.9.1985. SUHO <b>Maksimum:</b> 15.10.2015. 317 cm
	<b>Godine mjerenja:</b> 1963-2020
Protok:	<b>Ekstremi</b>
	<b>Razdoblje:</b> 1964. - 2020.
	<b>Minimum:</b> 10.9.1985. 0,000 m <sup>3</sup> /s <b>Maksimum:</b> 15.10.2015. 89,60 m <sup>3</sup> /s
	<b>Godine mjerenja:</b> 1964-2020
<b>Vodomjerenja:</b>	<b>Broj mjerenja:</b> 190
<b>Profili:</b>	<b>Broj mjerenja:</b> 6

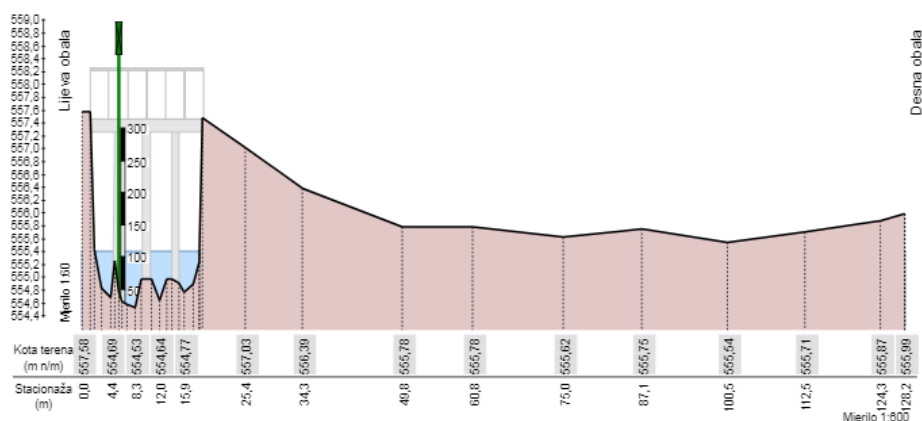
Na slici 21. je prikazan poprečni presjek korita vodotoka Novčice sa mjernom stanicom Lički Novi.



## POPREČNI PRESJEK KORITA

Šifra: 8039  
Postaja: LIČKI NOVI  
Vodotok: NOVČICA

Kota nule: 554,319 m n/m  
Vodostaj: 109 cm  
Datum mjerenja: 15. 11. 2016.



Slika 21: Prikaz poprečnog presjeka korita rijeke Novčice sa mjernom stanicom [17]

Na slici 22. ispod možemo vidjeti lokaciju mjerne stanice Lički Novi.



Slika 22: Prikaz mjerne stanice Lički Novi [17]

### 3.2. Metodologija

Za kontrolu kvalitete vodnih resursa regije ili sliva važno je poznavati navike protoka vodotoka, tj. uobičajeno kretanje volumena vode unutar korita rijeke na vidiku ili stanici. Uz uobičajeno (prosječno) kretanje vrijednosti važne su i ekstremne pojave, njihova učestalost i intenzitet. [20]

Na temelju dostupnih podataka, pomoću matematičkih evaluacijskih formula provedene su analize osnovnih statističkih karakteristika vremenskih nizova - srednjih vrijednosti, standardne devijacije, koeficijenta varijacije, minimalnih i maksimalnih vrijednosti te njihovih trendova. Osim toga, izvršene su analize vjerojatnosti karakterističnih godišnjih hidroloških pokazatelja korištenjem Gumbelove standardne funkcije distribucije. Za dnevne nizove podataka u protocima provedene su analize učestalosti i trajnosti protoka kako bi se odredio karakterističan pokazatelj njezine trajnosti: vrijednost protoka. Za odabrane postaje DHMZ-a s duljim serijama podataka iz sliva Like podaci koji nedostaju dopunjeni su korelacijskim analizama. [12]

Osnovne statističke procjene analiziranih serija mjesečnih i ekstremnih godišnjih vrijednosti protoka ( $S_r$  – srednja vrijednost serije,  $Stdev$  – standardna devijacija,  $C_v$  – koeficijent varijacije,  $Max$  i  $Min$  – zabilježene vrijednosti) provedene su na spomenutim postajama uz rijeku Liku i njezine pritoke. Rad također sadrži migracijske trendove karakterističnih sredstava i njihov raspored unutar godine.

### **Korelacijska analiza**

Korelacija ili korelacija je odnos ili međuovisnost dviju mjerljivih varijabli. Korelacijska analiza razmatra statističku seriju predstavljenu parovima vrijednosti ( $x_i, y_i$ ). Svrha korelacije je utvrditi postoji li korelacija između varijabli, koliko je jaka korelacija i može li se statistički analizirana varijabla predvidjeti iz promatranih vrijednosti druge varijable(e). Veze između ova dva fenomena mogu biti:

1. Funkcionalne - mogu biti linearne i nelinearne,
2. Aproksimacija ili korelacija: u kojoj dolazi do raspršivanja (raspršenosti) podataka.

Dva su slučaja:

- a) pozitivna ili izravna povezanost,
- b) negativna ili inverzna korelacija,

3. Ne - nema korelacije. Korelacijski odnosi između dvije slučajne varijable mogu imati linearne oblike:  $y = a \times x + b$  i nelinearne oblike:  $y = a \times x^b$ . [21]

Najjednostavnija primjena korelacijske analize je kada varijable (npr. Varijabla x i varijabla y) su linearno povezane. Potpuna korelacija ili funkcionalni odnos postoji kada svaka vrijednost varijable x odgovara jednoj vrijednosti u drugoj varijabli y. Djelomična korelacija znači da zadana vrijednost varijable x odgovara nekoliko različitih vrijednosti varijable y. Što je niža korelacija, veća je varijabilnost u vrijednostima varijable x koja se javlja za danu vrijednost varijable

y. Rezultirajući parovi x i y vrijednosti mogu se iscrtati na dvodimenzionalnom dijagramu raspršenosti. Pretpostavke pri izračunu koeficijenta korelacije ili Pearsonovog koeficijenta r su:

- linearna ovisnost između dvije varijable x i y,
- kontinuirane slučajne varijable,
- obje varijable moraju biti normalno raspoređene,
- varijable x i y moraju biti neovisne o međusobno

Koeficijent korelacije r je bezdimenzionalna veličina, tj. nema mjernu jedinicu, a mjeri smjer i snagu odnosa između varijabli (x i y). [21]

### **Analiza homogenosti**

Homogenost serije srednjih, maksimalnih i minimalnih godišnjih protoka proučavana je na temelju primjene neparametarskog rang testa u odnosu na uobičajenu razinu pouzdanosti za uobičajenu hidrologiju:  $\alpha = 5\%$ . [22]

### **Statističke karakteristike**

Srednja vrijednost je broj koji predstavlja omjer između zbroja promatranog obilježja i raspona vrijednosti numeričke varijable.

$$x = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

Standardna devijacija definirana je kao drugi korijen veličine uzorka i predstavlja prosječnu udaljenost pojedinačnih vrijednosti numeričkog obilježja od aritmetičke sredine. Ako je devijacija mala, to ukazuje na malu ekspanziju, odnosno

ekspanziju članova matrice brojeva aritmetičke sredine, što dovodi do dobre reprezentativnosti aritmetičke sredine..

Koeficijent varijacije je omjer standardne varijacije i srednje vrijednosti. Veći koeficijent varijacije pokazuje veće širenje, tj. manju reprezentativnost srednje vrijednosti. [23]

### **Analiza vjerojatnosti**

U vjerojatnosti i statistici, Gumbelova distribucija se koristi za modeliranje distribucije maksimuma (ili minimuma) zadanog broja uzoraka iz različitih distribucija. Takva raspodjela može biti raspodjela maksimalnog vodostaja rijeke u određenoj godini, s obzirom na popis maksimalnih vrijednosti za posljednjih deset godina. Ovo značenje nam je korisno za predviđanje vjerojatnosti ekstremnog potresa, poplave ili druge prirodne katastrofe.

Gumbel je potvrdio da se najveća vrijednost u uzorku eksponencijalno raspoređenih varijanti približava Gumbelovoj distribuciji kako se veličina uzorka povećava. U hidrologiji se Gumbelova distribucija stoga koristi za analizu varijabli kao što su mjesečne i godišnje maksimalne vrijednosti dnevnih oborina i riječnog toka, a može opisati i sušna razdoblja.. [24]

### **Krivulje učestalosti i trajnosti**

Učestalost vrijednosti je broj koji pokazuje koliko se puta vrijednost te varijable pojavljuje u nizu. Grafički se prikazuje kao krivulja ili histogram. Prilikom određivanja krivulje frekvencije protoka, ima smisla navesti klasu protoka koja određuje frekvenciju.

Krivulja trajanja je krivulja koja pokazuje postotak vremena ili dana u godini kada je protok jednak ili veći od određene količine. To je integralna krivulja krivulje frekvencije, poput krivulje frekvencije glavne krivulje trajanja.[25]

Krivulje trajanja protoka pokazuju broj dana u godini ili postotak vremena u kojem je razina protoka ili vode na ili iznad određene veličine, bez obzira na kronološki redoslijed. Da bi se konstruirala krivulja trajanja protoka, najprije se mora pretpostaviti frekvencija akumulacije ili akumulacije za danu vrijednost. Krivulja trajanja protoka je umnožak svih frekvencija manjih ili jednakih ovoj vrijednosti, ili

obrnuto. Krivulja životnog vijeka protoka prikazuje grafički akumuliranu frekvenciju koja predstavlja trajnost.

Krivulja trajanja protoka jedan je od osnovnih grafičkih prikaza u hidrologiji te je jedna od najvažnijih hidroloških baza. Međutim, postoje i određeni nedostaci krivulja trajanja protoka kao hidroloških supstrata zbog pristranih rezultata kada je razdoblje obrade hidroloških podataka kratko. Ovi se nedostaci mogu djelomično otkloniti. Postoji jednostavan postupak koji svodi krivulju trajanja protoka najkraćeg vremenskog razdoblja dostupnih podataka na oblik koji objektivno prikazuje krivulju dužeg vremenskog razdoblja. [26]

## 4. ANALIZA PODATAKA O MJESEČNIM I GODIŠNJIM PROTOCIMA

U nastavku su dani rezultati osnovne statističke obrade podataka i prikaz godišnjeg hoda oborine tri mjerne stanice: Barlete, Bilaj i Lički Novi.

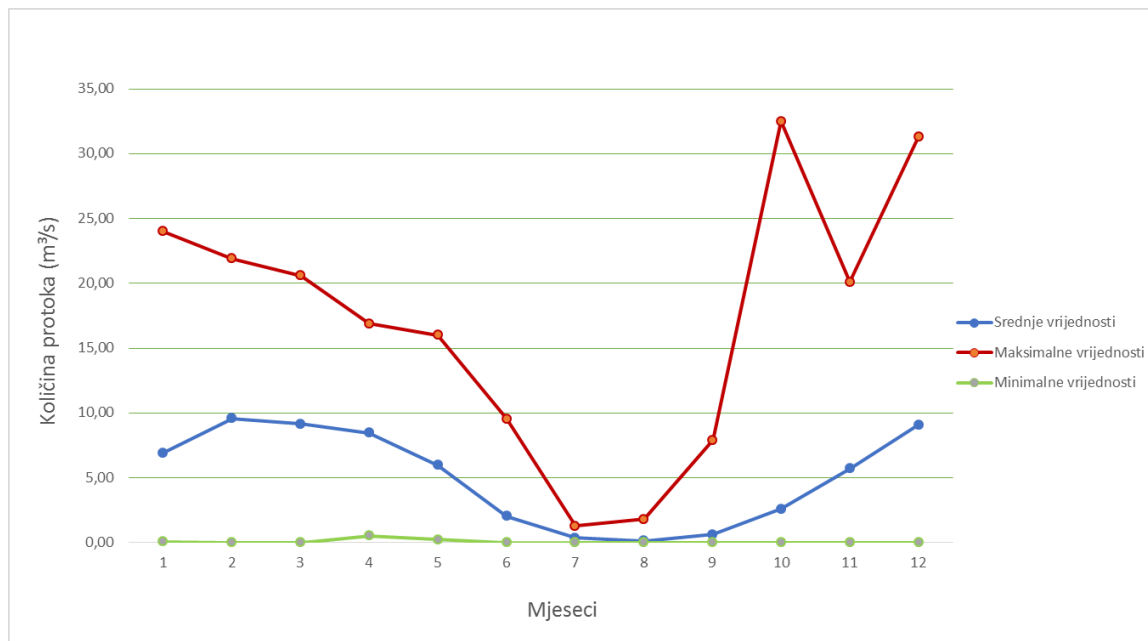
### 4.1. Mjerna stanica Barlete

Rezultati karakterističnih statističke pokazatelja analiziranih nizova u razdoblju od 1964. do 1991. godine gdje su upotpunjenih podaci za srednje mjesečne te godišnje vrijednosti protoka ( $X_{sr}$  – srednja vrijednost serije,  $Stdev$  – standardna devijacija,  $Cv$  – koeficijent varijacije,  $Max$  i  $Min$  – zabilježene vrijednosti) za spomenutu mjernu stanicu Barlete prikazani su u tablici 8.

*Tablica 8: Karakteristike mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka ( $m^3/s$ ) na mjernoj stanici Barlete za razdoblje od 1964. do 1991. godine*

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
<b>Xsr</b>	6,91	9,57	9,17	8,46	5,96	2,03	0,367	0,148	0,616	2,58	5,72	9,09	5,07
<b>st. dev.</b>	5,97	6,62	5,78	4,28	4,35	2,07	0,327	0,351	1,75	6,79	6,46	8,66	1,87
<b>Cv</b>	0,864	0,692	0,630	0,505	0,731	1,02	0,890	2,38	2,84	2,63	1,13	0,953	0,369
<b>Max</b>	24,0	21,9	20,6	16,9	16,0	9,56	1,27	1,82	7,91	32,5	20,1	31,3	8,26
<b>Min</b>	0,061	0,003	0,001	0,525	0,220	0,018	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,06

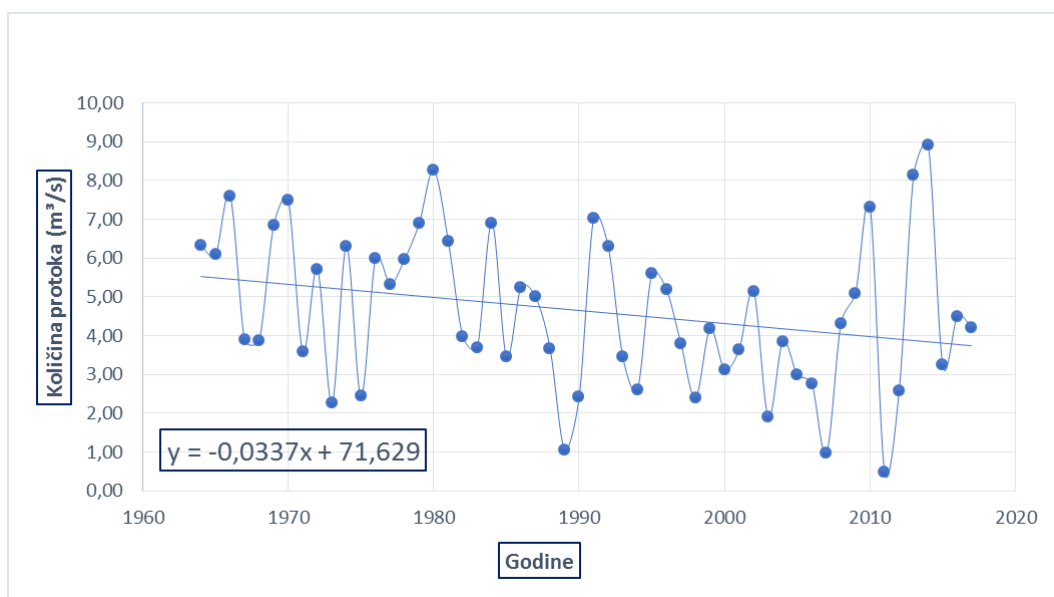
Prikazan je tijek kretanja karakterističnih vrijednosti prosječnih, maksimalnih i minimalnih godišnjih protoka na slici 23., kao i njihov raspored tijekom godine u razdoblju od 1964. do 2017. godine. Iako u navedenom razdoblju nisu prikupljeni svi podaci (od 1992. do 1997. godine kao i za godine 2016. i 2017.), korelacijskom analizom dvije mjerne stanice Barlete i Lički Novi koji ima potpune podatke moglo se doći da izračuna kako bi se dobili svi podaci.



Slika 23: Raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) protoka na mjernoj stanici Barlete

Iz prikazane slike 23. je vidljivo da se minimalne prosječne mjesečne vrijednosti javljaju u razdoblju od 7. do 8. mjeseca, dok se maksimalne vrijednosti pojavljuju u 10-om mjesecu.

Na slici 24. je dan prikaz trenda hoda karakterističnih srednjih godišnjih vrijednosti protoka u razdoblju od 1964. do 2017. godine.



Slika 24: Hod i trend srednjih godišnjih vrijednosti protoka zabilježenih na postaji Barlete u razdoblju od 1964. do 2017. godine

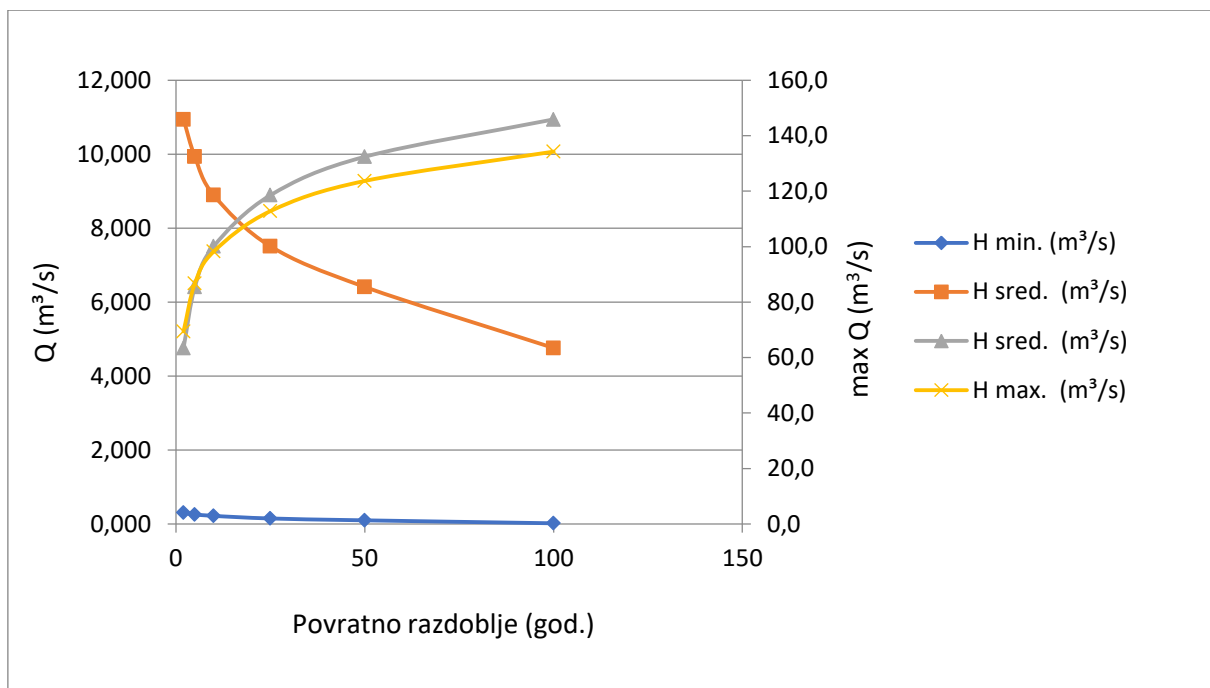
Iz slike 24. je vidljivo kako je očiti trend opadanja godišnjih količina protoka za razdoblje od 1964. do 2017. godine.

Napravljene su i obrade analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti koristeći Gumbelovu funkciju raspodjele čiji su rezultati prikazani u tablici 9. za razdoblje od 1964. do 1991. godine za mjernu stanicu Barlete. Grafovi hoda vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka su prikazani na slici 25.

*Tablica 9: Rezultati analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Barlete u razdoblju od 1964. do 1991. godine*

Povratno razdoblje (god.)	H min. (m <sup>3</sup> /s)	H sred. (m <sup>3</sup> /s)		H max. (m <sup>3</sup> /s)
	U smjeru min.	U smjeru max.	U smjeru min.	U smjeru max.
2	0,310	10,9	4,76	69,4
5	0,260	9,93	6,41	86,8
10	0,220	8,89	7,51	98,2
25	0,150	7,51	8,89	113
50	0,100	6,41	9,93	124
100	0,020	4,76	10,9	134





Slika 25: Prikaz hoda analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Barlete u razdoblju od 1964. do 1991. godine

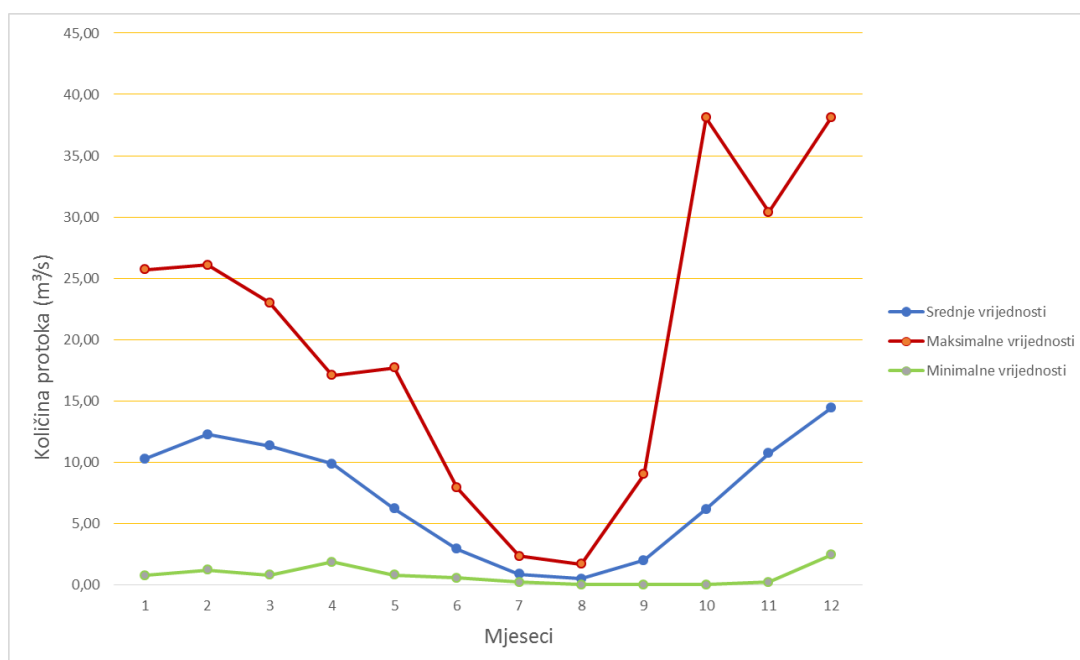
## 4.2. Mjerna stanica Bilaj

Za mjernu stanicu Bilaj su u tablici 10 prikazani rezultati karakterističnih statističkih pokazatelja analiziranih nizova u razdoblju od 1964. do 1991. godine gdje su upotpunjenih podaci za srednje mjesečne te godišnje vrijednosti protoka ( $X_{sr}$  – srednja vrijednost serije,  $Stdev$  – standardna devijacija,  $Cv$  – koeficijent varijacije,  $Max$  i  $Min$  – zabilježene vrijednosti).

Tablica 10: Karakteristike mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka ( $m^3/s$ ) na mjernoj stanici Bilaj za razdoblje od 1964. do 1991. godine

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
<b>Xsr</b>	10,3	12,3	11,3	9,86	6,19	2,92	0,857	0,499	2,00	6,15	10,7	14,4	7,32
<b>st. dev.</b>	7,30	6,64	5,93	4,21	4,15	2,06	0,561	0,499	2,63	8,55	8,41	9,25	1,95
<b>Cv</b>	0,711	0,541	0,523	0,427	0,670	0,703	0,655	1,00	1,31	1,39	0,785	0,641	0,266
<b>Max</b>	25,7	26,1	23,0	17,1	17,7	7,92	2,34	1,69	8,99	38,1	30,4	38,1	10,2
<b>Min</b>	0,757	1,22	0,797	1,87	0,801	0,542	0,194	0,017	0,000	0,000	0,203	2,45	4,08

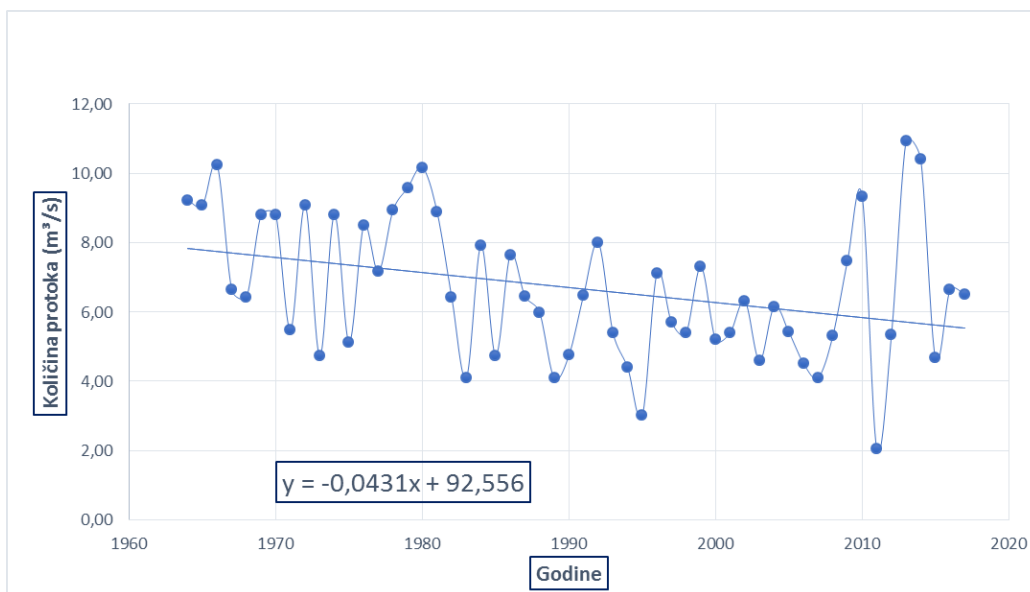
Prikazan je tijek kretanja karakterističnih vrijednosti prosječnih, maksimalnih i minimalnih godišnjih protoka na slici 26., kao i njihova raspodjela unutar godine u razdoblju od 1964. do 2017. godine. Iako u navedenom razdoblju nisu prikupljeni svi podaci (od 1992. do 2001. godine kao i za godine 2007. i 2008.), korelacijskom analizom dvije mjerne stanice Bilaj Lički Novi koji ima potpune podatke moglo se doći da izračuna kako bi se dobili svi podaci.



Slika 26: Raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) protoka na mjernoj stanici Bilaj

Iz prikazane slike 26. je vidljivo da se minimalne prosječne mjesečne vrijednosti javljaju u razdoblju od 7. do 8. mjeseca, dok se maksimalne vrijednosti pojavljuju u 10. i 12. mjesecu.

Na slici 27. je dan prikaz trenda hoda karakterističnih srednjih godišnjih vrijednosti protoka u razdoblju od 1964. do 2017. godine.



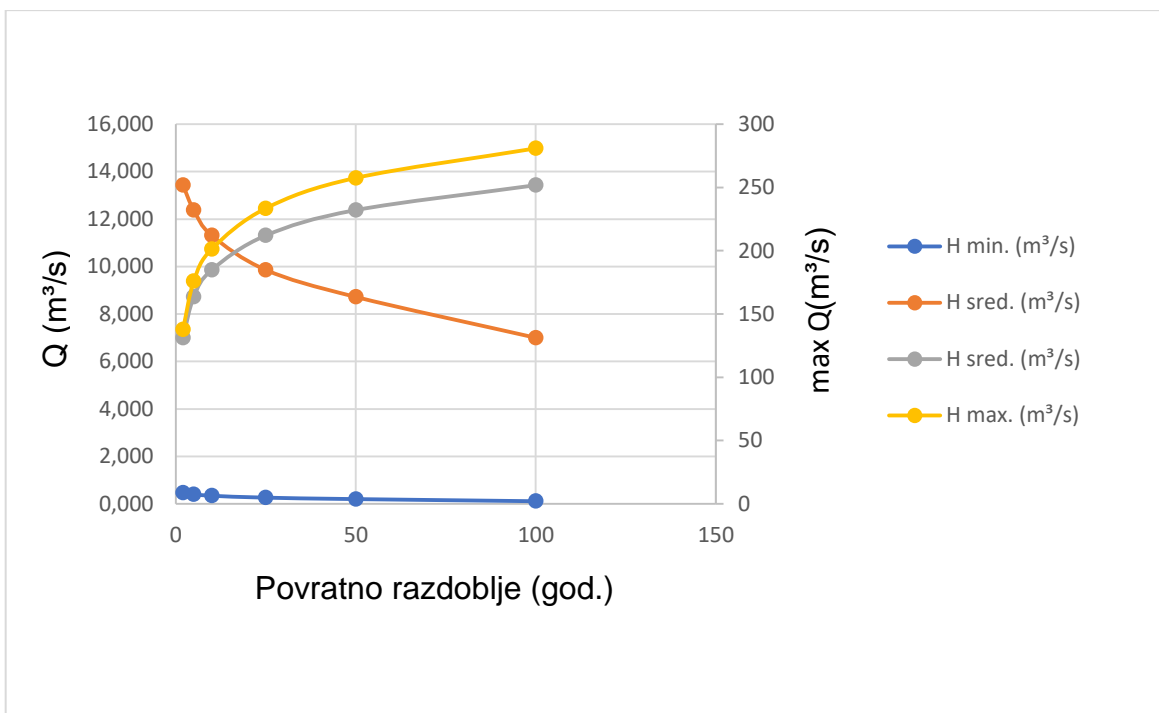
Slika 27: Hod i trend srednjih godišnjih vrijednosti protoka zabilježenih na mjernoj stanici Bilaj u razdoblju od 1964. do 2017. godine

Iz slike 27. je vidljivo kako je očiti trend opadanja godišnjih količina protoka za razdoblje od 1964. do 2017. godine.

Napravljene su i obrade analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti koristeći Gumbelovu funkciju raspodjele čiji su rezultati prikazani u tablici 11. za razdoblje od 1964. do 1991. godine za mjernu stanicu Bilaj. Grafovi hoda vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka su prikazani na slici 28.

Tablica 11: Rezultati analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Bilaj u razdoblju od 1964. do 1991. godine

Povratno razdoblje (god.)	H min. (m <sup>3</sup> /s)	H sred. (m <sup>3</sup> /s)		H max. (m <sup>3</sup> /s)
	U smjeru min.	U smjeru max.	U smjeru min.	U smjeru max.
2	0,460	13,4	7,00	138
5	0,400	12,4	8,72	176
10	0,340	11,3	9,86	201
25	0,260	9,86	11,3	234
50	0,200	8,72	12,4	258
100	0,110	7,00	13,4	281



Slika 28: Prikaz hoda analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Bilaj u razdoblju od 1964. do 1991. godine

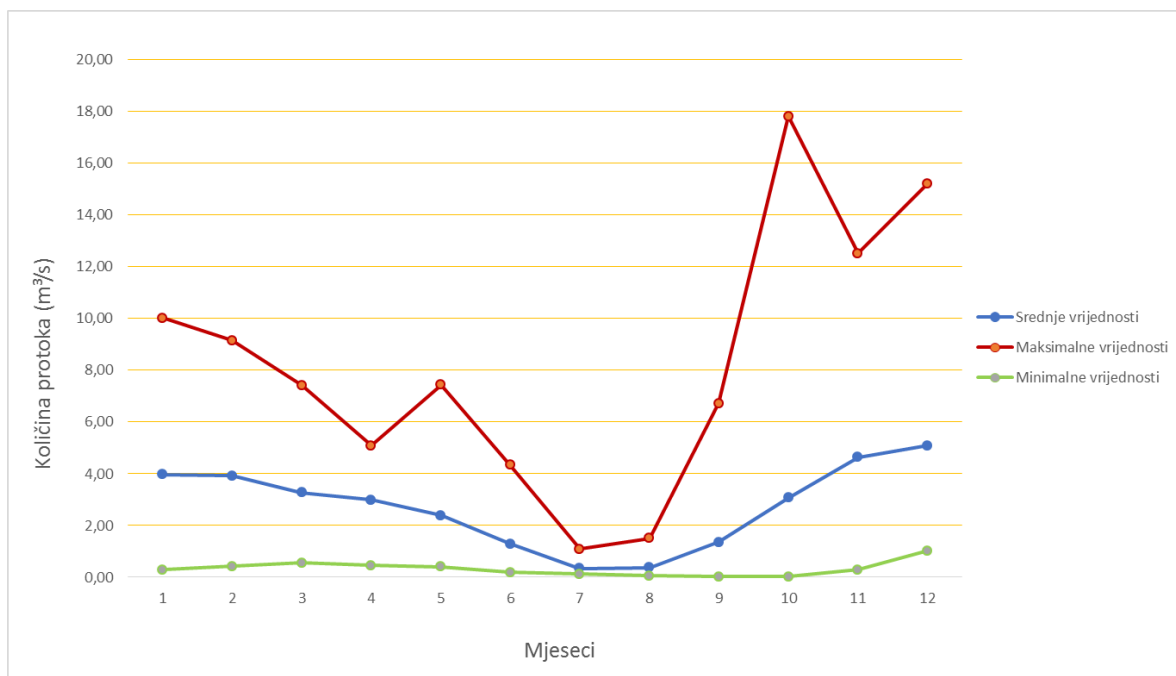
### 4.3. Mjerna stanica Lički Novi

Za mjernu stanicu Lički Novi su u tablici 12. prikazani rezultati karakterističnih statističkih pokazatelja analiziranih nizova u razdoblju od 1964. do 1991. godine gdje su upotpunjenih podaci za srednje mjesečne te godišnje vrijednosti protoka (Xsr – srednja vrijednost serije, Stdev – standardna devijacija, Cv – koeficijent varijacije, Max i Min – zabilježene vrijednosti).

Tablica 12: Karakteristike mjesečnih i godišnjih vrijednosti protoka ( $m^3/s$ ) na mjernoj stanici Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
<b>Xsr</b>	3,96	3,91	3,26	2,97	2,38	1,28	0,325	0,358	1,35	3,05	4,62	5,07	2,71
<b>st. dev.</b>	2,64	2,15	1,79	1,08	1,94	1,25	0,219	0,384	1,62	3,81	3,26	3,46	0,688
<b>Cv</b>	0,666	0,550	0,549	0,363	0,815	0,978	0,672	1,07	1,20	1,25	0,705	0,683	0,254
<b>Max</b>	10,0	9,14	7,41	5,08	7,42	4,33	1,08	1,50	6,70	17,8	12,5	15,2	3,86
<b>Min</b>	0,281	0,416	0,548	0,442	0,391	0,183	0,102	0,046	0,017	0,016	0,280	1,01	1,45

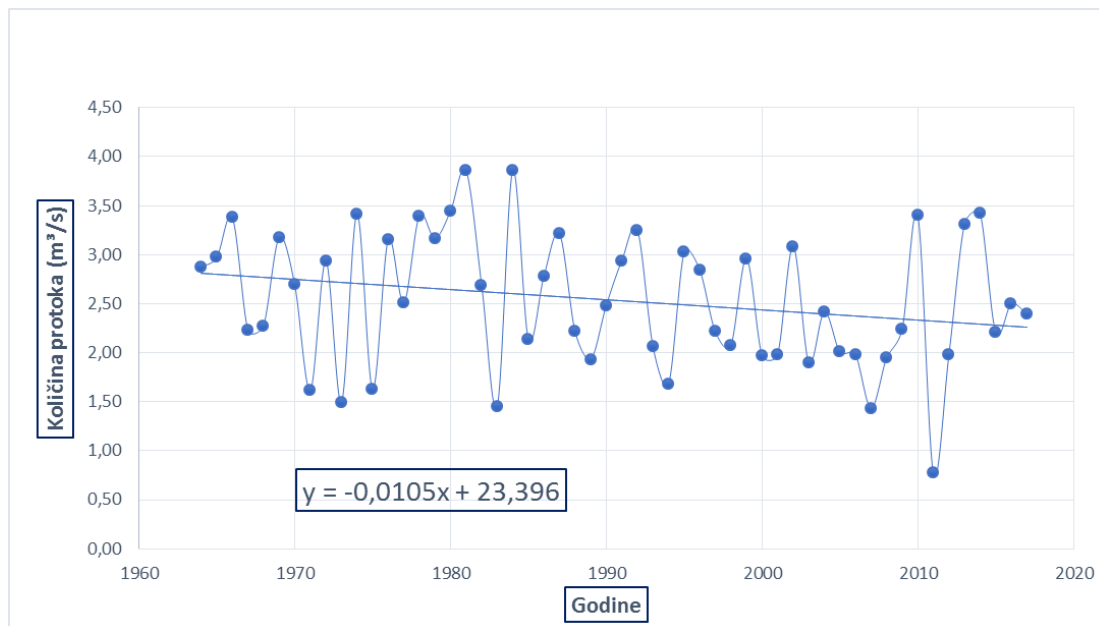
Prikazan je tijek kretanja karakterističnih vrijednosti prosječnih, maksimalnih i minimalnih godišnjih protoka na slici 29., kao i njihova raspodjela unutar godine u razdoblju od 1964. do 2017. godine. Za mjernu stanicu Lički Novi su bili dostupni svi podaci u navedenom razdoblju.



Slika 29: Raspodjela unutar godine (maksimalnih, prosječnih i minimalnih) protoka na mjernoj stanici Lički Novi

Iz prikazane slike 29. je vidljivo da se najmanje prosječne mjesečne, kao i ekstremne minimalne vrijednosti, javljaju u razdoblju od 7. do 8. mjeseca, dok se maksimalne vrijednosti pojavljuju u 10-om mjesecu.

Prikaz trenda hoda karakterističnih srednjih godišnjih vrijednosti protoka u razdoblju od 1964. do 2017. godine je dan u slici 30.



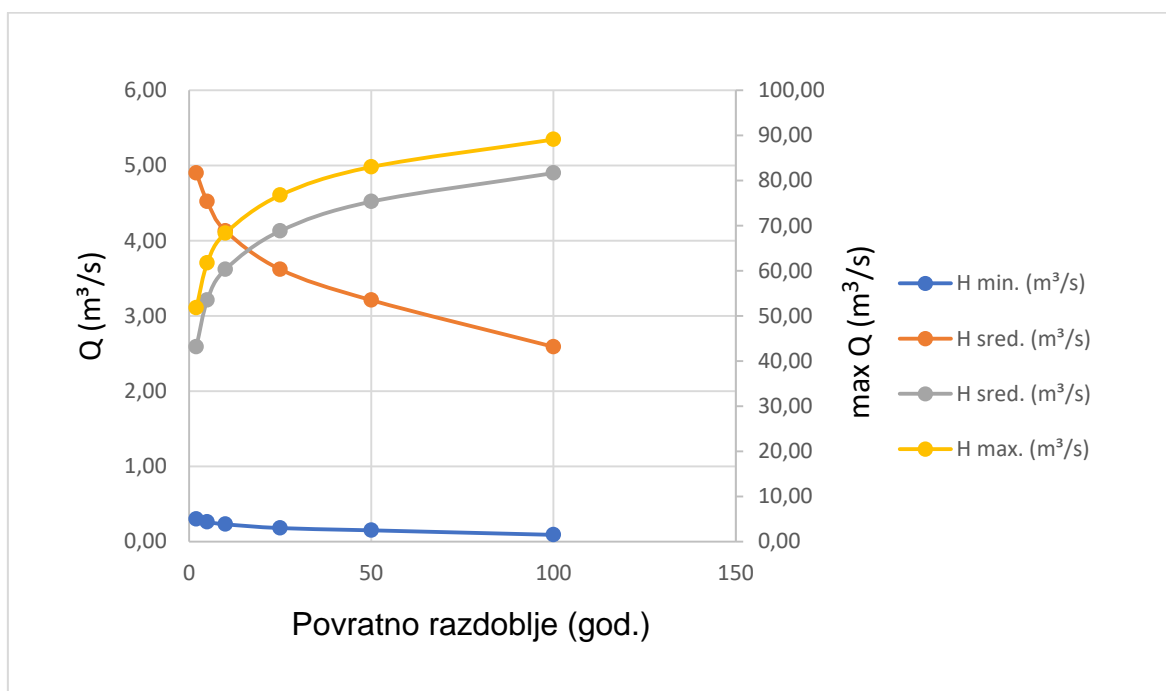
Slika 30: Hod i trend srednjih godišnjih vrijednosti protoka zabilježenih na mjernoj stanici Lički Novi za razdoblje od 1964. do 2017. godine

Iz slike 30. je vidljivo kako je očiti trend opadanja godišnjih količina protoka za razdoblje od 1964. do 2017. godine.

Provedene su i analize vjerojatnosti nastanka godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti koristeći Gumbelovu funkciju raspodjele čiji su rezultati prikazani u tablici 13. za razdoblje od 1964. do 1991. godine za mjernu stanicu Lički Novi. Grafovi hoda vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka su prikazani na slici 31.

Tablica 13: Rezultati analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine

Povratno razdoblje (god.)	H min. (m <sup>3</sup> /s)	H sred. (m <sup>3</sup> /s)		H max. (m <sup>3</sup> /s)
	U smjeru min.	U smjeru max.	U smjeru min.	U smjeru max.
2	0,30	4,9	2,59	51,79
5	0,26	4,52	3,21	61,76
10	0,23	4,13	3,62	68,37
25	0,18	3,62	4,13	76,75
50	0,15	3,21	4,52	83,01
100	0,09	2,59	4,9	89,10



Slika 31: Prikaz hoda analize vjerojatnosti pojave godišnjih količina protoka za srednje, minimalne i maksimalne vrijednosti za mjernu stanicu Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine

## **5. ANALIZA ODNOSA MJERNIH STANICA**

U ovom dijelu rada analiziraju se međusobno mjerne postaje Barlete, Bilaj i Lički Novi na temelju dobivenih podataka. Za nepotpune nizove podataka provedene su usporedbe i dopune nizova podataka. Provedene su i analize homogenosti koje pokazuju ima li promjena u režimu protjecanja. Uspoređene su i srednje te ekstremne vrijednosti godišnjih nizova, provedene analize vjerojatnosti njihove pojave kao i učestalosti i trajnost dnevnih podataka o protoku.

### **5.1. Analiza homogenosti**

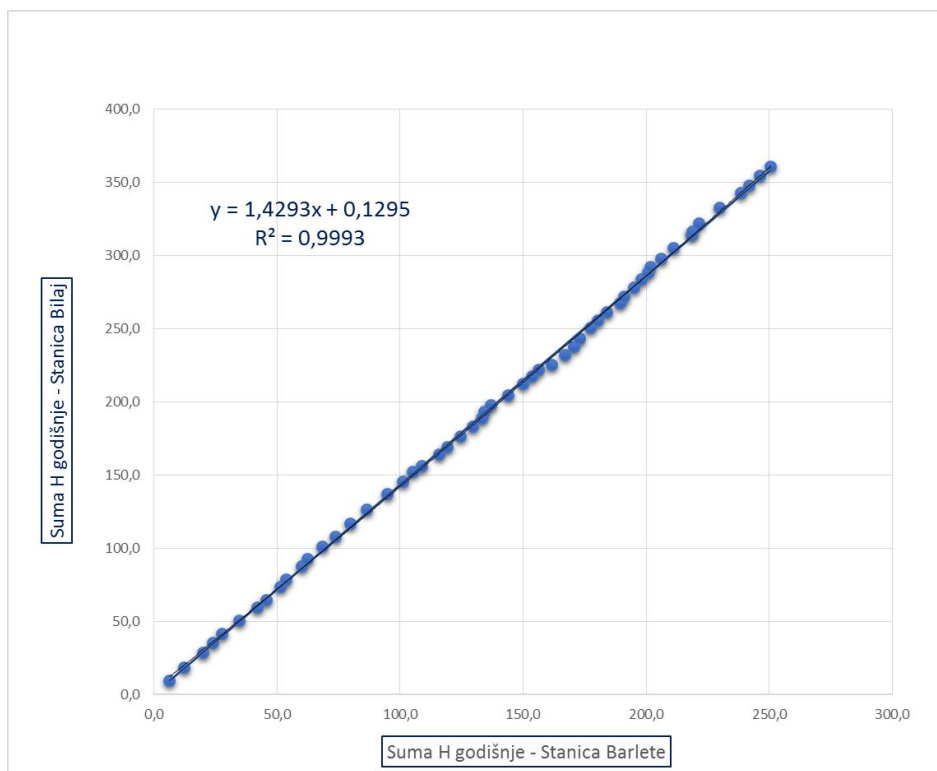
Krivulje dvije mase mogu se koristiti za testiranje nepouzdanosti podataka o protoku na isti način kao i nepouzdanost podataka o oborinama, ali se sumnja da ne postoji trajni odnos između pojedinačnih podataka i skupova podataka. Ova pretpostavka je često korisna u analizi godišnjeg protoka, čak i ako mjesečno otjecanje nije konstantno, jer na godišnji protok ne utječu promjene u uvjetima sliva. [25]

Homogenost nizova njihovih godišnjih iznosa ispitana je primjenom testa vrednovanja, koji je zbog svoje dosljednosti i jednostavnosti pogodan za ovu vrstu procjene. Analiza je provedena korištenjem skupa podataka u razdoblju od 1964. do 2017. godine s upotpunjenim podacima za godine u kojima su nedostajale pomoću korelacijske analize.

#### **Barlete-Bilaj**

Analiza homogenosti na mjernim stanicama Barlete-Bilaj u razdoblju od 1964. do 2017. godine je prikazana na slici 32. s nadopunjenim godinama za mjernu stanicu Barlete od 1992. do 1997. godine kao i za 2016. i 2017. godinu čiji su podaci dobiveni korelacijskom analizom s mjernom stanicom Lički Novi. Za mjernu stanicu Bilaj nepotpuni podaci su bili u razdoblju od 1992. do 2001. godine te u razdoblju od 2007. do 2008. godine čiji su podaci dobiveni također korelacijskom analizom s mjernom stanicom Lički Novi.



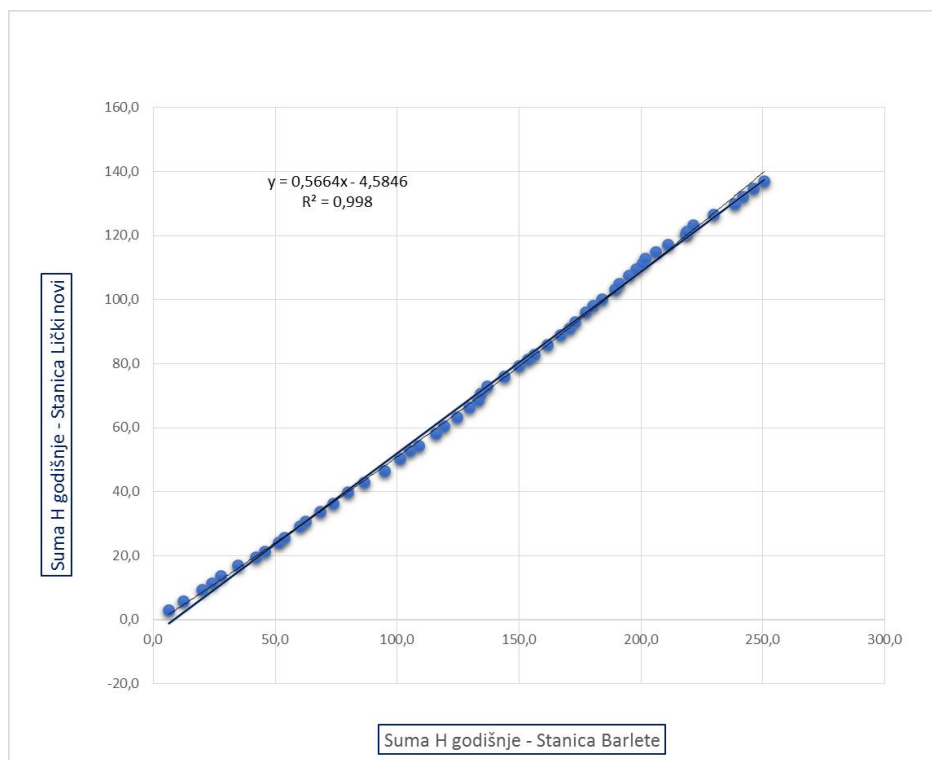


Slika 32: Analiza homogenosti na mjernim stanicama Barete-Bilaj u razdoblju od 1964. do 2017.

Iz slike 32. možemo zaključiti kako su nizovi godišnjih količina oborina za stanice Barlete i Bilaj homogeni, jer su parovi linearno raspoređeni prema funkciji  $y = ax - b$

### **Barlete – Lički Novi**

Analiza homogenosti na mjernim postajama Barete-Lički Novi u razdoblju od 1964. do 2017. godine je prikazana na slici 33. sa nadopunjenim godinama za mjernu stanicu Barlete od 1992. do 1997. godine kao i za 2016. i 2017. godinu čiji su podaci dobiveni korelacijskom analizom sa mjernom stanicom Lički Novi. Za mjernu stanicu Lički Novi su svi podaci poznati.

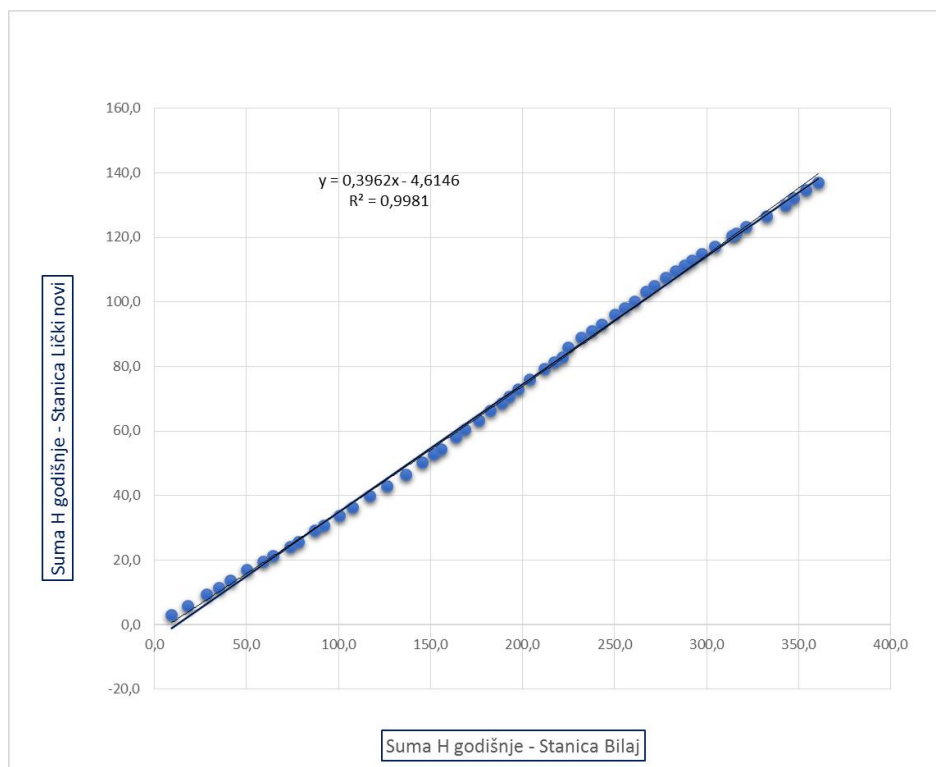


Slika 33: Analiza homogenosti na mjernim stanicama Barete-Lički Novi za razdoblje od 1964. do 2017. godine

Iz slike 33. možemo zaključiti kako su nizovi godišnjih količina oborina za stanice Barlete i Lički Novi homogeni, jer su parovi linearno raspoređeni prema funkciji  $y = ax - b$ .

### **Bilaj – Lički Novi**

Analiza homogenosti na mjernim postajama Bilaj-Lički Novi u razdoblju od 1964. do 2017. je prikazana na slici 34. s nadopunjenim godinama za mjernu stanicu Bilaj u razdoblju od 1992. do 2001. godine te u razdoblju od 2007. do 2008. godine čiji su podaci dobiveni također korelacijskom analizom s mjernom stanicom Lički Novi. Za mjernu stanicu Lički Novi su svi podaci poznati.



Slika 34: Analiza homogenosti na mjernim stanicama Bilaj-Lički Novi za razdoblje od 1964. do 2017. godine

Iz slike 34. možemo zaključiti kako su nizovi godišnjih količina oborina za stanice Bilaj i Lički Novi homogeni, jer su parovi linearno raspoređeni prema funkciji  $y = ax - b$ .

Ovom analizom možemo zaključiti da su sve tri mjerne postaje međusobno homogene.

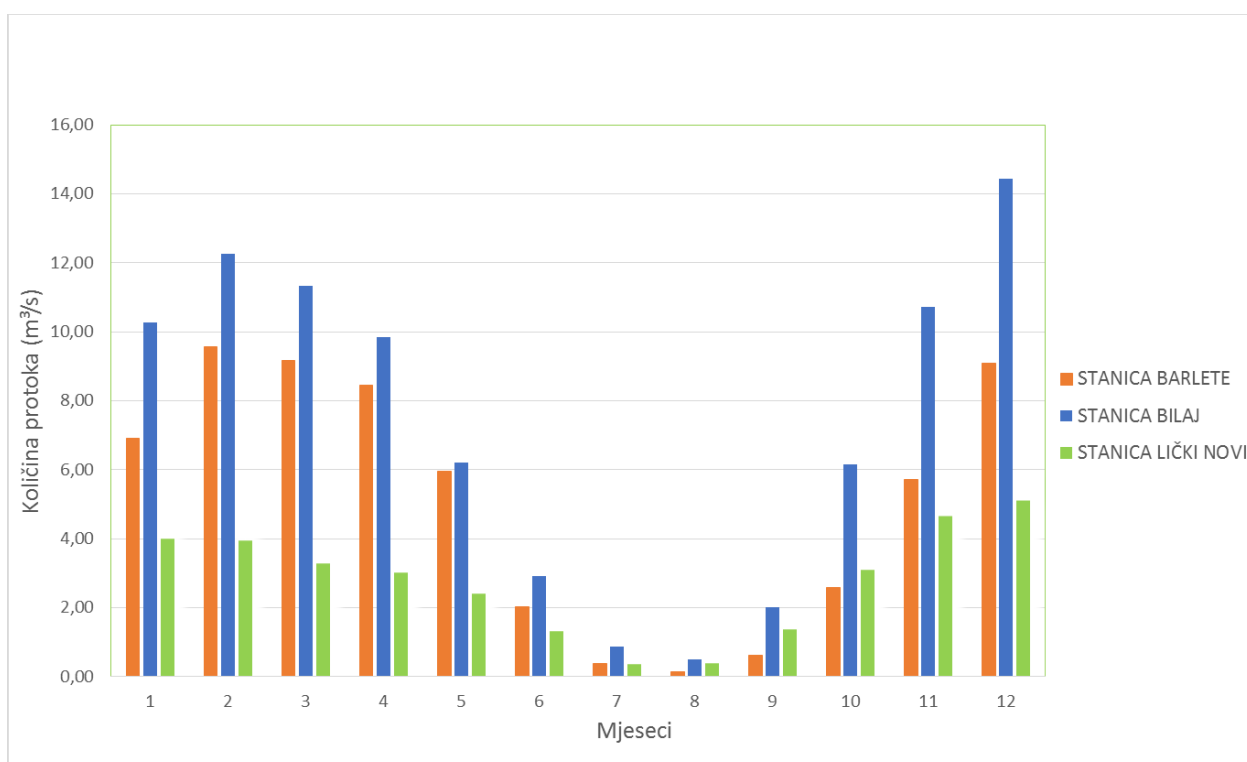
## 5.2. Srednje vrijednosti godišnjih i mjesečnih nizova

Provedene su i obrade nizova srednjih mjesečnih i godišnjih protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964.-1991. čiji su rezultati prikazani u tablici 14. Grafovi unutargodišnje raspodjele mjesečnih protoka su prikazani na slici 35.

Tablica 14. Rezultati analiziranja nizova prosječnih srednjih godišnjih protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964.-1991.

Xsr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Godišnje
STANICA BARLETE	6,91	9,57	9,17	8,46	5,96	2,03	0,367	0,148	0,616	2,58	5,72	9,09	5,07
STANICA BILAJ	10,3	12,3	11,3	9,86	6,19	2,92	0,857	0,499	2,00	6,15	10,7	14,4	7,32
STANICA LIČKI NOVI	3,96	3,91	3,26	2,97	2,38	1,28	0,325	0,358	1,35	3,05	4,62	5,07	2,71

Iz tablice 14. je vidljivo da su prosječni srednje godišnji protoci najmanji za sve tri mjerne stanice u razdoblju od 7. do 8. mjeseca, dok su najveće za mjernu stanicu Bilaj i Lički Novi u 12. mjesecu, a za Barlete u 2. mjesecu.

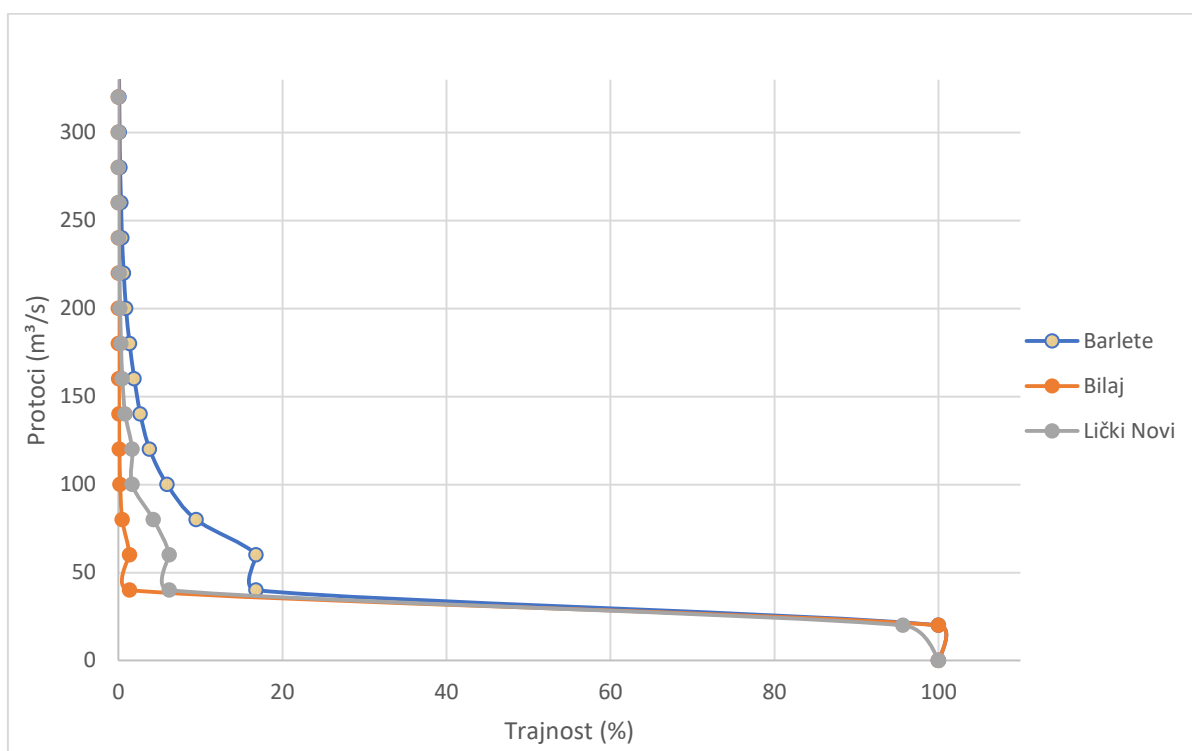


Slika 35: Prikaz nizova prosječnih srednjih godišnjih protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine

Iz priloženih prikaza je vidljivo da su u razdoblju od 7. do 9. mjeseca na sva tri profila stanica prisutna i presušivanja vodostaja. Dostupna analiza pokazuje trendove slabljenja karakterističnih godišnjih vodostaja Like kod Bilaja i njihove stagnacije u Novčici kod Ličkog Novog.

### 5.3. Analiza učestalosti i trajnosti dnevnih podataka protoka

Provedena je i analiza učestalosti i trajnosti podataka o dnevnom protoku na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964.-1991. čiji su rezultati prikazani putem krivulje trajnosti na slici 36. Maksimalna zabilježena vrijednost protoka za srednje karakteristične dnevne protoke iznosi 375 m<sup>3</sup>/s izmjeren na mjernoj stanici Bilaj, pa je odabran raspon vrijednosti za sve mjerne stanice od 0 m<sup>3</sup>/s do 380m<sup>3</sup>/s. Za mjernu stanicu Barlete i Lički Novi su zabilježene maksimalne vrijednosti protoka za srednje karakteristične dnevne protoke u iznosu od 90 m<sup>3</sup>/s. Najčešće vrijednosti karakterističnih srednjih dnevnih protoka kreću se između 20 i 60 m<sup>3</sup>/s za mjernu stanicu Bilaj, dok se za mjerne stanice Barlete i Lički Novi kreću od 5 do 30 m<sup>3</sup>/s.



Slika 36: Prikaz trajnosti dnevnih podataka protoka na mjernim stanicama Barlete, Bilaj i Lički Novi za razdoblje od 1964. do 1991. godine

## ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu je provedena usporedba vodnih režima vodotoka u gornjem dijelu sliva rijeke Like. Analizom su obuhvaćene postaje Bilaj na glavnom ličkom toku uzvodno od početka akumulacije Krušćica, postaja Barlete na lijevoj glavnoj pritoci Jadovi i postaja Lički Novi. Za analizu mjesečnih i godišnjih nizova podataka su korišteni podaci u vremenskom periodu od 1964. do 1991. godine. Na analiziranom području primijećeno je da se pojavljuju trendovi opadanja karakterističnih minimalnih, srednjih i maksimalnih godišnjih protoka za sve tri mjerne stanice. Usporedno su prikazane analize te se može vidjeti kako su dobiveni gotovo identični podaci za mjesečne i godišnje minimalne, srednje i maksimalne karakteristične vrijednosti protoka za sve tri mjerne stanice s tendencijom opadanja vrijednosti protoka.

Provedene obrade pokazuju jaku bujičnu prirodu voda Like i njezinih pritoka, s najnižim prosječnim mjesečnim proticajima u glavnom toku Like u srpnju i kolovozu. Jadova ima češće presušivanje, koje u pojedinim godinama počinje već u svibnju, dok u većini ostalih godišnjih doba tok presušuje u ljetnim mjesecima srpnju i rujnu. Kretanje karakterističnih mjesečnih protoka uglavnom pokazuje pad njihovih vrijednosti, bez obzira na promatrano razdoblje. Analiziran je tijek prosječnih godišnjih te maksimalnih i minimalnih protoka izmjerenih na postajama uz rijeku Liku. Vidljivo je dobro uparivanje njihovih pokreta. U 1990-ima su zbog rata mjerenja privremeno prekinuta na nekoliko postaja, a hidrološke prilike su se obično mijenjale; trendovi godišnjih srednjih i maksimalnih protoka padali su do ranih 1990-ih, a zatim ponovno rasli. Korita, s druge strane, imaju tendenciju učestalosti u razdoblju nakon 1990-ih. Minimalni protoci s druge strane imaju tendenciju učestalosti presušivanja u razdoblju nakon devedesetih godina.

Rijeka Lika i njezin sliv čine značajan aspekt života za lokalno stanovništvo. Osim lokalnog stanovništva, korist od njih ima i šire područje pošto su iskorišteni i u gospodarske svrhe, tj. u proizvodnji električne energije. Iskorištavanje vodnih resursa kao obnovljivih izvora energije je svakako preporučljivo, no neophodno je prije same izvedbe provesti niz ispitivanja, projekata i studija utjecaja takvih zahvata na okoliš.

Konačno, na temelju provedenih analiza može se zaključiti da analiziranim razdobljima, kao vodno bogatstvo Like je neprocjenjivo i moramo djelovati kako ga ne bi ugrozili prevelikim iskorištavanjem u gospodarske ili neke druge svrhe.

## LITERATURA

- [1] Kragić, B., *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2009. Poveznica: <https://enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=36503>; pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [2] Tomac, M., *Rijeka Lika – ljepota osuđena na ponor*, Poveznica: <https://ams.hr/rijeka-lika-najljepse-hrvatske-rijeke>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [3] Ladan, T., *Hrvatski obiteljski leksikon*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2005. Poveznica: <http://enciklopedija.lzmk.hr/clanak.aspx?id=22569>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [4] Poveznica: <https://lag-lika.hr/podrucje-lag-a-lika/>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [5] Mataija, I., *Književnost Like*, Poveznica: <https://lektire.skole.hr/knjizevnost-hrvatskih-regija/knjizevnost-like/>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [6] Mance, I., *Kosinjski most*, Poveznica: <https://kosinj-konzalting.hr/kosinjski-most/>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [7] Poveznica: <https://lika-active.com/page/otkrijite-perusic>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [8] Smolčić, M., *Izgradnjom krovišta nastaviti će se obnova turske kule u Perušiću*, Poveznica: <https://www.novilist.hr/rijeka-regija/lika-senj/turska-kula-ide-dalje/>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [9] Poveznica: <https://sru-lika-gospic.hr/ribolovna-podrucja/detaljnije/rijeka-lika>, pristupljeno 20. svibnja 2022.
- [10] Bakšić, D., *Speološka istraživanja Markovog ponora*, Subterranea Croatica, 23-25, Zagreb, 2000.
- [11] Bonacci, O., Andrić, I.: *Sinking Karst Rivers Hydrology: Case of the Lika and Gacka (Croatia)*, Acta carsologica 37/2-3, str. 186-192, 2008.
- [12] HGI, *Definiranje ekološki prihvatljivih protoka Gacke i Like: hidrološke i hidrogeološke podloge*, Zagreb, 2021.
- [13] Elektroprojekt, *Plan navodnjavanja Ličko-senjske županije*, Zagreb, 2007.
- [14] Poveznica: <https://www.biportal.hr/gis/>, pristupljeno 21. lipnja 2022.
- [15] HEP d.d., Studija - Projekt više struka: *Studija o utjecaju na okoliš HES Kosinj*, Y1-A69.00.01-G03.0, 2016.
- [16] Poveznica: <https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-zapad/he-sklope/1541>, pristupljeno 21. lipnja 2022.
- [17] Poveznica: <https://hidro.dhz.hr/>, pristupljeno 20. svibnja 2022.



- [18] Islamović, F., *Lička ljepotica Jadova*, Meridijan, 208, Samobor, 2019.
- [19] Poveznica: <https://lijepalika.wordpress.com/> , pristupljeno 21.lipnja 2022.
- [20] Čanjevac, I., *Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj*, Hrvatski geografski glasnik, 23-42, Zagreb, 2013.
- [21] Žugaj, R., *Velike vode malih slivova*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarskogeološko-naftni fakultet, Zagreb, 2000.
- [22] Pavlić, K., *Regionalna hidrološka analiza krškog porječja Kupe*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarskogeološko-naftni fakultet, Zagreb, 2016.
- [23] Žugaj, R., Andreić, Ž., Pavlić, K., Fuštar, L., *Krivulja trajanja protoka*, Građevinar, 63 (2011) 12, str. 1061-1068
- [24] Duhović, P.M., *Krivulje raspodjele u hidrologiji*, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2014.
- [25] Torlak, Z., *Provjera homogenosti padalina i protoka korištenjem krivulje dvostruke mase*, Završni rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2016.
- [26] Gudelj, A., *Krivulja protoka*, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2015.