

# Režim otjecanja u hrvatskom dijelu porječja Bregane

---

**Curman, Valentina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:748908>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

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



**Valentina Curman**

**Režim otjecanja u hrvatskom dijelu porječja Bregane**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2021.**



**Valentina Curman**

**Režim otjecanja u hrvatskom dijelu porječja Bregane**

**Diplomski rad**

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

**Zagreb  
2021.**

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

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## Režim otjecanja u hrvatskom dijelu porječja Bregane

Valentina Curman

**Izvadak:** Bregana je dijelom toka granični vodotok između Republike Hrvatske i Republike Slovenije. Premda se u radu klimatološki i hidrološki podaci odnose na hrvatski dio porječja, reprezentativni su i za, površinom znatno manji, slovenski dio. Rad se sastoji od prikaza hidrogeoloških i hidrometeoroloških uvjeta otjecanja, geomorfoloških obilježja, zemljišnog pokrova, antropogenih utjecaja i hidroloških obilježja. Analizirani su srednji godišnji (maksimalni, prosječni, minimalni) i sezonski protoci te protočni režimi na tri aktivne hidrološke postaje u porječju. Usporedbom podataka razdoblja 1981. – 2000. i 2001. – 2020. pokazale su se određene promjene u protocima, koje su potom uspoređene s promjenama u padalinskom režimu, pojavom snijega i temperature zraka.

71 stranica, 51 grafičkih priloga, 25 tablica, 47 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Bregana, protoci, režim otjecanja, kiša, snijeg, temperatura

Voditelj: prof. dr. sc. Danijel Orešić

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

Tema prihvaćena: 11. 2. 2021.

Rad prihvaćen: 11. 11. 2021.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

**Runoff regime in the Croatian part of Bregana catchment area**

Valentina Curman

**Abstract:** Bregana River is in part a border watercourse between the Republic of Croatia and the Republic of Slovenia. Although climate and hydrological data refer to the Croatian part of the basin, they are also representative for the Slovenian part, significantly smaller in its area. An overview of hydrogeological and hydrometeorological conditions of runoff, geomorphological features, land cover, anthropogenic influences and hydrological features are presented. Mean annual (maximum, average, minimum) and seasonal discharges and discharge regimes were analyzed on the three active hydrological stations in the basin. Comparing data from the period 1981-2000 and 2001-2020 certain changes were recognised, which were then compared with changes in the precipitation regimes, snow appearance and air temperature.

71 pages, 51 figures, 25 tables, 47 references; original in Croatian

**Keywords:** Bregana, flows, runoff regime, rain, snow, temperature

**Supervisor:** Danijel Orešić, PhD, Full Professor

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

**Thesis title accepted:** 11/02/2021

**Thesis accepted:** 11/11/2021

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

## *Zahvala*

*Zahvaljujem se prof. dr. sc. Danijelu Orešiću na stručnom vodstvu i pomoći u izradi diplomskog rada. Hvala na svakom savjetu, potpori i ohrabrenju.*

*Također se zahvaljujem i ostalim profesorima koji su bili dio moga školovanja, kao i stručnom osoblju fakulteta te kolegama uz koje se svaka prepreka lakše prebrodila.*

*Hvala mojim roditeljima, Blaženki i Mladenu, i bratu Mariu na svakoj dobroj i lošoj riječi, potpori i kada je trebala izostati. Napokon ste dočekali ovaj dan!*

*Naposljetku, hvala dečku Vedranu što je bio izrazita podrška i pomoć te što je trpio moju živahnost tijekom izrade ovog rada 😊*



## Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Istraživano područje .....	1
1.2. Cilj rada i metodološki okvir .....	2
1.3. Prethodna istraživanja .....	3
2. Hidrogeološki uvjeti otjecanja .....	4
2.1. Geološka obilježja .....	4
2.2. Hidrogeološka obilježja .....	6
3. Geomorfološka obilježja porječja .....	8
3.1. Geomorfološka regionalizacija .....	8
3.2. Morfostrukturalna obilježja .....	9
3.3. Morfometrijska obilježja .....	11
3.3.1. Hipsometrijska obilježja .....	12
3.3.2. Nagib padina .....	13
3.3.3. Vertikalna raščlanjenost reljefa .....	15
3.4. Egzogeomorfološka obilježja (morfofenetski tipovi reljefa) .....	17
4. Hidrometeorološki uvjeti otjecanja .....	20
4.1. Odabrane meteorološke postaje .....	20
4.2. Kretanje godišnje količine padalina .....	25
4.3. Godišnji hod padalina .....	26
4.5. Broj dana sa snijegom .....	29
4.6. Kretanje srednje godišnje temperature zraka .....	32
4.7. Godišnji hod temperature zraka .....	33
5. Zemljišni pokrov .....	34
6. Antropogeni utjecaji u porječju Bregane .....	37
7. Hidrološka obilježja u porječju .....	40
7.1. Elementi tekućica i porječja .....	40
7.2. Hidrološke postaje .....	44

7.3. Srednji godišnji protoci .....	46
7.4. Sezonski protoci .....	50
7.5. Protočni režimi .....	54
7.5.1. Obilježja protočnih režima u porječju Bregane.....	54
7.5.2. Suvremene promjene protočnih režima.....	60
8. Zaključak.....	67
Literatura .....	68
Izvori .....	71
Popis grafičkih priloga .....	VIII
Popis tablica .....	XI
Priprema za nastavni sat.....	XIII

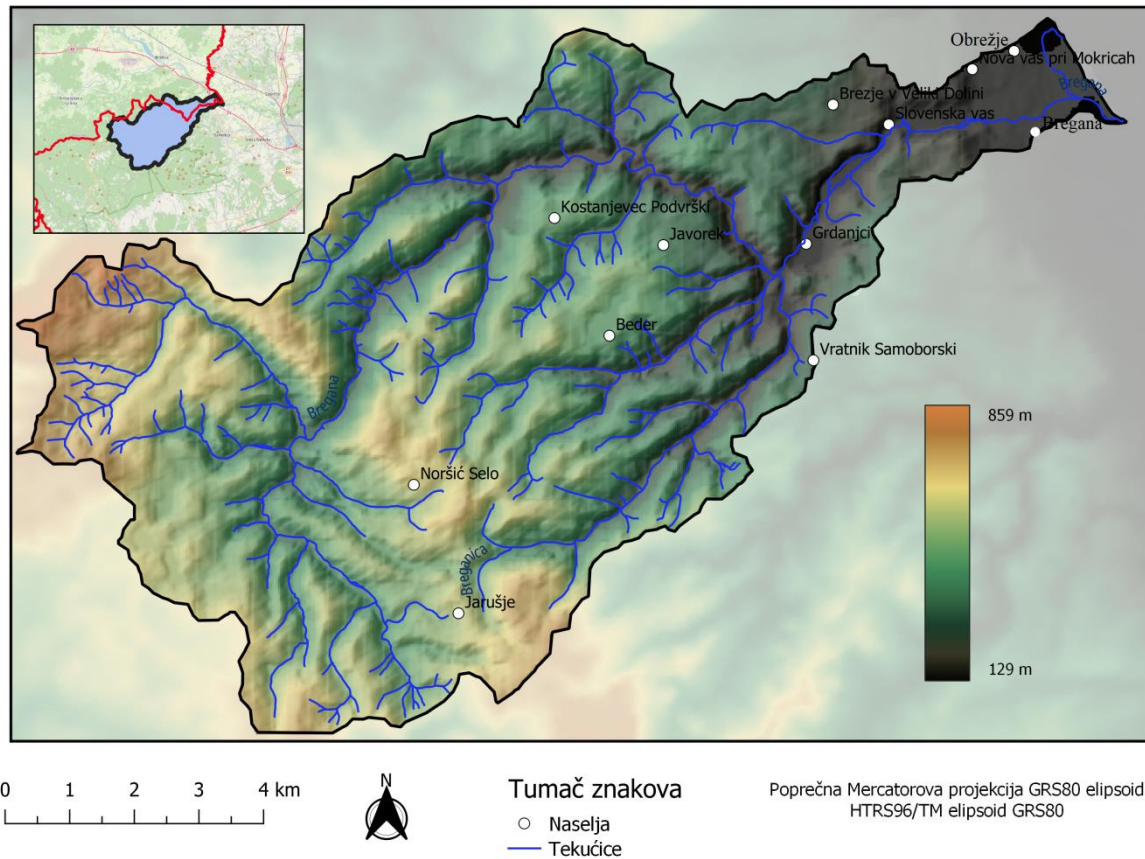
## 1. Uvod

Režim otjecanja u hidrologiji opisuje varijabilnost hidroloških veličina tijekom godine, kao odraz padalina, temperatura, evapotranspiracije i karakteristika porječja (Beckinsale, 1969). U novije doba konkretnije je analiziran kao protočni režim što obuhvaća način opskrbe tekućica, godišnji hod srednjih mjesečnih i drugih karakterističnih protoka (Riđanović, 1993; Čanjevac, 2013; Orešić i dr., 2017). Promjene u protočnom režimu mogu dobro ukazivati na klimatske promjene, ali i antropogene utjecaje. Kako bi se utvrdio režim otjecanja i eventualne promjene u uvjetima otjecanja u porječju Bregane, analizirani su hidrogeološka obilježja, geomorfološka obilježja, hidrometeorološki uvjeti otjecanja, zemljišni pokrov, antropogeni utjecaj te, naposljetku, hidrološka obilježja. Uz prikaz protočnih režima i klimatskih uvjeta u zadnjem klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. uspoređena su dva konsektivna dvadesetogodišnja razdoblja, 1981. – 2000. i 2001. – 2020., kako bi se utvrdile promjene u režimu te su iste uspoređene s promjenama u režimu padalina i temperature zraka.

### 1.1. Istraživano područje

Bregana je glavni desni pritok Save na granici Hrvatske sa Slovenijom. U dijelu svojega toka (srednji i donji dio) Bregana je granična tekućica. Porječje Bregane se većim dijelom nalazi u zapadnom dijelu Središnje Hrvatske, a manjim dijelom u Sloveniji. U hrvatskom dijelu obuhvaća dio Samoborskog gorja te dio Žumberačkog gorja, pri čemu ih međusobno razdvajaju doline rječica Bregane i Drage - Volavčice (Buzjak i dr., 2011). Porječju pripada i malen dio prisavske nizine uz ušće Bregane u Savu. Prema izračunima u ovom radu, površina porječja iznosi 88,53 km<sup>2</sup>, a glavna tekućica Bregana duga je 26,49 km. Najveći pritok Bregane je Breganica čija duljina iznosi 9,71 km. Dio porječja se nalazi unutar granica Parka prirode Žumberak-Samoborsko gorje. Prostor porječja je rijetko naseljen, a s obzirom da je u naseljima zapadnije od Grdanjca pretežno (gotovo samo) starije stanovništvo, daljnji pad broja stanovnika je neizbježan. Svega 12 naselja ima više od 70 stanovnika, uglavnom u istočnom dijelu porječja (prikazana su na sl. 1). Koncentracija stanovništva je na sjeveroistoku porječja gdje se nalaze naselja s više od 100 stanovnika. S hrvatske strane rijeke Bregane to su naselja (broj stanovnika 2011. godine): Bregana (2440), Grdanjci (307), Noršić Selo (135), Vratnik Samoborski (108),

a sa slovenske (broj stanovnika 2021. godine): Nova vas pri Mokricah (213), Slovenska vas (216), Obrežje (369), Brezje v Veliki Dolini (100) (DZS, 2011; SURS, 2021).



Sl. 1. Pregledna karta porječja Bregane  
Kartografska podloga: Copernicus, 2016; OpenStreetMap

## 1.2. Cilj rada i metodološki okvir

Cilj rada je utvrditi utjecajne elemente na režim otjecanja te posebno analizirati protočne režime na tri aktivne postaje u porječju Bregane i utvrditi promjene usporedbom niza podataka o protocima iz dva zadnja dvadesetogodišnja razdoblja, zaključno s 2020. godinom te istražiti jesu li te promjene povezane s promjenama u raspodjeli i vrsti padalina i temperaturi zraka prema podacima s odgovarajućih postaja prizemnog meteorološkog motrenja. Osnovna hipoteza je da je došlo do promjena u protočnim režimima te da su djelom uvjetovane klimatskim elementima.

U istraživanju su korištene kabinetske i terenske metode istraživanja. Nakon prikupljanja literature i podataka, uslijedila je njihova analiza i interpretacija te obilazak terena.

Digitalni model reljefa (DEM) rezolucije 25x25 metara preuzet je s internetske stranice Copernicus (2016). Na temelju DEM-a u softeru QGIS 3.16.10 dobiveno je porječje Bregane koje je po potrebi ispravljeno prema topografskoj karti 1: 25 000. Pojedine dostupne karte su georeferencirane. Dobiveni statistički podaci (udjeli u površini) izračunati su u Microsoft Excelu te su po potrebi grafički prikazani. U Microsoft Excelu su obrađeni i podaci DHMZ o padalinama, temperaturama i protocima te grafički prikazani na odgovarajućim dijagramima. Meteorološki podaci odnose se na padaline i temperature zraka na klimatološkoj postaji Samobor za razdoblje 1981. – 2020. te padaline na kišomjernoj postaji Rude za razdoblje 1991. – 2020. i kišomjernoj postaji Mrzlo Polje Žumberačko za razdoblje 1981. – 2020. Hidrološki podaci odnose se na postaju Bregana remont (na Bregani) za razdoblje 1970. – 2020., i postaje Koretići (na Bregani) i Svinjarevići (na Breganici) za razdoblje 1981. – 2020. Za analizu zemljišnog pokrova korištena je baza podataka Corine Land Cover, a za promjene toka rijeke uspoređeni su podaci današnje topografske karte 1: 25 000 s podacima topografske karte Austro-Ugarske Monarhije 1: 75 000 dostupne na stranici Arcanum Maps. Antropogeni utjecaji u koritu Bregane registrirani su terenskim izlaskom.

### **1.3. Prethodna istraživanja**

Općenito nedostaje hidroloških radova o istraživanom području. Ističe se rad o hidrološkim ekstremima i povratnim periodima tokova porječja Bregane o čemu su pisali Ivezić, Filipan i Kadić (2019). Problematikom ekstrema i poplava, odnosno mogućnostima zaštite od štetnog djelovanja visokih voda bavilo se osam institucija iz Slovenije i Hrvatske unutar projekta Flood Risk Slovenia-Croatia Operations (FISCO). Projekt se provodio od 2016. do 2019. godine s ciljem zajedničkog i usklađenog planiranja mjera obrane od poplave i smanjena rizika od šteta u slučaju istih, poboljšanja usklađenosti prekograničnog upravljanja rizicima te zajedničkog određivanja optimalnih strukturnih mjera.

Od geografskih radova koji se u većoj mjeri dotiču istraživanog područja najviše je onih fizičkogeografskih, posebno geomorfoloških. Povezano s tekućicama u istraživanom području, na Geografskom odsjeku PMF-a SuZ obranjen je jedan diplomski rad o geomorfologiji doline Breganice (Matanić, 1998) pod mentorstvom A. Bognara. Od znanstvenih radova Dujmović i Bognar (1995) pišu o morfostrukturnim značajkama Samoborskog gorja u radu „Temeljne strukturnomorfološke značajke sjeveroistočnog dijela masiva Žumberačke gore (Samoborsko gorje)“. Dujmović je potom 2007. objavio znanstvenu monografiju o fizičkogeografskim

obilježjima Samoborskog gorja u kojima je kratko pisao i o tekućicama istraživanog područja te s Bognarom i Pahernikom iste godine objavljuje i geomorfološku kartu Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja (Dujmović i dr., 2007). Buzjak 2002. godine iznosi rezultate istraživanja i analizu značajki jama i spilja od kojih se nekolicina nalazi unutar porječja (Buzjak 2002). U znanstvenoj knjizi „Samobor, zemljopisno-povijesna monografija“ (Buzjak i dr., 2011) više autora je objavilo pregled prirodno-geografskih i društveno-geografskih obilježja šireg Samoborskog kraja.

Od ostalih relevantnih radova neizostavne su geološke karte (listovi Zagreb i Novo Mesto 1:100 000) s pripadajućim tumačima (Pleničar i dr., 1977; Šikić i dr., 1979) kao i hidrogeološka karta (list Zagreb 1:100 000) s pripadajućim tumačem (Brkić i Čakarun, 1998). Na istraživano područje dijelom se odnosi doktorska disertacija o hidrogeološkim značajkama parka prirode Žumberak - Samoborsko gorje (Vujnović, 2010) obranjena na RGN-u SuZ pod mentorstvom D. Mayera.

## **2. Hidrogeološki uvjeti otjecanja**

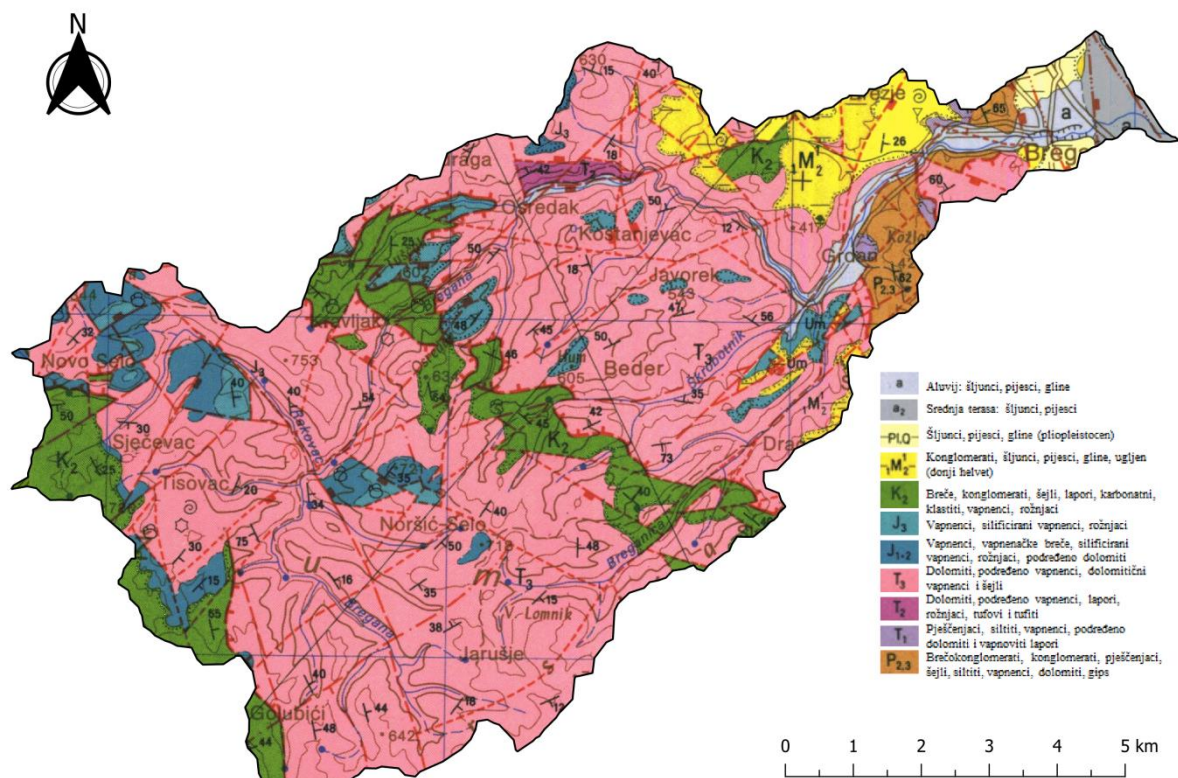
### **2.1. Geološka obilježja**

Geološka građa opisana je s pomoću geoloških karata mjerila 1:100 000 i pripadajućih tumača za listove Zagreb L33-80 (Šikić i dr., 1979) i Novo Mesto L33-79 (Pleničar i dr., 1977). Listovi su georeferencirani (sl. 2).

Područje porječja ima složenu geološku građu, obuhvaća litostratigrafske jedinice od perma do kvartara. Najstarije stijene pripadaju srednjem i gornjem permu. Nalaze se u izlomljenom pojasu od Mokrica (Slovenija) do Kožlaka. Litološki su najzastupljeniji pješčenjaci s prijelazima u kvarcne konglomerate i brečokonglomerate, dok su šejli i siltiti kao ulošci i proslojci unutar pješčenjaka.

Od mezozojskih stijena najzastupljeniji su sedimenti iz trijasa, koji su ujedno i najzastupljeniji u porječju. Donjotrijaski sedimenti nalaze se u manjim površinama kod Grdanjca i istočno od Kožlaka. U sastavu sedimenata prisutni su pješčenjaci, siltiti, vapnenci, dolomiti i vapnoviti lapori. Naslaga srednetrijasne starosti nalazi se između Gabrovice i Stojdrage. U sastavu stijena najzastupljeniji je dolomit. Gornjotrijaske naslage najrasprostranjenije su u području porječja. Protežu se od Ponikvi (Slovenija) na sjeveroistoku

do Golubića na jugozapadu, uz prekid u središnjem dijelu porječja gdje se nalazi pojas kredskih naslaga u smjeru sjeverozapad – jugoistok te manjih lokaliteta jurskih naslaga i, prije spomenute, srednjetrijaske naslage. U sastavu gornjotrijaskih naslaga, najznačajniji su dolomiti.



Sl. 2. Geološka građa porječja Bregane  
Izvor: Pleničar i dr., 1976; Šikić i dr., 1978

Jurske naslage lijasa i dogera nalaze se na području naselja Šimrak, Noršič Sela, Sičevca i Novog Sela, gdje su naslage predstavljene plitkovodnim karbonatnim sedimentima. Za najstariji dio karakteristični su sivi dobro uslojeni dolomiti, dolomitni vapnenci i vapnenci. Dva procesa koja obilježavaju lijasku i dogersku naslage su dolomitizacija vapnenaca i potpuna ili djelomična silifikacija vapnenačkih stijena. U malmu su taloženi pelagički sedimenti te su česte pojave rošnjaka koji su nastali silifikacijom vapnenačkih stijena. Tektonsko-erozivni ostaci naslaga nalaze se duž navlačnog kontakta na grebenima Osredek i Tuščak te u dolini između Tuščaka i Stojdrage.

Naslage gornje krede nalaze se u pojasevima smjera sjeverozapad – jugoistok od naselja Bratelji do Golubići u zapadnom dijelu porječja i od naselja Kravljak do Slanog Dola u središnjem dijelu porječja. Još jedan manji lokalitet nalazi se kod sela Ponikve (Slovenija). Bazalne breče i konglomerati nastali su pretaložavanjem stijena neposredne podloge –

dolomita, vapnenaca i rožnjaka. Iznad bazalnog dijela slijedi debela serija flišnih sedimenata u kojoj prevladavaju vapnoviti i glinoviti lapori, šejli i rožnjaci.

Tercijarne naslage miocena (helveta) nalaze se zapadno od naselja Ponikve, kod naselja Brezje (Slovenija) te u širem području Grdanjaca. Bazu naslaga čine konglomerati i brečokonglomerati s valuticama starijih stijena. Nesortirani konglomerati se raspadaju u šljunak zbog slabe vezanosti. Ugljen kod Grdanjaca je helvetske starosti.

Naslage levanta u području porječja nalaze se kod naselja Bregana. Naslage su slatkovodni fluvijalno-jezerski sedimenti izgrađeni od šljunaka, pijeska i glina u međusobnoj izmjeni.

Kvartarne naslage vezane su uz aluvijalni nanos podijeljen u nanos Save i potočni nanos. Viša savska terasa razvijena je od Bregane do Sv. Nedelje. U sastavu se izmjenjuju krupnozorni šljunak i pijesak. Recentni nanos Save čine sedimenti uz Savu koji se plave za vrijeme višeg vodostaja. U nanosu prevladava krupnozorni pijesak, dok je šljunak slabije zastupljen. Naslage potočnog aluvija izdvajaju se u većim dolinama Bregane, Breganice i Škrobotnika. Sastoje se od šljunka i pijeska.

## **2.2. Hidrogeološka obilježja**

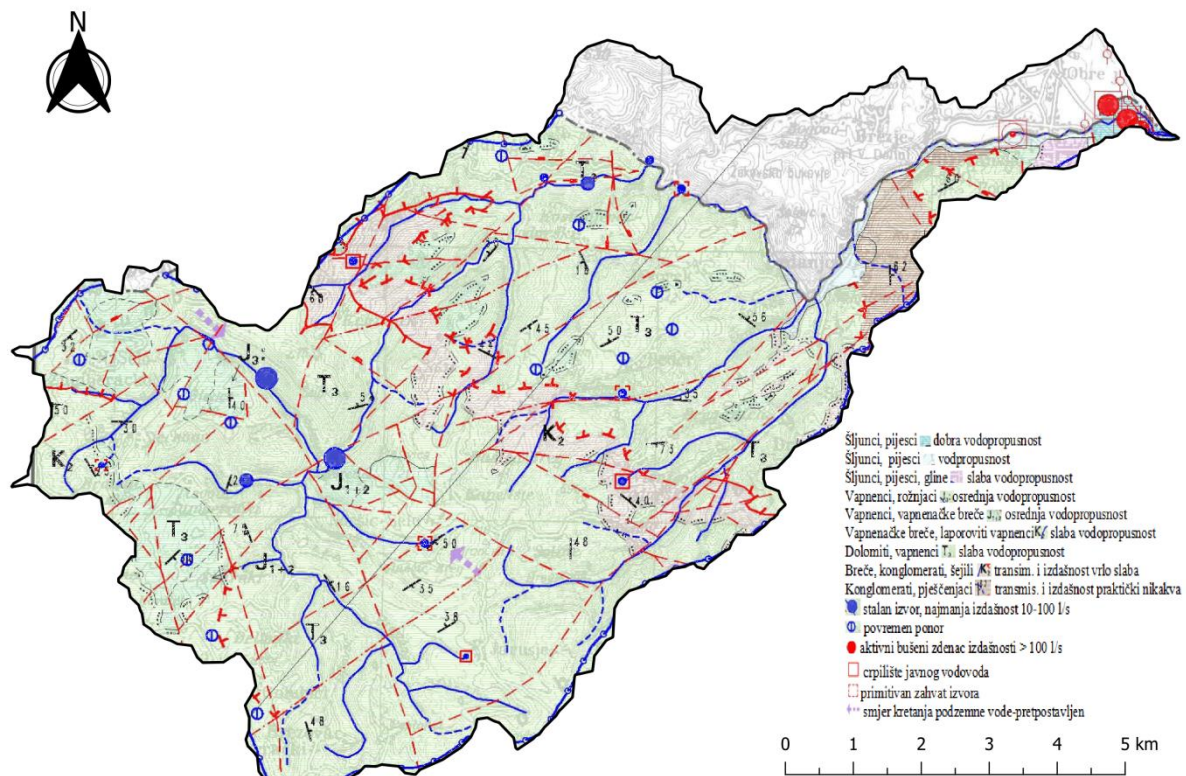
Hidrogeološka obilježja opisana su s pomoću Osnovne hidrogeološke karte Republike Hrvatske 1:100.000, List Zagreb te pripadajućeg tumača (Brkić i Čakarun, 1998). List je georeferenciran (sl. 3)

Prema geografskim, geomorfološkim i podzemno-vodnim obilježjima, područje obuhvaćeno listom Zagreb, pripada dvjema hidrološkim regijama: panonskoj i unutrašnjoj regiji (Brkić i Čakarun, 1998; prema Miletić, 1969; Šarin i dr., 1976, 1980). Istočni dio Žumberka i Samoborsko gorje pripadaju unutrašnjoj regiji koja geomorfološki pripada Unutrašnjim Dinaridima.

Na području porječja prevladavaju karbonatne stijene (dolomiti i vapnenci) mezozojske starosti. Karbonatne stijene su stijene pukotinske poroznosti čiji stupanj propusnosti i okršenosti ovisi o intenzitetu tektonskih oštećenja i prodoru padalinskih voda u podzemlje. Najrasprostranjeniji litološki član su dolomiti. Okršeni su i predstavljaju kolektor padalinskih voda koje poniru u podzemlje, premda najveći dio padalina otječe površinski te je zbog njih razvijena površinska mreža otjecanja. Poniranje vode u podzemlje izraženije je u područjima izgrađenim od okršenih gornjokrednih vapnenačkih breča (od Novog Sela do Sv. Jane) i na



površinama izgrađenim od jurskih vapnenaca. To područje ima karakteristike krša i sadrži veći broj ponikvi i špilja (Brkić i Čakarun, 1998).



Sl. 3. Hidrogeološka obilježja porječja Bregane  
 Izvor: Brkić i Čakarun, 1998

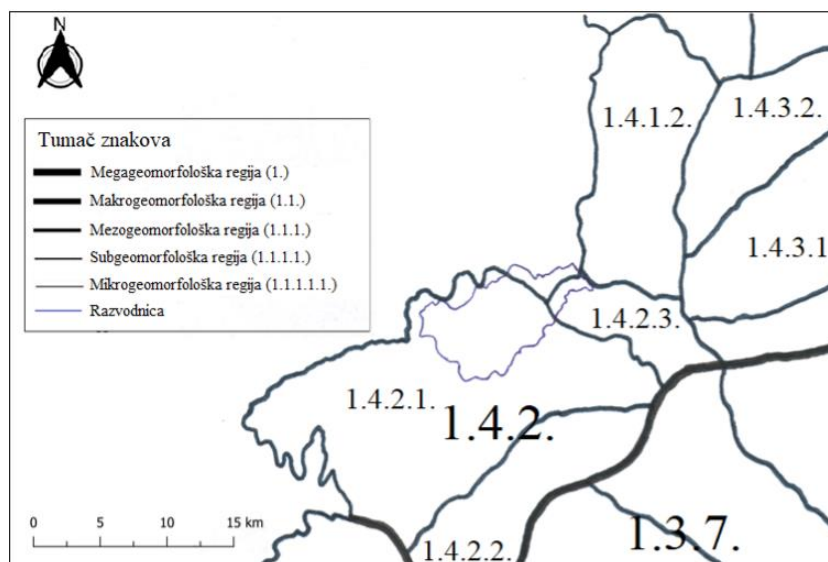
Rijeka Bregana formira se u središnjem dijelu Žumberka iz više cijednih izvora u dolomitima. Na oko 5 km nizvodno od izvorišta, počinje značajnije napajanje podzemnom vodom. Na tom je dijelu Bregana duboko usječena u trijasku dolomite. Također, na tom se dijelu pojavljuju veći izvori Tisovac, Rakovac i Koretić. Minimalna izdašnost izvora Tisovac iznosi oko 6 l/s, a maksimalna oko 20 l/s. Izvoru Rakovac, zbog veće slijevne površine i pojave lokalnog poniranja unutar korita potoka, minimalna izdašnost iznosi oko 11 l/s, a maksimalna prelazi 70 l/s. Najveći izvor je Koretić koji drenira zaravan Noršići, minimalna izdašnost iznosi oko 16 l/s, a maksimalna preko 80 l/s. Nizvodno od Koretića više nema značajnih izvorišta, protok se postupno povećava ocjeđivanjem bokova (podatci prema Brkić i Čakarun, 1998).

U donjem toku Bregane potočni nanos lokalno je služio za korištenje podzemne vode (zdenci). Dokazano je kako debljine šljunkovito-pjeskovitih vodonosnika rijetko prelaze 2 m, međutim u donjem toku Bregane, u Savskoj nizini dokazan je aluvijalan nanos većeg prostiranja

i debljine. Tu se nalaze aktivni bušeni zdenci velike izdašnosti koji služe za vodooopskrbni sustav (Brkić i Čakarun, 1998).

### 3. Geomorfološka obilježja porječja

#### 3.1. Geomorfološka regionalizacija



Sl. 4. Geomorfološka regionalizacija porječja Bregane  
Izvor: Bognar, 2001

Prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001) istraživano područje pripada megamakrogeomorfološkoj regiji Panonski bazen (1.) Makrogeomorfološki pripada regiji Gorsko-zavalsko područje Sjeverozapadne Hrvatske (1.4.). Područje porječja najvećim se dijelom nalazi unutar mezogeomorfološke regije Gorski masiv Žumberačke gore s II predgorskom stepenicom (1.4.2.) unutar kojih pripada subgeomorfološkim regijama Gorski masiv Žumberačke gore (1.4.2.1.) i Samoborska zavala s nizinom Save (1.4.2.3.) (sl. 4).

Geomorfološki, porječje se nalazi u graničnom dijelu između dviju makrogeomorfoloških regija – Panonske zavale na istoku i Alpa na zapadu. Navedeno je izraženo u dinamici reljefa i morfostrukturnim i morfogenetskim obilježjima (Dujmović, 2007). U sklopu porječja razlikuju se tri orografska tipa reljefa – nizinski uz Savu, predgorski na rubovima Samoborskog gorja i najprostraniji gorski koji čini Žumberačka gora i Samoborsko gorje. Strukturno glavnina porječja tj. Žumberačka gora i Samoborsko gorje ulazi u kategoriju

denudacijsko-tektonski tip reljefa, i to u rasjedno-borani gromadni masiv mezozojskog nabiranja heterogenog tipa (Bognar, 1980). Samoborsko gorje pripada gromadnom gorskom uzvišenju kojemu je SZ dio strmiji, a JI položitiji i stupnjevit. Pretežno je vapnenačkog i dolomitnog sastava na kojemu prevladava krški i fluviokrški reljef (Dujmović, 2007).

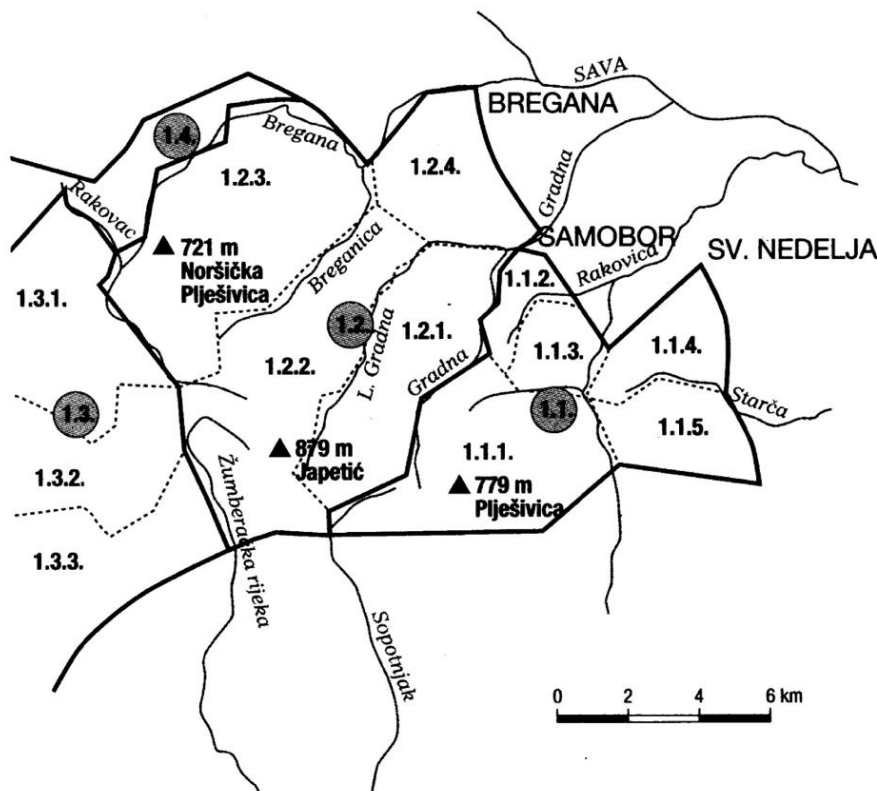
### **3.2. Morfostrukturna obilježja**

Na temelju strukturnogeomofoloških osobina, Žumberačka gora spada u tip denudacijsko-tektonskih morfostrukturna (Bognar, 1980; Dujmović, 2007). U tektonskom smislu predstavlja rasjedni blok koji je, morfostrukturno gledajući, heterogen, više puta remobiliziran i ekshumiran gromadni sredogorski masiv složene geološke građe i litološkog sastava (Dujmović i Bognar, 1995). Heterogena svojstva uvjetovana su složenošću tektonske strukture u kojoj se razlikuju autohton, koji je izgrađen od stijena taloženih između srednjeg perma i paleogena, i Žumberačko-medvedničke navlake izgrađene od naslaga trijasa, jure i krede, koje su tijekom savske orogene faze navučene na autohton (Šikić i dr., 1979; Dujmović i Bognar, 1995). Navlaka je mlađim tektonskim pokretima diferencirana na manje zasebne strukturne cjeline. U Žumberačkoj gori izražena je starija tektonika frakturne zone zapadne granice Panonskog bazena koja je preinačena mlađom dinarskom tektonikom utjecajem alpske tektonike. Zbog toga, postoje velike različitosti između pojedinih dijelova gorskog masiva (Dujmović i Bognar, 1995).

Po strukturno geomorfološkom položaju Žumberačka gora i (njezin SI dio) Samoborsko gorje, dio su strukturne geomorfološke cjeline zone unutarjih Dinarida. Strukturno-genetski, unutarjni Dinaridi su najstariji dio gorskog masiva Dinarida te stoga svaka od morfostrukturna ima kompleksni i često poligenetski razvoj (Dujmović i Bognar, 1995). Žumberačka gora strukturno-genetski predstavlja blokovsko-boranu navlačnu morfostrukturnu koja je ujedno diskonformna, što znači da nema podudarnosti između današnjeg oblika gorskog masiva i geološke građe. Navedeno je posljedica polifaznog geotektonskog i poligenetskog morfostrukturnog razvoja. Geotektonski, porječje je doživjelo višekratne izmjene tektonskog režima: geosinklinalnog tijekom karbona i perma, orogenetski u permu i ponovno geosinklinalni i orogenetski tijekom mezozoika i kenozoika. Tada je područje bilo uključeno u dinarsku geosinklinalu, a zatim u dinarski orogen. Dakle, tijekom geološke prošlosti došlo je do višestrukih izmjena predznaka tektonskih pokreta koji su rezultirali transgresijama i regresijama te morfostrukturno remobilizacijom i konačno ekshumacijom područja današnjeg

gorskog masiva. Tragovi ekshumacije vidljivi su u visoko izdignutim fragmentima neogenskih naslaga na trijaskoj i paleozojskoj podlozi te izbijanju paleozojskih naslaga u duboko usječnim potočnim dolinama (Dujmović i Bognar, 1995).

Gromadna morfostruktura Žumberačka gora razlomljena je u neogenskoj etapi na niz manjih blokovskih struktura. Blok Samoborskog gorja odvojen je od središnjeg bloka izrazitom frakturnom zonom, definiranom rasjedom smjera SSZ – JJI koji je reljefno obilježen dolinama Žumberačke rijeke, dolinom izvorišnog dijela toka Bregane i dijelom dolinom Rakovačkog potoka. U unutarnjoj strukturi Samoborskog gorja postoji niz međusobno manje ili više paralelnih do lučnih rasjeda pružanje SI – JZ. Navedeni rasjedi su, uz aktivne neotektonske pokrete, odredili i usmjerili intenzitet te usmjerenost egzomorfoloških procesa, pogotovo fluvijalne i padinske destruktivske procese koji su disecirali blok na niz hrptova i manjih brdskih uzvišenja (Dujmović i Bognar, 1995). Zbog toga je primjetan razvoj radijalnog ili centrifugalnog tipa riječne mreže s duboko usječnim dolinama izraženog „V“ presjeka (Buzjak, 2011). Svaka uzvisina predstavlja manju morfostrukturnu cjelinu (Dujmović i Bognar, 1995). Unutar porječja se mogu izdvojiti takve tri morfostrukturne cjeline (sl. 5; 1.2., 1.3. i 1.4.).



Sl. 5. Morfostrukturna podjela Samoborskog gorja (SI dijela Žumberačke gore)  
Izvor: Dujmović, 2007., str. 41

Gorska uzvisina – blok Japetić – Noršićka Plješivica (sl. 5; 1.2.) zauzima glavninu porječja. Odvojeno je od središnjeg dijela Žumberačke gore prije spomenutim rasjedom pravca SSZ-JJI uz koji su oblikovane duboko usječene doline rijeka. Rasjedni strmci koji se poklapaju s dolinskim stranama dosežu vrijednosti od 32 do 55°. Granica bloka je na JZ određena crtom Bregana – Žumberačka rijeka, na SZ rijekom Breganom do sutoka s potocima Škrobotnik i Breganicom, na JI između dolina Žumberačke rijeke i doline Sopotnjaka te zatim dolinom Sopotnjaka do sutoka Lipovečke i Rudarske Gradne. Od najvišeg grebena prema SI odvajaju se hrptovi pravca JZ-SI, koji su međusobno odijeljeni dolinama rijeka.

Česta laktasta skretanja dolina ukazuju na mikrotektonsku razlomljenost SI krila asimetričnog blok-uzvišenja japetičko-noršićke Plješivice. Navedeno dokazuje da je blok japetičko-noršićke Plješivice asimetrična uzvisina, SI dio je položitiji i duži, a JZ strmiji i kraći. Smjer otjecanja glavnih tokova poklapa se s glavnim rasjedima koji su blok morfostrukturu razdijelili na četiri manje cjeline (sl. 5), od kojih tri imaju uglavnom osobine hrptova: hrbat blok Lovnika između Breganice i Lipovačke Gradne (1.2.2.), hrbat blok noršićke Plješivice između Bregane i Breganice (1.2.3.), diseciran brojnim manjim dolinama kao posljedica intenzivnog mlađeg izdizanja, hrbat blok Oštrc-Črnc (1.2.1.), koji se ne nalazi unutar granica porječja, te cjelina asimetričnog brdskog bloka Vrhovščak između Bregane nakon ušća Breganice i Lipovačke Gradne i Gradne (1.2.4.), koji je od ostalog dijela odvojen rasjedom pravca JZ – JI, a od Samoborske zavale rasjedno uvjetovanim padinama istog pravca pružanja (Dujmović, 2007).

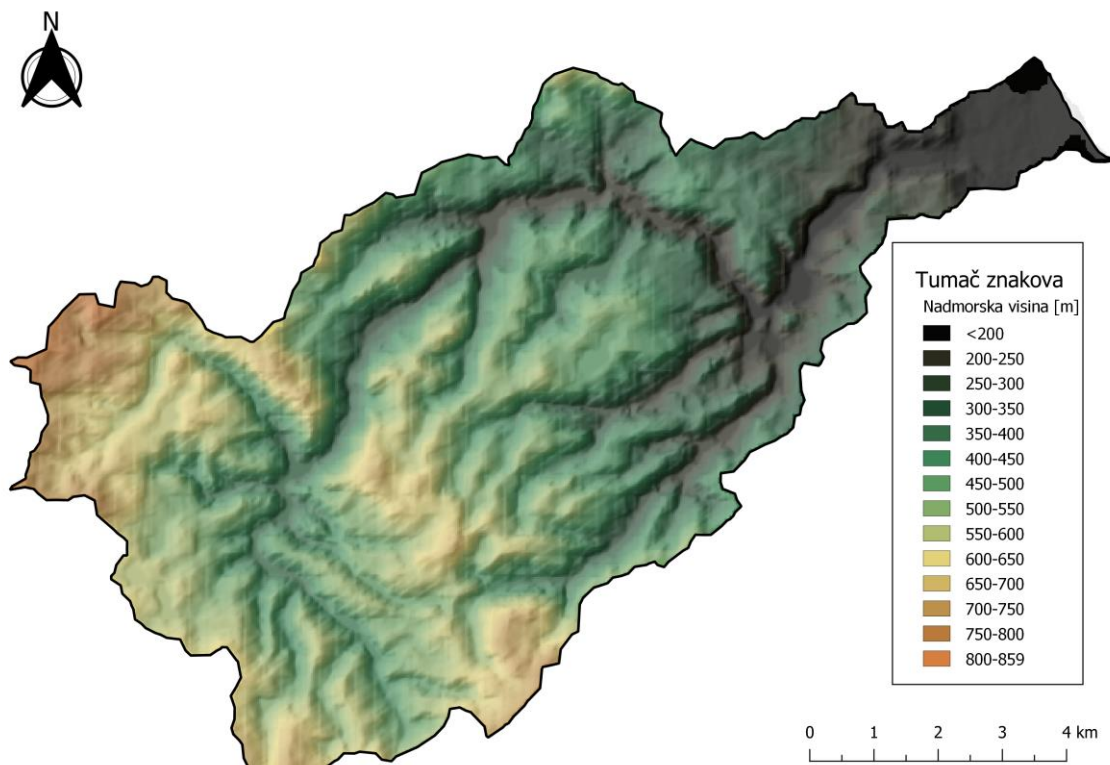
Preostale dvije morfostrukture: gorska uzvisina-blok središnjeg dijela Žumberačke gore (sl. 5; 1.3.) i gorska uzvisina-blok SI dijela gorskog masiva Gorjanaca (sl. 5; 1.4.) samo krajnjim dijelovima ulaze u granice porječja, s obzirom da su tokovi porječja Bregane, te sama Bregana, granice morfostrukture.

### **3.3. Morfometrijska obilježja**

Morfometrija je skup kvantitativnih metoda i postupaka pri analizi reljefa. Za izvor podataka korišten je digitalni model reljefa prostorne rezolucije 25 metara, a analiza je provedena u softeru QGIS 3.16.10. Prikazane su hipsometrija i hipsografska krivulja, nagibi i vertikalna raščlanjenost.

### 3.3.1. Hipsometrijska obilježja

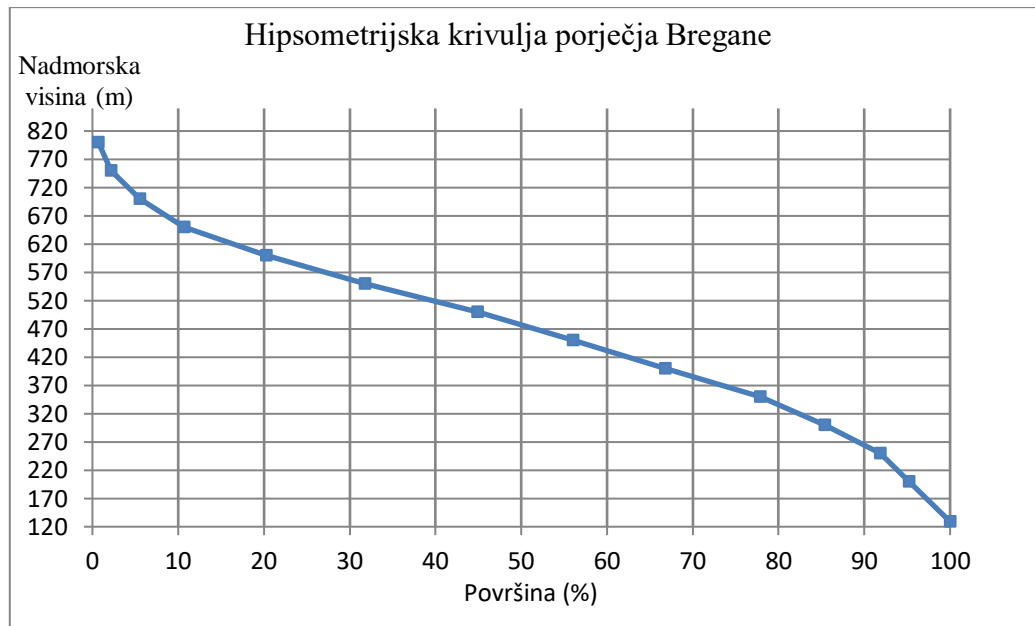
Hipsometrija je analiza visinskih značajki reljefa. Provedena je kategorizacijom visinskih razreda na temelju digitalnog modela reljefa (sl. 6). Hipsometrijska krivulja opisuje razdiobu površina u porječju u odnosu na razdiobu visina u istom, tj. opisuje relativan odnos između površina iznad ili ispod neke točke na određenoj nadmorskoj visini unutar porječja (sl. 7) (Tomljenović i Matoš, n.d.).



Sl. 6. Hipsometrijska obilježja porječja Bregane  
Izvor: vlastita GIS analiza; DEM: Copernicus, 2016

Najniža visina u porječju je ušće Bregane u Savu na 129,37 m, a najviša vrh Ravnice na 858,62 m, dok prosječna visina iznosi 469,37 m. Visinski razred do 200 metara vezan je uz nizinu Save. Udio visine u ukupnoj površini porječja do 200 m iznosi 4,80 %. Razred između 200 i 300 metara obuhvaća predgorske stepenice Samoborskog gorja i zauzima 9,8 % površine. Visinski razred od 300 do 400 metara prostire se na području između rijeka Bregane i Gradne (jugoistočne granice porječja) i zauzima površinu od 18,62 %. Razred od 400 do 500 metara sa zastupljenošću 21,87 % i razred od 500 do 600 metara sa zastupljenošću 24,63 %, najzastupljeniji su u porječju. Visinski razredi 600 – 700 i 700–800 metara obuhvaćaju blokove

i grebene Samoborskog gorja. Udjel visinskog razreda 600–700 metara iznosi 14,73 %, a razreda 700–800 metara 4,86 %. Iznad 800 metara nalazi se 0,69 % površine. Najviši dijelovi nalaze se na zapadu porječja.



Sl. 7. Hipsometrijska krivulja porječja Bregane  
Izvor: vlastita GIS analiza; DEM: Copernicus, 2016

### 3.3.2. Nagib padina

Nagib padina definiran je kutom koji zatvara površina terena s vodoravnom ravninom. Nagib padina u lokalnim okvirima (od metarskog do kilometarskog područja) predstavlja neposrednu posljedicu djelovanja egzogenih geomorfoloških procesa. Dobiveni podaci mogu poslužiti za određivanje intenziteta denudacije, odnosno akumulacije materijala. Nagib padina u regionalnim okvirima (područja od nekoliko desetina do nekoliko stotina km<sup>2</sup>) predstavlja pokazatelj djelovanja endogenih, morfostrukturnih procesa, odnosno najmlađe tektonske aktivnosti Zemljine kore (Marković, 1983; Lozić, 1996). Prema Međunarodnoj geomorfološkoj uniji, postoji šest klasa nagiba. Svaka klasa ima naziv nagnute površine i dominantne geomorfološke procese koji se zbivaju unutar nje.

Tab. 1. Nagib padina i udio pojedinih klasa u ukupnoj površini porječja

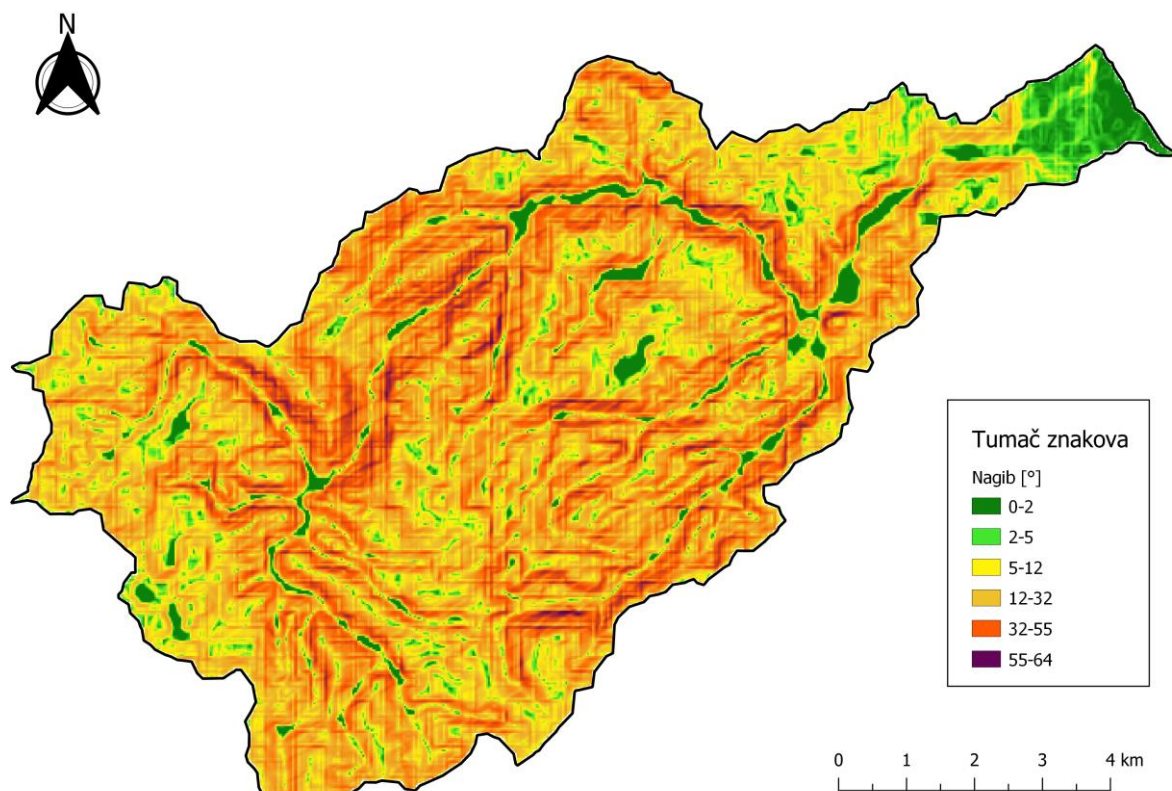
Nagib (°)	Udio u ukupnoj površini porječja (%)
0-2	6,46
2-5	7,87
5-12	26,59
12-32	50,05
32-55	8,98
> 55	0,06

Izvor: vlastita GIS analiza; DEM: Copernicus, 2016

Prva klasa nagiba od 0 do 2° su ravnice. U ovoj klasi kretanje masa nije vidljivo. U području porječja pojavljuje se ponajviše u prisavskoj naplavnoj ravnici i terasi te u dolinskim proširenjima, manje na mjestimičnim malim visoravnima, a zauzima 6,46 % površine porječja (tab. 1, sl. 8). Druga klasa nagiba od 2 do 5° su blago nagnuti tereni koje obilježava blago spiranje. U porječju se pojavljuju na zaravnjenim vršnim područjima, na dnu većih uvala i ponikava te na kontaktu proluvijanih plavina. Druga klasa zauzima 7,87 % površine porječja. Treća klasa je od 5 do 12°. To su nagnuti tereni koje obilježava pojačano spiranje i kretanje masa. Nalaze se u širokim pojasevima vršnih dijelova gorja, a zauzimaju 26,59 % površine. Četvrta klasa od 12 do 32° su jako nagnuti tereni koje obilježava snažna erozija i spiranje. Nagibi ove klase su najzastupljeniji u porječju, zauzimaju 50,05 % površine. Karakteristični su za strane uvala, udolina i jaruga. Peta kategorija od 32 do 55° je vrlo strm teren na kojem dominira destrukcija. Nagibi pete klase obilježje su rasjedno preduvjetovanih dolinskih strana Bregane, Breganice (dolinske strane u najvećem dijelu su u ovoj kategoriji), Rakovca i drugih manjih tokova (Dujmović, 2007). Peta klasa zauzima 8,98 % površine. Šesta klasa su nagibi preko 55°. To su strmci i litice na kojima dominira urušavanje. Najveći nagib u porječju je 63,09°. Nagibi preko 55° zauzimaju 0,06 % površine porječja, a nalaze se u dolinama Bregane i Škrobotnika.

Hispometrijska krivulja i posebno zastupljenost jako nagnutih terena govore u prilog razmjerno brzom evakuaciji voda u otjecanju, što je dodatno olakšano razmjerno gustom mrežom tekućica. Takva situacija pogoduje bujičenju i povremenim poplavama u području porječja Bregane.





Sl. 8. Nagib padina  
Izvor: vlastita GIS analiza; DEM: Copernicus, 2016

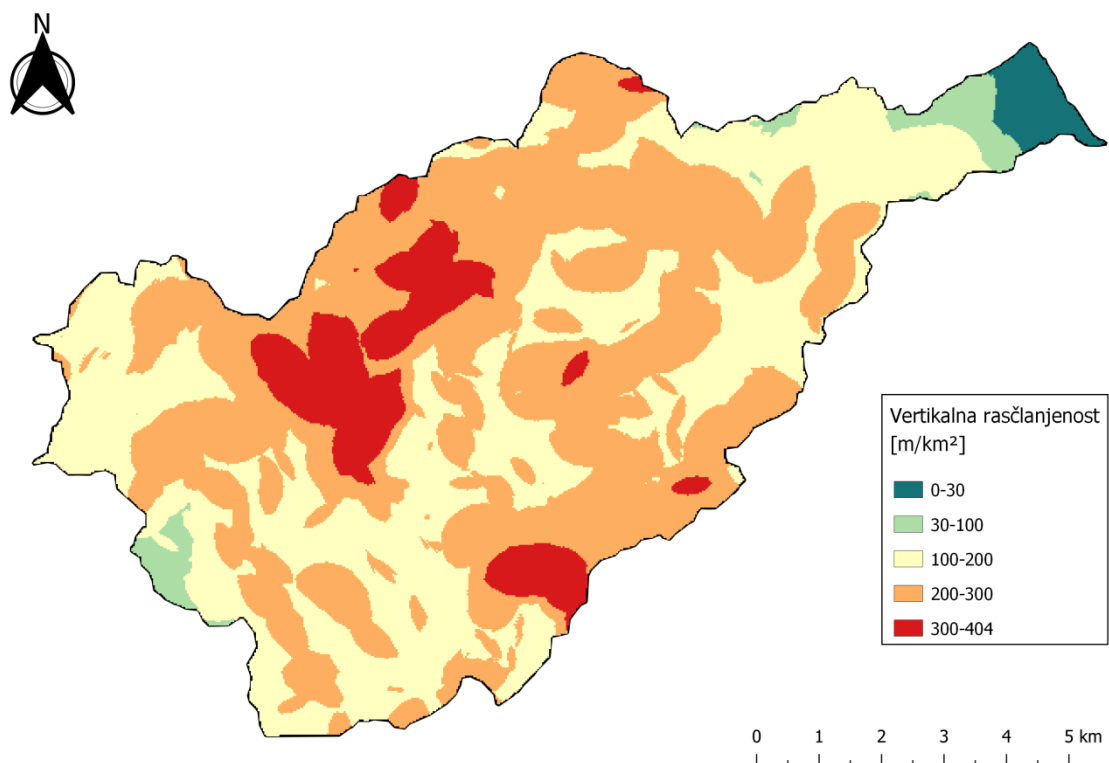
### 3.3.3. Vertikalna raščlanjenost reljefa

Vertikalna raščlanjenost reljefa je visinska razlika između najviše i najniže točke u jediničnoj površini. Najčešće se za jediničnu površinu uzima  $\text{km}^2$ .

Lokalno su vrijednosti vertikalne raščlanjenosti uvjetovane intenzitetom egzogenih procesa, a regionalno su odraz najmlađih tektonskih pokreta, tj. njihovog utjecaja na oblikovanje reljefa (Bočić i dr., 2018). Područja s većim vrijednostima vertikalne raščlanjenosti su područja u kojima je pojačana tektonska aktivnost, posebno izdizanje te je pojačana denudacija i usijecanje. Područja s manjim vrijednostima vertikalne raščlanjenosti su tektonski mirnija ili su u procesu tektonskog spuštanja i imaju izražene akumulacijske procese.

U geomorfološkoj klasifikaciji vertikalne raščlanjenosti obično se izdvaja šest kategorija (Bognar, 1992; Lozić, 1995). Prva kategorija je  $0\text{-}5 \text{ m}/\text{km}^2$  i to je zaravnjen reljef. S obzirom da je GIS analizom Copernicus digitalnog modela reljefa  $25 \times 25 \text{ m}$  najmanja dobivena

vrijednost u porječju  $7,98 \text{ m/km}^2$ , te kategorije nema, što je očekivano s obzirom na razmjerno grubu rezoluciju modela. Kategorija  $5\text{-}30 \text{ m/km}^2$  su slabo raščlanjene ravnice. One u porječju zauzimaju  $1,80 \%$  i vezane su uz naplavne ravni (tab. 2, sl. 9). Iduća kategorija je  $30\text{-}100 \text{ m/km}^2$ , što označava slabo raščlanjen reljef. Udio slabo raščlanjenog reljefa u ukupnoj površini iznosi  $2,61 \%$  i vezan je uz Samoborsku zavalu. Iduća kategorija je  $100\text{-}300 \text{ m/km}^2$  što je umjereno raščlanjen reljef. S obzirom da bi u kategoriji  $100\text{-}300 \text{ m/km}^2$  udio u ukupnoj površini porječja iznosio  $86,88 \%$ , kategorija je podijeljena na podkategorije -  $100\text{-}200$  i  $200\text{-}300 \text{ m/km}^2$ . Udio podkategorije  $100\text{-}200 \text{ m/km}^2$  u ukupnoj površini iznosi  $37,97 \%$ , a podkategorije  $200\text{-}300 \text{ m/km}^2$   $48,91 \%$ . Vezane su uz strme dolinske strane tokova. Kategorija  $300\text{-}800 \text{ m/km}^2$  označuje izrazito raščlanjen reljef. U porječju najveća vrijednost vertikalne raščlanjenosti iznosi  $403,83 \text{ m/km}^2$ , pa je u ovom slučaju razred modificiran u vrijednosti  $300\text{-}404 \text{ m/km}^2$ . Ta kategorija je vezana uz najviše uzvisine. Još jedna kategorija vertikalne raščlanjenosti reljefa je preko  $800 \text{ m/km}^2$  što je vrlo izrazito raščlanjen reljef, ali prema GIS analizi korištenog modela Copernicus takvih vrijednosti unutar porječja nema.



Sl. 9. Vertikalna raščlanjenost reljefa

Izvor: vlastita GIS analiza; DEM: Copernicus, 2016

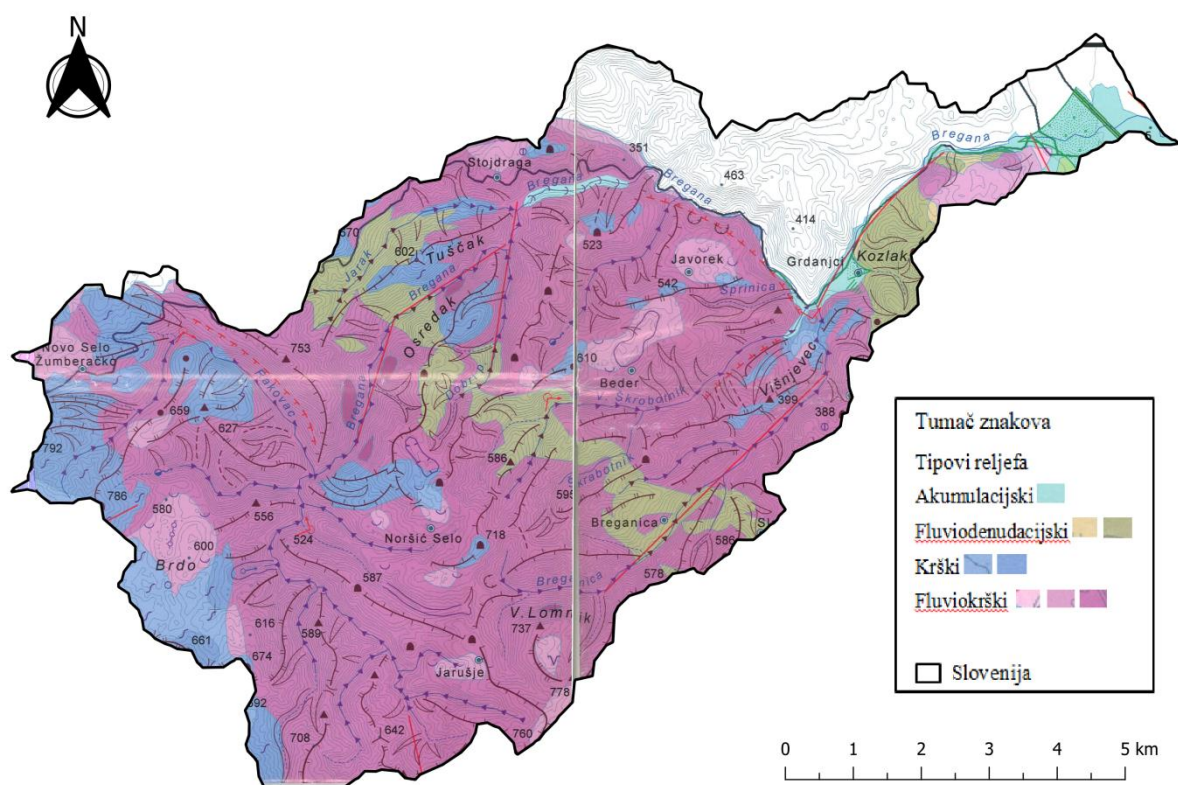
Tab. 2. Vertikalna raščlanjenost reljefa i udio kategorija u ukupnoj površini

Vertikalna raščlanjenost reljefa m/km <sup>2</sup>	Udio u ukupnoj površini porječja (%)
0-30	1,80
30-100	2,61
100-200	37,97
200-300	48,91
300-404	8,70

Izvor: vlastita GIS analiza; DEM: Copernicus, 2016

### 3.4. Egzogeomorfološka obilježja (morfogenetski tipovi reljefa)

Unutar porječja izmjenjuju se akumulacijski (fluvijalni i padinski), fluviudenudacijski, krški i fluviokrški reljef (Dujmović, 2007). Glavni morfološki procesi koji utječu na oblikovanje reljefa, utjecali su na veći razvoj fluviokrškog reljefa (sl. 10). Dio porječja koji je u Sloveniji, nije istražen te je prikazan bijelom bojom. Standardnim bojama prikazan je tip reljefa, a nijansama nagib. U prethodnom potpoglavlju je rečeno da su najzastupljeniji nagibi 12-32°, a vidljivo je na karti da je to fluviokrš nagiba 12-32° (tamnoružičasta boja).



Sl. 10. Tipovi reljefa u porječju Bregane

Izvor: Dujmović i dr., 2007

Fluviokrški oblici nastaju kombinacijom korozije stijena i njihove erozije vodenim tokovima. Razvijeni su endokrški reljefni oblici - jame, spilje, ponori i krška vrela, i egzogeni oblici krša - ponikve, uvale i suhe doline (Dujmović, 2007). U podlozi se nalaze slabije propusne naslage srednjeg i gornjeg trijasa (dolomiti), a odvija se okršavanje i egzogeno modeliranje površine (Buzjak, 2002). Razvijena je površinska mreža tekućica koja je tektonski predisponirana duboko usječenim uskim dolinama. Stjenovite površine su rjeđe, ocrt površine je zaobljeniji, sloj tla je deblji, a prevladava pokriveni krš (Buzjak, 2002). Polupokriveni i pokriveni krš sačuvao je dijelom autohtonu vegetaciju (šume), što sprečava deraziju (Dujmović, 2007). U istraživanom području izdvajaju se dva veća i jedno manje područje prekrivenog krša. Jedno područje se proteže na zaravnjenim višim dijelovima Samoborskog gorja, na 300-600 m nadmorske visine između rijeka Veliki Škrobotnik i Dobar potok. Područje je raščlanjeno Velikom dragom. Tu se nalaze naselja Kostanjevec Podvrški, Beder i Javorek (Dujmović, 2007). Drugo područje pokrivenog krša se nalazi između Šipačkog Brega i Noršićke Plješivice (pravac JI-SZ). Osnovni fluviookrški nivo, visine 550-900 m, diseciran je erozijskim i derazijskim dolinama tokova pritoke Bregane (Glušćičkim i Noršićkim jarkom, Breganicom). Na tom zaravnjenom fluviookrškom području nalaze se najviša naselja Samoborskog gorja: Jarušje, Noršić Selo, Glušćića Breg, Šipački Breg, Dragonoš (Dujmović, 2007). Treće, manje područje je područje Ponikve zapadno od naselja Bregana (sl. 11).



Sl. 11. Područje Ponikve zapadno od Bregane (snimila V. Curman, 07.11.2021.)



Sl. 12. Vilinske jame u dolini Breganice; lijevo: stijene iznad ulaza, desno: ulaz u spilju (snimila V. Curman, 09.10.2021.). Spilja je nastala u sedri koju je u prošlosti taložio prtok Bregane iz smjera zaselka Tušini. S obzirom da je došlo do premještanja korita, sedra se više ne taloži i u stanju je raspadanja. Navedeno je naročito izraženo na stijenama iznad ulaza gdje je najjače djelovanje atmosferskih uvjeta i vegetacije koja korijenjem pospješuje trošenje. Spilja je za vrijeme hidrološki aktivne faze bila plavljena, a danas je uglavnom bez vode. Prokapnica se u većim količinama javlja samo nakon kiše i topljenja snijega (Buzjak, 2002).

U podlozi krškog reljefa su dobro propusne naslage krednog vapnenca i breče promjenjive propusnosti. Nalaze se najviše rubno na SZ, Z i JZ porječja te u fragmentima u središnjem dijelu porječja. Prostor ima svojstva tipična za Dinarski krški reljef – krške reljefne oblike (ponikve, jame, spilje), bezvodnu površinu, razgranatu podzemnu cirkulaciju vode i tanak sloj tla (Buzjak, 2002). Na području se izmjenjuju dijelovi sa stjenovitom površinom i dijelovi pokrivenog krša. Okršavanje je najintenzivnije na površinama visoravni (Buzjak, 2002).

Fluviodenudacijski reljef vezan je za propusne naslage krednog i permskog vapnenca i breča promjenjive propusnosti. Takvo veće područje nalazi se u središnjem dijelu porječja, pravca SZ-JI te na sjeveroistoku kod brda Kožjak. Fluviodenudacijski procesi obuhvaćaju linearnu eroziju tekućica u kombinaciji s padinskim procesima na dolinskim stranama (Bočić i dr., 2018). Dominantni padinski procesi su jaruženje i spiranje (Bočić i dr., 2018). Najčešći fluviodenudacijski oblici su jaruge i doline tekućica. Jaruge su izdužena udubljenja nastala erozijom povremenog bujičnog toka, a doline su veća udubljenja nastala usijecanjem stalnog vodenog toka (Dujmović, 2007). Doline u porječju su najčešće V oblika. Nastale su iz jaruga, dolinske strane su strme i velikog nagiba te su obilježene snažnom erozijom koja transportira erodirani materijal i materijal padinskog podrijetla (Bočić i dr., 2018).

Akumulacijski reljef je najmanje zastupljen u porječju. Padinski se nalazi u dolinama velikih nagiba, a fluvijalni u prisavskoj ravnici i dolinskim proširenjima, tipično na Bregani kod

naselja Grdnjanci. Područja fluvijalnog reljefa obilježava pojačana akumulacija aluvijalnog materijala.

#### **4. Hidrometeorološki uvjeti otjecanja**

Za klimu Hrvatske važan je položaj u sjevernim umjerenim širinama. Najvažniji modifikatori klime su Jadransko more i šire Sredozemno more, Dinaridi sa svojim oblikom, nadmorskom visinom i položajem prema prevladavajućem strujanju, otvorenost sjeveroistočnih krajeva Panonskoj ravnici i raznolikost biljnog pokrova. Klima kontinentalne Hrvatske modificirana je utjecajem sa Sredozemlja, koji se južno od Save ističe jače nego sjevernije (Gajić-Čapka i Zaninović, 2008).

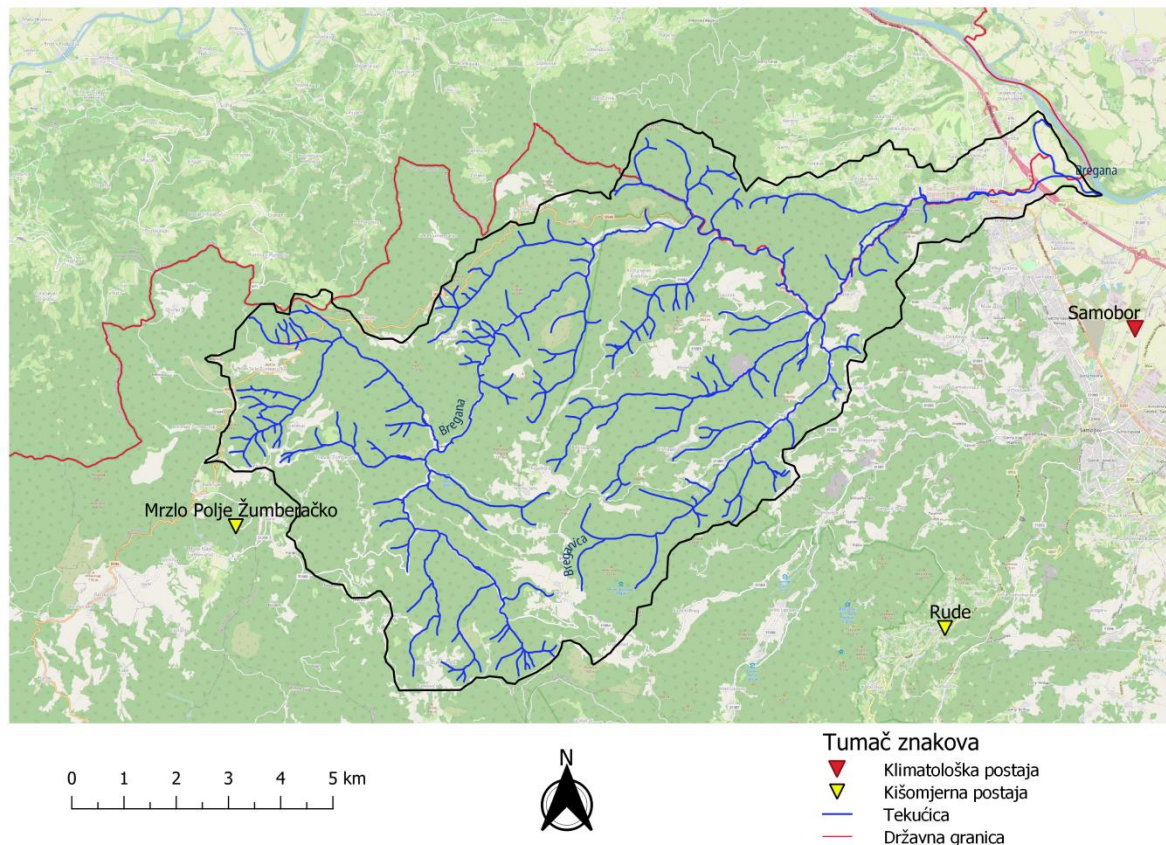
Područje porječja ima umjerenom toplu vlažnu klimu s toplim ljetom Cfb. Srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca je viša od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a niža od  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (oznaka C). Najtopliji mjesec u godini ima srednju temperaturu nižu od  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  (oznaka b), a više od četiri mjeseca imaju srednju mjesečnu temperaturu višu od  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Padaline su ravnomjerno raspoređene tijekom godine (oznaka f).

##### **4.1. Odabrane meteorološke postaje**

Unutar prostora porječja ne nalazi se ni jedna meteorološka postaja, zbog toga su u obzir za razmatranje klimatoloških obilježja uzete najbliže postaje (sl. 13).

Najbliža klimatološka postaja je Samobor. S obzirom da je ta klimatološka postaja u nizini (smještena na  $45^{\circ} 49' 09''$  s.g.š. i  $15^{\circ} 43' 12''$  i.g.d.), na 141 m nadmorske visine, te se nalazi istočno od gorskog područja Žumberka i Samoborskog gorja, u padalinskoj sjeni u odnosu na generalno zapadno strujanje, ona nije idealno reprezentativna u odnosu na porječje Bregane u cjelini. Naime, porječje Bregane je pretežno gorsko područje s 45 % površine porječja iznad 500 m n.v. i svega oko 5 % porječja ispod 200 m n.v. (sl. 7). Od drugih daljnjih klimatoloških postaja Šibice u dolini Save ne dolaze u obzir, no Sošice su, iako znatno dalje od razvodnice od Samobora, potencijalno reprezentativnija klimatološka postaja zbog svojeg položaja na Žumberačkoj gori ( $45^{\circ} 45' 0''$  s.g.š  $15^{\circ} 22' 56''$  i.g.d., na 520 m n.v.). Međutim, klimatološka postaja Sošice ipak nije mogla biti uzeta u obzir s obzirom da se količine padalina mjere tek od 1996., što znači prekratko za namjeru usporedbe s podacima protoka od 1981. do

2020. (zadnjih 40 godina). Osim toga, niz za mjesečne i godišnje količine padalina u Sošicama nije potpun, tako da u različitim mjesecima nedostaje od dva do sedam podataka mjesečnih količina padalina te nedostaje čak 13 od 24 podataka o godišnjoj količini padalina. Na toj postaji nedostadni su i nizovi za temperature zraka i broj dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm (tab. 3).



Sl. 13. Položaj odabranih meteoroloških postaja  
Kartografska podloga prema: Copernicus, 2016; OpenStreetMap; postaje DHMZ

Ostaje da je za potrebe ovoga razmatranja jedini izbor klimatološke postaje s dovoljno dugim i gotovo potpunim nizovima podataka za mjesečne i godišnje količine padalina klimatološka postaja Samobor. Prema podacima DHMZ-a raspolaže mjerenjima mjesečnih i godišnjih količina padalina od 1981. do 2019. godine, s tim da u različitim mjesecima nedostaje jedan do dva podatka mjesečnih količina padalina, odnosno nedostaje 4 od 39 podataka o godišnjoj količini padalina. Kod broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm situacija je slična, odnosno na godišnjoj razini nedostaje tek 5 od 39 podataka.

Tab. 3. Raspoloživost podataka za meteorološke postaje u blizini porječja Bregane

Postaja	Temperatura zraka		Količina padalina		Broj dana sa snježnim pokr. $\geq$ 1 cm	
	Duljina motrenja	Broj podataka godišnjeg srednjaka	Duljina motrenja	Broj podataka godišnje količine	Duljina motrenja	Broj podataka god. br. dana
Klimatološka postaja Samobor	1981. – 2019. (39 god)	N = 36	1981. – 2019. (39 god)	N = 36	1981. – 2019. (39 god)	N = 35
Klimatološka postaja Sošice	1996. – 2019. (24 god)	N = 13	1996. – 2019. (24 god)	N = 11	1996. – 2019. (24 god)	N = 14
Kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko	-	-	1955. – 2020. (66 god)	N = 28 (od toga 14 od 1981.)	1955. – 2020. (66 god)	N = 31 (od toga 17 od 1981.)
Kišomjerna postaja Rude	-	-	1991. – 2020. (30 god)	N = 29	1991. – 2020. (30 god)	N = 29

Izvor: prema podacima DHMZ

Od ostalih meteoroloških postaja razmjerno su blizu porječju Bregane još dvije kišomjerne postaje: kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko i Rude (sl. 11). Kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko nalazi se bliže razvodnici ( $45^{\circ} 46' 43''$  s.g.š. i  $15^{\circ} 29' 21''$  i.g.d.) i na nadmorskoj od 563 m n.v. te bi stoga vjerojatno bila reprezentativnija od niže i udaljenije kišomjerne postaje Rude ( $45^{\circ} 46'$  s.g.š. i  $15^{\circ} 41'$  i.g.d., na 287 m n.v.) Međutim, kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko mogla je biti razmotrena samo dopunski i s oprezom s obzirom na nedostatak podataka. Takvo je stanje u cijelom razdoblju motrenja od 1955., ali na žalost, i u dijelu od 1981. do 2020. godine u kojem na godišnjoj razini ima svega 14 od 40 mogućih podataka, zbog ukupno 61 poništenih i 12 nedostajućih mjesečnih količina padalina u različitim mjesecima, posebno u hladnom dijelu godine. Na toj postaji nedostatni su i podatci o broju dana sa snježnim pokrivačem  $\geq$  1 cm (tab. 3).

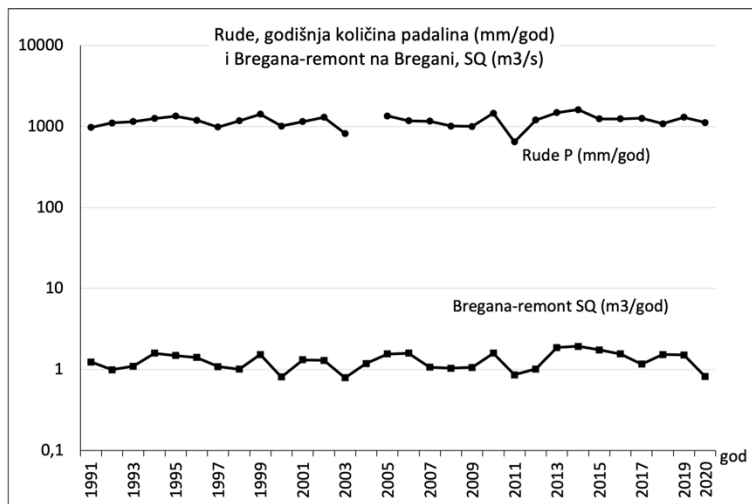
Kišomjerna postaja Rude ima gotovo potpune podatke od početka motrenja (nedostaje svega 3 podatka za tri mjeseca 2004. godine kako za mjesečne količine padalina tako i za broj dana sa snijegom  $\geq$  1 cm). Kako je početak motrenja 1991. to znači da se mogu prikazati srednjaci za klimatološki standardno razdoblje, ali se ne može u potpunosti obaviti predviđena usporedba s podacima o protocima od 1981. godine (zadnjih 40 godina).

Zaključno, kao najpovoljnije postaje za usporedbu s protočnim režimima u porječju Bregane odabrane su klimatološka postaja Samobor i kišomjerna postaja Rude, a dopunski se dijelom (svakako ne za godišnje količine) mogu koristiti podatci kišomjerne postaje Mrzlo Polje Žumberačko.



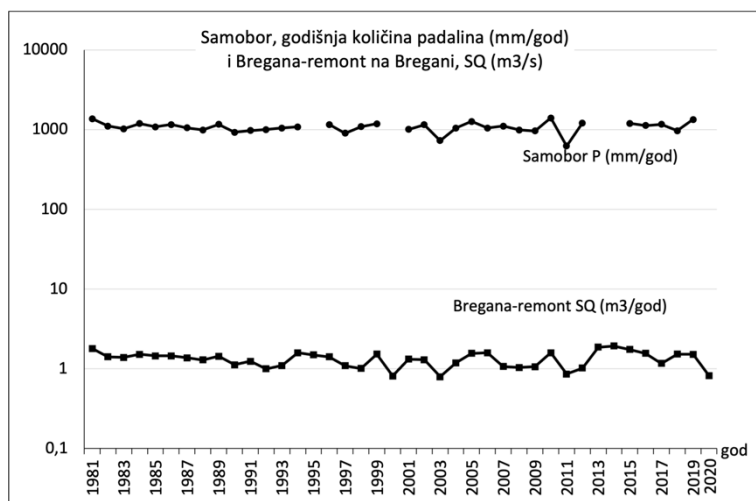
Usporedba nizova godišnjih količina padalina u meteorološkim postajama Rude i Samobor i srednjih godišnjih protoka na Bregani na postaji Bregana-remont (na logaritamskoj skali, sl. 14 i sl. 15), koja se nalazi nedaleko ušća Bregane u Savu te dobro odražava otjecanje u porječju u cjelini, pokazuje da kretanje srednjeg godišnjeg protoka na toj najnižvodnijoj hidrološkoj postaji razmjerno dobro prati kretanje godišnjih količina padalina na obje meteorološke postaje odabrane kao relevantne za analizu protočnih režima porječja Bregane. Zbog malog broja podataka za godišnje količine padalina takva analiza nije imala smisla za meteorološku postaju Mrzlo Polje Žumberačko.

U kojoj su mjeri povezane te dvije varijable, godišnje količine padalina u meteoroloških postaja Rude i Samobor i srednji godišnji protoci na hidrološkoj postaji Bregana-remont na izlasku iz sustava, može se kvantificirati Pearsonovim koeficijentom korelacije. U slučaju postaje Samobor Pearsonov koeficijent korelacije iznosi  $r = 0,69$ , a u slučaju Rude razmjerno visokih  $r = 0,77$ . Prema Sošić i Serdar (1994) vrijednost  $r$  od 0,80 je granica od korelacije srednje jačine prema čvrstoj korelaciji. Dakle, u oba slučaja pokazuje se dobra povezanost, a ona je izraženija kod Ruda, koja je očekivano (s obzirom na nadmorsku visinu i hipsometrijska obilježja porječja Bregane) reprezentativnija postaja u pogledu podataka o količinama padalina za porječje Bregane.



Sl. 14. Usporedba kretanja godišnjih količina padalina na kišomjernoj postaji Rude (mm) i godišnjih protoka na hidrološkoj postaji Bregana-remont na Bregani ( $m^3/s$ ) u razdoblju 1991. – 2020. godina

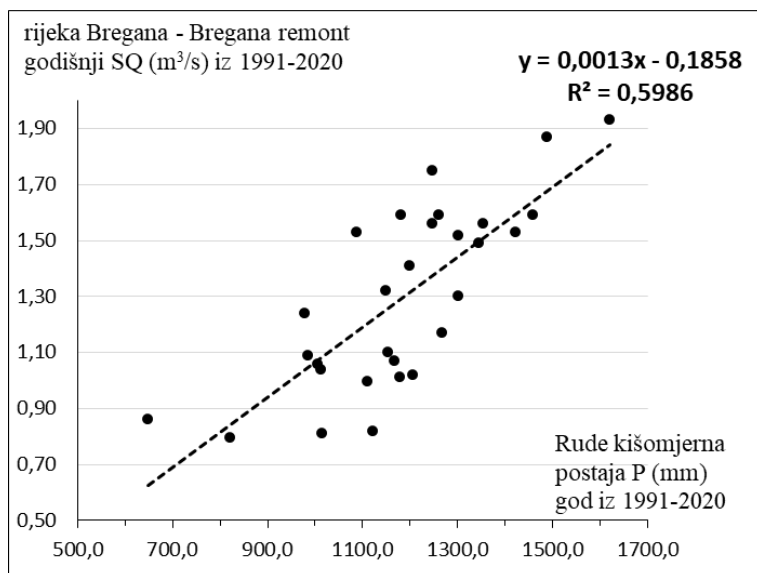
Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 15. Usporedba kretanja godišnjih količina padalina na klimatološkoj postaji Samobor (mm) i godišnjih protoka na hidrološkoj postaji Bregana-remont na Bregani (m<sup>3</sup>/s) u razdoblju 1991. – 2020. godina

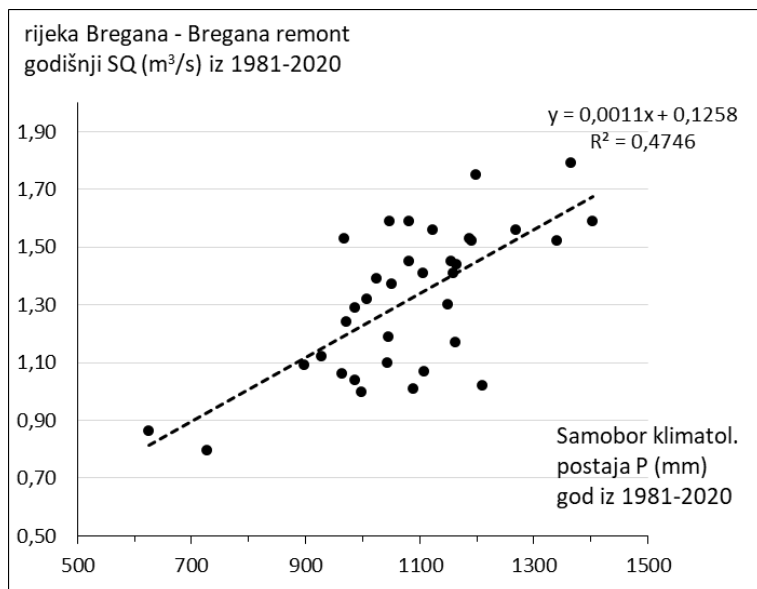
Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Za obje postaje utvrđen je i koeficijent determinacije (sl. 16 i sl. 17). Prema Chaddockovoj ljestvici vrijednost koeficijenta determinacije od 0,64 je granica između veze srednje jakosti i čvrste veze, a u hidrologiji se općenito smatra da je korelacijski odnos značajan ako je koeficijent determinacije veći od 0,6 (Chaddock 1925, Žugaj 2000; prema Orešić i dr., 2017). Izračunati koeficijenti determinacije pokazuju da linearni model donekle dobro objašnjava vezu između godišnje količine padalina na kišomjernoj postaji Rude i srednjeg godišnjeg protoka na hidrološkoj postaji Bregana remont. Taj odnos je slabije opisan linearnim modelom u slučaju klimatološke postaje Samobor, što je očekivano s obzirom na njezin nizinski smještaj.



Sl. 16. Linearna korelacija između srednjeg godišnjeg protoka Bregane na hidrološkoj postaji Bregana remont i godišnje količine padalina u Rudama za razdoblje 1991. – 2020. godina

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 17. Linearna korelacija između srednjeg godišnjeg protoka Bregane na hidrološkoj postaji Bregana remont i godišnje količine padalina u Samoboru za razdoblje 1981. – 2020. godina

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

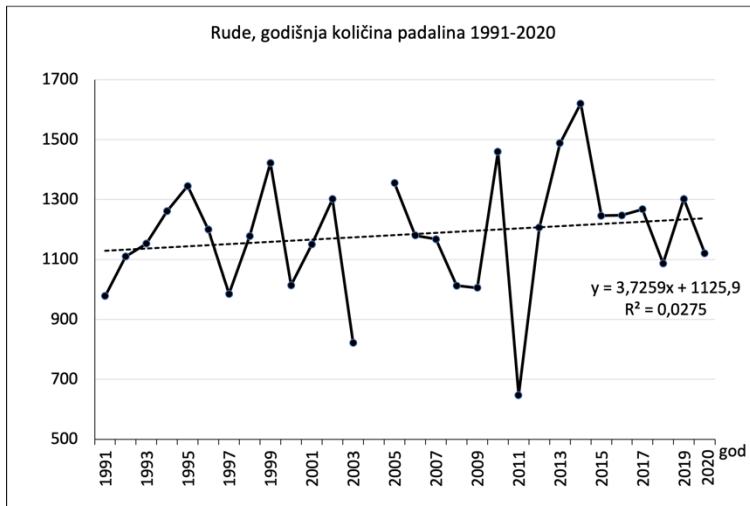
Za analizu općih klimatoloških obilježja istraživana područja korišteni su podatci klimatološke postaje Samobor za klimatološki standardno razdoblje 1991. – 2020. godina. Korišteni nizovi na toj postaji za mjesečne i godišnje količine padalina, za broj dana sa snijegom  $\geq 1$  cm te za srednje mjesečne i godišnje temperature zraka testirani su kao homogeni (Pettitov test). U razmatranju godišnjeg hoda padalina i broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm korišteni su podatci kišomjernih postaja Rude i Mrzlo Polje Žumberačko, također za klimatološki standardno razdoblje 1991. – 2020. godina.

#### 4.2. Kretanje godišnje količine padalina

U zadnjem tridesetogodišnjem klimatološkom standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine prosječna godišnja količina padalina za Samobor iznosi 1070,5 mm, a za Rude 1183,9 mm. U pravilo da područja na većoj nadmorskoj visini općenito dobivaju veću količinu padalina uklapa se i podatak za Mrzlo Polje Žumberačko od 1290,2 mm, iako je izračunat od svega 13 godišnjih podataka (tab. 4).

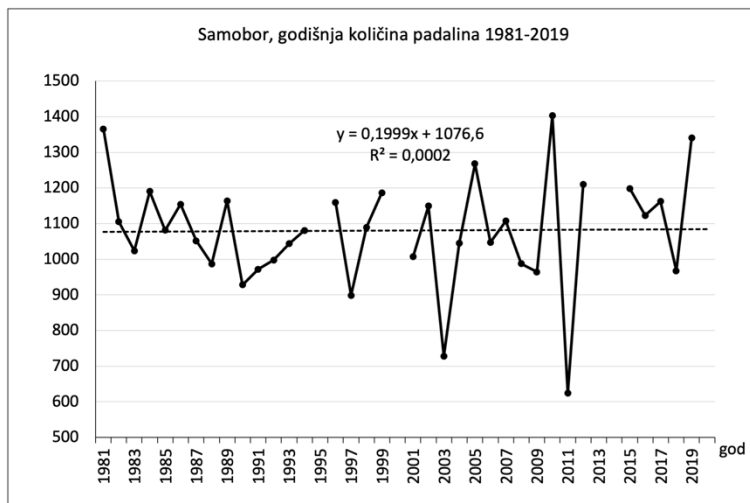
Na meteorološkim postajama s kvalitetnim nizom podataka o godišnjoj količini padalina, na Rudama (29 godišnjih podataka, prati se od 1991.) i Samoboru (35 godišnjih podataka od početka praćenja 1981. godine i 25 godišnjih podataka od 1991. – 2020.) nije zabilježena značajna promjena godišnjih količina padalina (sl. 18 i sl. 19). To je u skladu s istraživanjima dugoročnog kretanja godišnjih količina padalina u Hrvatskoj, prema kojima je na većini meteoroloških postaja to kretanje uglavnom stagnantno (Filipčić i dr., 2013). Prema

tomu ne može se očekivati ni značajan trend u kretanju srednjih godišnjih protoka na hidrološkim postajama reprezentativnim za porječje. Naravno, za analizu potencijalnih promjena protočnih režima u porječju znatno će važnije biti moguće promjene u godišnjoj raspodjeli padalina, kao i njihovom obliku, posebno u udjelu snježnih padalina.



Sl. 18. Kretanje godišnjih količina padalina na kišomjernoj postaji Rude (mm)

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 19. Kretanje godišnjih količina padalina na klimatološkoj postaji Samobor (mm)

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

### 4.3. Godišnji hod padalina

Podaci za klimatološki standardno razdoblje 1991. – 2020. godina klimatološke postaje Samobor dobiveni su na temelju 28 srednjih mjesečnih temperatura za srpanj i prosinac te 27 srednjih mjesečnih temperatura za preostale mjeseci. Do zaključenja rada nisu bili dostupni podatci za 2020. godinu. U podacima za kišomjernu postaju Rude nedostaju podatci za ožujak, travanj i svibanj 2004. godine, dok su podatci ostalih mjeseci i godina kompletni za klimatološki

standardno razdoblje 1991. – 2020. godina. Podaci za kišomjernu postaju Mrzlo Polje Žumberačko su za mjesece studeni-ožujak često poništeni ili su izostajali, stoga je 21 podatak za siječanj, 22 za veljaču, 27 za ožujak, 26 za studeni i 23 za prosinac, a za ostale mjesece 28 i više podataka o srednjim mjesečnim temperaturama. Iako, zbog raspodjele izostalih ili poništenih podataka za Mrzlo Polje Žumberak ima svega 13 podataka na godišnjoj razini u cijelom klimatološki standardnom nizu 1991. – 2020. godina, mjesečni dostupni podaci mogu poslužiti za dopunsko razmatranje godišnjeg hoda padalina, iako prednost valja dati nizovima na postajama Rude i Samobor (tab. 4).

Sve tri postaje imaju kontinentski režim padalina, što je očekivano s obzirom na razgraničenje kontinentskog i maritimnog tipa pluviometrijskog režima u Hrvatskoj (Šegota, 1986, Maradin i Filipčić, 2012, Maradin, 2013) odnosno imaju veću količinu padalina u toploj polovici godine (IV.-IX. mjesec). U postaji Samobor prosječno padne 55,3 % padalina u toploj polovici godine, a nešto manje u postaji Rude, 52,7 % padalina u toplijoj polovici godine prema podacima iz klimatološki standardnog razdoblja 1991. – 2020. godina. Na postaji Mrzlo Polje Žumberačko podaci su nedostadni, no na temelju 13 godina s cjelovitim podacima iz navedenog standardnog razdoblja potvrđuje se kontinentski režim padalina s 56,6 % padalina u toplijoj polovici godine.

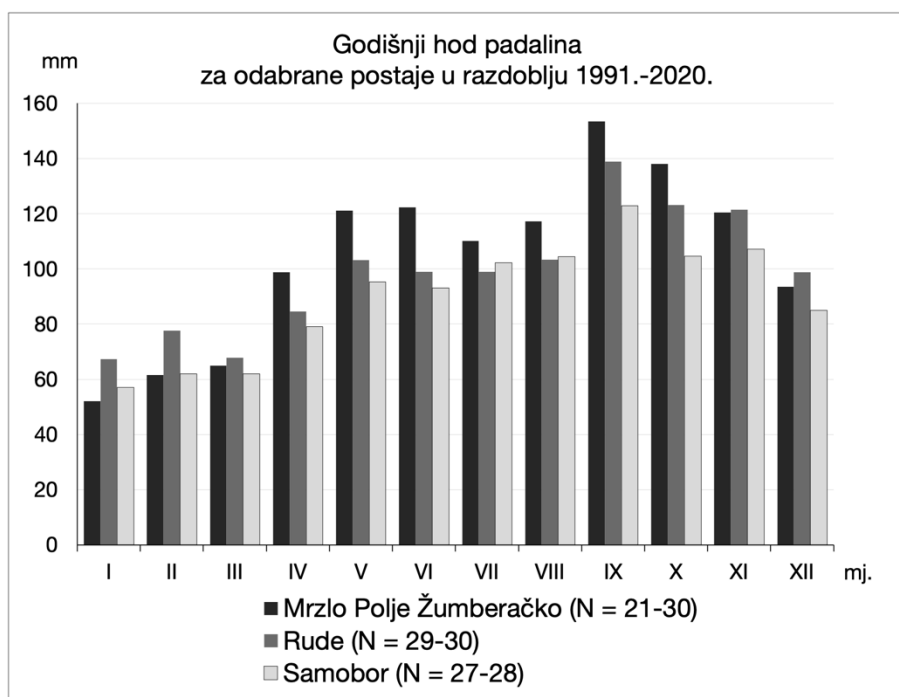
Tab. 4. Osnovni parametri nizova mjesečnih i godišnje količine padalina za meteorološke postaje Samobor, Rude i Mrzlo Polje Žumberačko u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godina

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
<b>Klimatološka postaja Samobor</b>													
N	27	27	27	27	27	27	28	27	27	27	27	28	25
prosjeak (mm)	57,0	62,0	62,0	79,0	95,2	93,1	102,3	104,4	123,0	104,6	107,2	85,1	1070,5
stdev	39,5	46,9	37,5	38,3	47,4	42,0	43,0	58,4	72,9	61,2	51,4	41,7	166,7
koef var	0,7	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,2
<b>Kišomjerna postaja Rude</b>													
N	30	30	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	29
prosjeak (mm)	67,2	77,6	67,7	84,6	103,1	98,9	98,9	103,3	138,9	123,1	121,5	98,8	1183,9
stdev	43,7	53,5	38,8	44,7	52,2	45,9	38,8	60,0	82,9	71,6	59,4	48,7	197,6
koef var	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,2
<b>Kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko</b>													
N	21	22	27	29	29	30	28	30	30	29	26	23	13
prosjeak (mm)	52,0	61,6	64,9	98,7	121,2	122,3	110,2	117,3	153,4	138,0	120,5	93,5	1290,2
stdev	33,6	53,7	39,0	62,3	63,3	51,8	52,2	76,2	97,6	82,2	52,8	52,3	197,7
koef var	0,6	0,9	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,2

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ

Prema Šegoti i Filipčić (1996) općenito se glavni minimumi na svim postajama u unutrašnjosti Hrvatske nalaze se u zimskom dijelu godine kao posljedica anticiklona iz unutrašnjosti kontinenta, a povećane količine kiše u ljetnim mjesecima su posljedica jakog zagrijavanja kopna i frontalne aktivnosti što pogoduje nastanku konvekcijske kiše i naoblake.

S obzirom na godišnji hod padalina sve tri postaje pripadaju istom tipu, tipičnom za glavninu Središnje Hrvatske, sa sličnim obilježjima u raspodjeli padalina i varijabilnosti padalina (Maradin i Filipčić, 2012). Prema Penzar i Penzar (1983), odnosno podacima iz razdoblja 1950. – 1977. godina na kojem su ti autori obavili svoje istraživanje, nalaze se u području klimatskoga tipa "fwx" prema Köppenu, kontinentski tip, ali s još uvijek izvjesnim utjecajem Jadrana. Valja istaknuti da se prema podacima iz klimatološki standardnoga niza 1991. – 2020. godina koji je ovdje korišten, ipak zapažaju neke promjene u odnosu na opisani režim toga tipa prema Penzar i Penzar (1983) s obzirom na položaj maksimuma i minimuma. Tako dok Penzar i Penzar (1983) navode da se kod tipa "fwx" minimum najčešće javlja u ožujku ili veljači, na sve tri odabrane postaje u ovom radu javlja u siječnju. Također dok je skupina postaja tipa "fwx" na zapadnom dijelu područja rasprostranjena imala uobičajeni kasnojesenski maksimum u studenom, prema podacima iz klimatološki standardnoga razdoblja 1991. – 2020. godina na sve tri postaje tipičan je maksimum u rujnu. Zanimljiva je i pojava nešto povećanih količina padalina u kasno proljeće, u svibnju, primjetna na posve reprezentativnim nizovima postaja Samobor i Rude (tab. 4, sl. 20).



Sl. 20. Godišnji hod padalina u Samoboru, Rudama i Mrzlo Polju Žumberačkom u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

S obzirom na kvalitetu podataka na meteorološkim postajama Samobor i Rude proveden je i izračun količine padalina po klimatološkim sezonama za klimatološki standardno razdoblje 1991. – 2020. (tab. 5). Na obje postaje godišnje doba s najmanjom količinom padalina je zima, s prosječno oko petinom godišnje količine padalina, dok je najveća količina padalina u jesen s prosječno gotovo trećinom godišnje količine padalina (a slijede ljeta). To odgovara dugoročnijim opažanjima na odabranim meteorološkim postajama Središnje Hrvatske iz razdoblja 1950. – 2007. godina koje su proveli Maradin i Filipčić (2012), a prema jesenskom maksimumu navlastito postaji Karlovac.

Tab. 5. Srednje sezonske sume padalina (Ps mm) i sezonski udio padalina (Ps %) u razdoblju 1991. – 2020. godina na klimatološkoj postaji Samobor i kišomjernoj postaji Rude

Postaja	Zima (XII-II)		Proljeće (III-V)		Ljeto (VI-VIII)		Jesen (IX-XI)	
	Ps mm	Ps %	Ps mm	Ps %	Ps mm	Ps %	Ps mm	Ps %
Samobor	194,7	18,4	236,2	22,0	295,4	28,0	335,0	31,5
Rude	243,7	20,6	255,4	21,5	301,1	25,4	383,5	32,5

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

#### 4.5. Broj dana sa snijegom

Uz razmatranje količine padalina, odnosno godišnjeg hoda padalina, važan utjecaj na otjecanje i režim tekućica, posebice na višim nadmorskim visinama ima pojava snijega i trajanje snježnog pokrivača. Pojava snijega i trajanje snježnog pokrivača tako utječe na zimske sekundarne minimume te jače izražene proljetne maksimume protoka. S druge strane, smanjenje udjela snijega tijekom zime (npr. zbog klimatskog zatopljenja) može općenito značiti smanjenje srednjih protoka. Naime, istraživanja sugeriraju da godine s više kiše u odnosu na snijeg imaju manji srednji protok neovisno o količini padalina što se tumači povoljnijim uvjetima za hidrološke gubitke evapotranspiracijom (Berghuijs i dr., 2014).

Na sve tri odabrane meteorološke postaje mjeren je broj dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm, a osnovni parametri podataka iz klimatološki standardnoga razdoblja 1991. – 2020. godine prikazani su u tab. 6.

Tab. 6. Osnovni parametri nizova prosječnih mjesečnih i godišnjeg broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm za meteorološke postaje Samobor, Rude i Mrzlo Polje Žumberačko u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godina

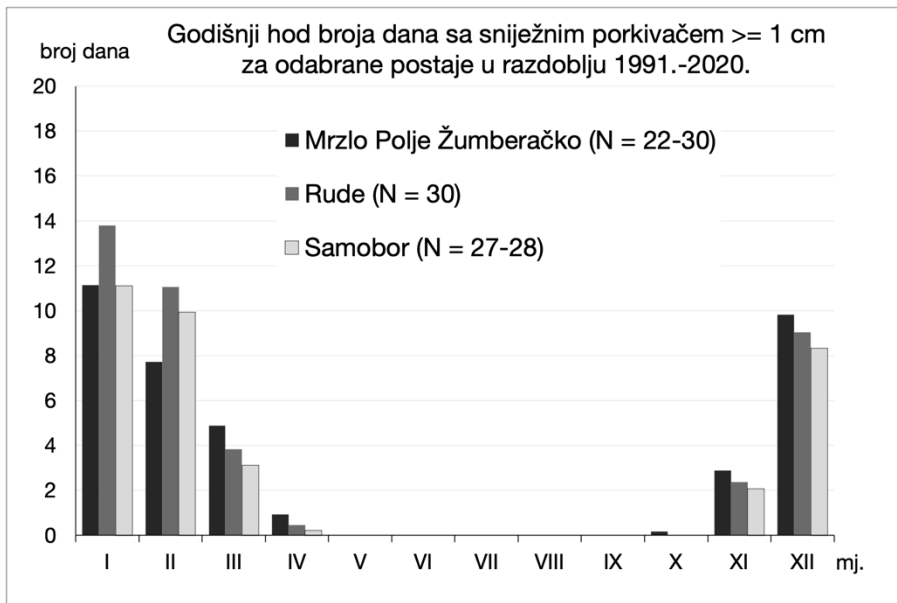
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Klimatološka postaja Samobor													
N	27	27	27	27	27	28	28	27	27	27	27	27	24
prosjeak	11,1	9,9	3,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	8,3	34,8
Kišomjerna postaja Rude													
N	30	30	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	29
prosjeak	13,8	11,1	3,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	9,0	40,9
Kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko													
N	22	22	27	29	29	30	28	30	30	29	26	23	16
prosjeak	11,1	7,7	4,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,9	9,8	37,8

Izvor: Izračunato prema podatcima DHMZ

Iako bi prema položaju najreprezentativnija za porječje Bregane za razmatranje snježnog pokrivača bila kišomjerna postaja Mrzlo Polje Žumberačko, nedostaje (ili su poništeni) zimskih podataka o broju dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm, pa se podatci mogu uzeti samo za potvrdu općeg stanja. Vjerojatno bi, da su podatci potpuni, ukupni godišnji broj dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm bio upravo na najviše položenoj postaji Mrzlo Polje Žumberačko. Položajem i dostupnošću podataka posve je primjerena kišomjerna postaja Rude kao reprezentativna za porječje Bregane. Očekivano je da je ukupan godišnji broj dana sa snježnim pokrivačem  $> 1$  cm veći na kišomjernoj postaji Rude nego u nisko položenoj klimatološkoj postaji Samobor. Za mjesece ožujak-studen i koji su duljinom niza usporedivi za sve tri postaje uočljivo je da na postajama koje su na višim nadmorskim visinama snježni pokrivač traje duže. Uzrok tome se može tražiti u pravilu da se temperatura zraka snižava s porastom nadmorske visine, ali je i topljenje snijega sporije u šumskim područjima (kakvo je područje Mrzlog Polja Žumberačkog te u manjoj mjeri Rude), nego na otvorenim prostorima (Samobor) bez vegetacije jer je smanjen turbulentan prijenos topline, smanjenja je direktna kratkovalna radijacija, a dugovalna radijacija s toplijih krošnji stabala je veća (Bonacci i dr., 2012).

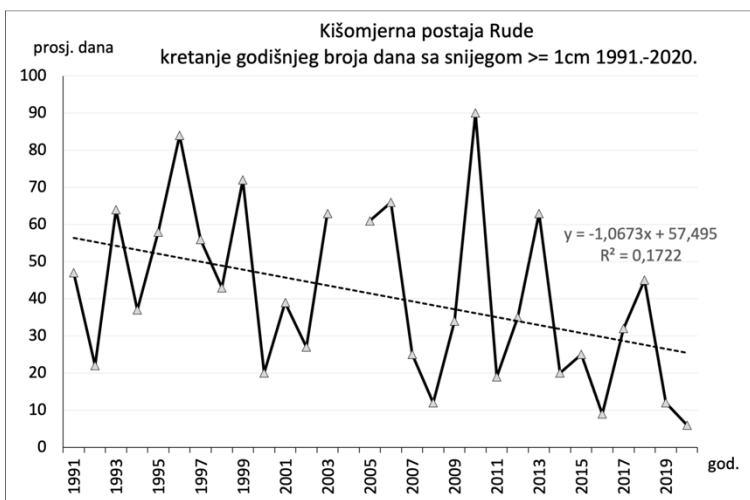
U godišnjem hodu broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm (za razdoblje 1991. – 2020.) tipično je (sl. 21; vidi kvalitetne nizove postaja Rude i Samobor) da je maksimum u siječnju, te da je razmjerno visok u susjednim mjesecima prosincu i veljači, dakle u zimskim mjesecima. Broj dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm znatno je manji (dva do pet dana prosječno) u ožujku i studenom, a rijetko se javlja u travnju, dok samo na najvišoj postaji Mrzlo Polje Žumberačko i u listopadu, ali svega prosječno 0,2 dana.





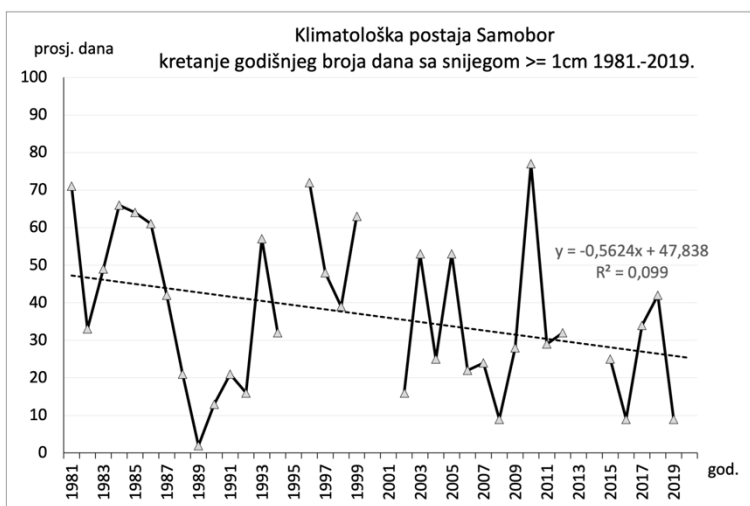
Sl. 21. Godišnji hod broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm u Samoboru, Rudama i Mrzlo Polju Žumberačkom 1991.-2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 22. Kretanje prosječnog godišnjeg broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$ cm na kišomjernoj postaji Rude 1991. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



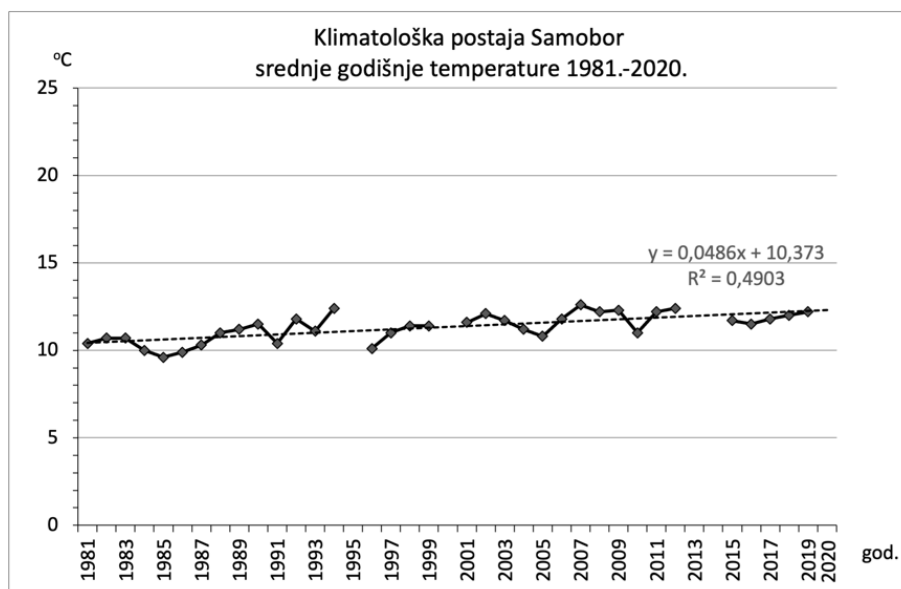
Sl. 23. Kretanje prosječnog godišnjeg broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$ cm na klimatološkoj postaji Samobor 1981. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Na postajama Rude i Samobor (sl. 22 i sl. 23), za koje raspolažemo s dovoljno podataka na godišnjoj razini, valja registrirati smanjenje godišnjeg broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm, što je svakako indikativno i o tomu će svakako još biti detaljnije riječi u dijelu koji se odnosi na promjene protočnih režima u istraživanom području.

#### 4.6. Kretanje srednje godišnje temperature zraka

U zadnjem tridesetogodišnjem klimatološkom standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine prosječna godišnja temperatura zraka za Samobor (na 141 m n.v.) iznosi 11,6 °C. Ipak, može se očekivati da je u većem dijelu porječja, koje je pretežno sredogorski prostor, prosječna godišnja (kao i mjesečne u hladnijem dijelu godine) temperatura zraka niža. Ovdje se u tom smislu uklapaju podatci postaje Sošice (na 520 m n.v.), gdje prosječna godišnja temperatura zraka, doduše izračunata na temelju svega 13 godišnjih podataka iz razdoblja 1996. – 2019. godine, iznosi 9,2 °C (tab. 7).



Sl. 24. Kretanje prosječne godišnje temperature zraka na klimatološkoj postaji Samobor 1981. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Za protočni režim u porječju Bregane je važan opći porast srednje godišnje temperature zraka u istraživanom području, koji se može iščitati iz podataka klimatološke postaje Samobor. Na toj se postaji, prema podacima o srednjoj godišnjoj temperaturi zraka praćenju od 1981. godine, primjećuje porast koji nije zanemariv, na razini od oko 2 °C u 40 godina praćenja (sl. 24). To je u skladu s istraživanjima o klimatskim promjenama u Hrvatskoj koja su potvrdila statistički značajan porast srednjih godišnjih temperatura i to posebno od kraja 1980-ih

(Bonacci, 2010). Uz kretanje srednje godišnje temperature zraka još je važnije poznavati godišnji hod temperature zraka u istraživanom području.

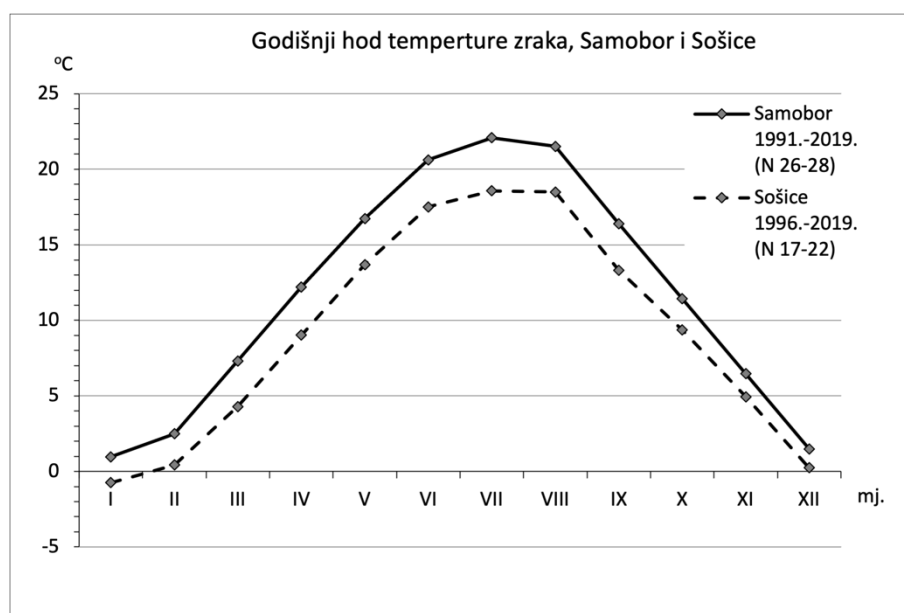
#### 4.7. Godišnji hod temperature zraka

Godišnji hod temperature zraka u istraživanom području dobro predstavljaju podatci klimatološke postaje Samobor (tab. 7, sl. 25).

Tab. 7. Osnovni parametri nizova srednjih mjesečnih i godišnjih temperatura zraka za meteorološku postaju Samobor u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. te Sošice za razdoblje 1996. – 2019. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Klimatološka postaja Samobor													
N	27	27	27	27	27	27	28	27	27	27	26	28	25
prosjeak (°C)	1,0	2,5	7,3	12,2	16,7	20,6	22,1	21,5	16,4	11,4	6,5	1,5	11,6
stdev	2,1	2,6	1,8	1,5	1,5	1,2	1,0	1,4	1,5	1,4	2,0	1,9	0,6
koef var	2,2	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	1,3	0,1
Klimatološka postaja Sošice (1996. – 2019.)													
N	17	18	16	19	19	20	21	22	20	20	22	17	13
prosjeak (°C)	-0,7	0,4	4,3	9,0	13,7	17,5	18,6	18,5	13,3	9,4	4,9	0,2	9,2
stdev	2,6	2,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,2	1,6	1,4	1,8	2,1	2,1	0,6
koef var	-3,5	6,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	8,7	0,1

Izvor: Izračunato prema podatcima DHMZ



Sl. 25. Godišnji hod temperature zraka u Samoboru u standardnom klimatološkom razdoblju 1991. – 2020. i u Sošicama u razdoblju 1996. – 2019. godine

Izvor: izračunato prema podatcima DHMZ-a

Ima tipična obilježja za godišnji hod umjerenih širina; nastup najviše i najniže srednje mjesečne temperature poslije solsticija, godišnja amplituda oko 20 °C, jasna smjena četiri godišnja doba, relativno mala razlika u srednjim mjesečnim temperaturama u razdobljima prosinac-veljača i lipanj-kolovoz, dok su znatno veće razlike u proljeće i jesen, a te se razlike povećavaju sa stupnjem kontinentalnosti (Šegota i Filipčić, 2007).

Temperatura zraka u tridesetogodišnjem standardnom klimatološkom razdoblju 1991. – 2020. godine u klimatološkoj postaji Samobor izračunata je na temelju 28 srednjih mjesečnih temperatura za srpanj i prosinac, 26 za studeni, a podaci za preostale mjeseci temelje se na 27 srednjih mjesečnih temperatura. Srednja godišnja temperatura iznosi 11,6 °C, najtopliji mjesec je srpanj sa srednjom mjesečnom temperaturom 22,1 °C, a najhladniji siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom 1,0 °C. Godišnji hod karakterizira jedan maksimum (srpanj) i jedan minimum (siječanj).

Interesantno je primijetiti da je, prema klimatskom tipu po Köppenu, s obzirom na ovdje izračunatu temperaturu najtoplijega mjeseca od 22,1 °C, Samobor na granici tipova Cfa i Cfb, međutim valja imati na umu da klimatološki standardni niz nije posve potpun za srpanj (nema podataka iz 2014., te još nisu bili dostupni podatci za 2020.). Računa li se za Samobor srednjak za srpanj za razdoblje od 1981. do 2019. (38 podataka) on iznosi 21,8 °C. Naravno, s obzirom na hipsometriju istraživanog područja, jasno je da godišnji hod temperature zraka u cjelokupnom porječju Bregane odgovara tipu Cfb. To je razvidno i iz dostupnih podataka s klimatološke postaje Sošice, koji su ovdje prezentirani za usporedbu.

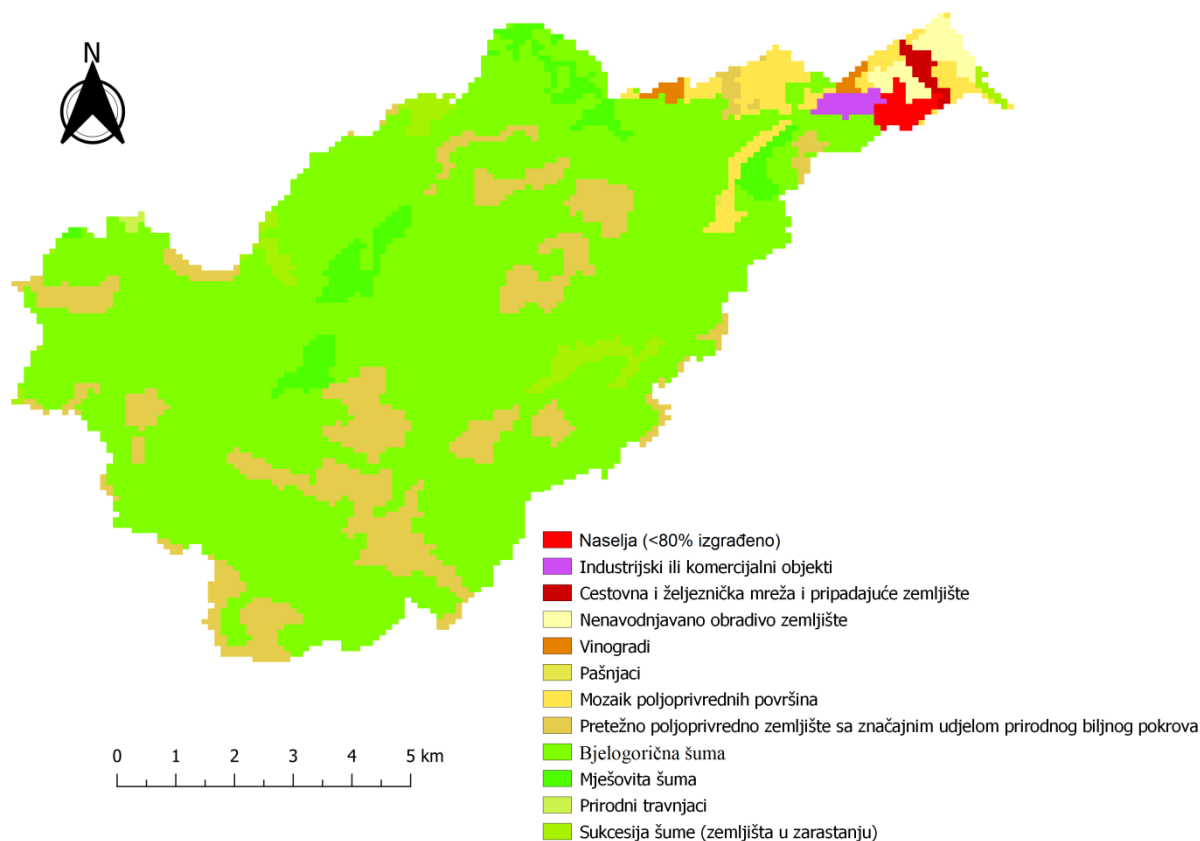
## **5. Zemljišni pokrov**

Zemljišni pokrov podrazumijeva čime je zemljište pokriveno, je li šumama, poljoprivrednim usjevima, prometnicama, naseljima i sl. Određena područja su pod utjecajem djelovanja čovjeka. Iz pojedinih primjera može se detaljnije vidjeti na koji se način određena površina koristi. U tom slučaju se koristi pojam „način korištenja zemljišta“. Glavna razlika između pojmova „zemljišni pokrov“ i „način korištenja zemljišta“ je u tome što je zemljišni pokrov posljedica (bio)fizičkih obilježja zemljine površine, a način korištenja zemljišta se očituje u funkcionalnoj dimenziji zemljišta sa stajališta čovjeka, njegovih potreba i gospodarske aktivnosti (Kušan, 2010).

Zemljišni pokrov analiziran je pomoću Corine Land Cover-a iz 2018. godine, a kako bi se vidjele promjene koje su se dogodile u zemljišnom pokrovu, prikazani su podaci i za stanje

1990. godine. Najmanja površina kartiranja u Corine bazi iznosi 25 ha pa dio površina nije kartiran, posebno u kategorijama naselja i ostale površine (Kušan, 2010).

U području porječja prevladavaju šumske površine (sl. 26, tab. 8), a tako je bilo i 1990. (sl. 27, tab. 9).

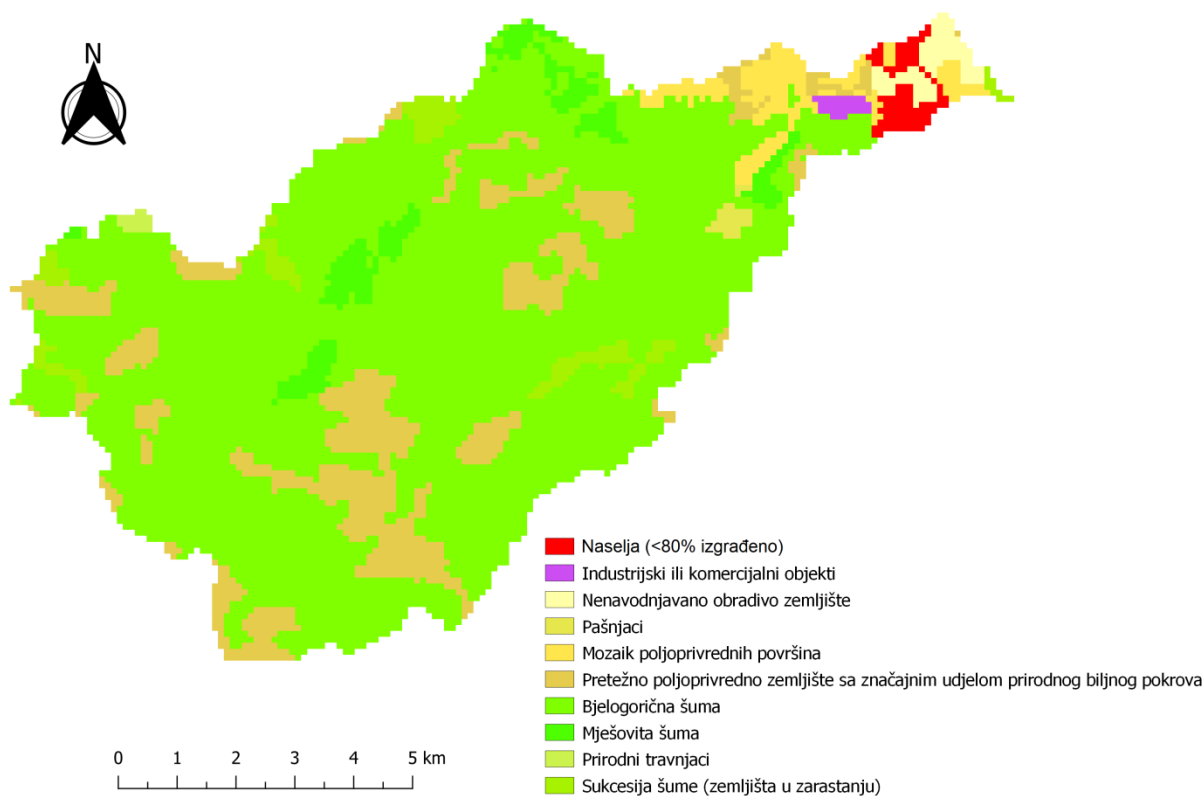


Sl. 26. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 2018. godine  
Izvor: Corine Land Cover, 2018

Tab. 8. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 2018. godine

Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta	Postotak površine (%)
Naselja (<80% izgrađeno)	0,62
Industrijski ili komercijalni objekti	0,47
Cestovna i željeznička mreža i pripadajuće zemljište	0,39
Nenavodnjavano obradivo zemljište	1,09
Vinogradi	0,36
Pašnjaci	0,02
Mozaik poljoprivrednih površina	2,81
Pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	13,82
Bjelogorična šuma	74,72
Mješovita šuma	3,52
Prirodni travnjaci	0,10
Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)	2,06

Izvor: Corine Land Cover, 2018



Sl. 27. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 1990. godine  
 Izvor: Corine Land Cover, 1990

Tab. 9. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 1990. godine

Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta	Postotak površine (%)
Naselja (<80% izgrađeno)	1,18
Industrijski ili komercijalni objekti	0,35
Nenavodnjavano obrađivo zemljište	1,26
Pašnjaci	0,39
Mozaik poljoprivrednih površina	2,95
Pretežno poljoprivredno zemljište sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	13,84
Bjelogorična šuma	73,42
Mješovita šuma	3,70
Prirodni travnjaci	0,22
Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)	2,70

Izvor: Corine Land Cover, 1990

Šume smanjuju površinsko otjecanje vode, uvjetuju ravnomjernije otjecanje, omogućuju dobro poniranje padalina, sprečavaju nastajanje bujica i erozija (Riđanović, 1993). S obzirom da su tokovi porječja Bregane bujičnog karaktera, a dolinske strane su uglavnom nagiba u kojima su prevladavajući procesi erozija i spiranje, važnost šumskih površina je tim

veća. Najzastupljenije su bjelogorične šume sa 74,72 % ukupne površine u porječju (tab. 8). Iduća najzastupljenija su pretežno poljoprivredna zemljišta sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova (13,82 %), a isto je bilo i 1990. (13,84 %). Takva područja se vežu uz naselja u Samoborskom gorju. Ipak, koncentracija naselja se nalazi u sjeveroistočnom dijelu porječja, zbog toga su jedino u tom dijelu površine na kojima su industrijski i komercijalni objekti, naselja koja su klasificirana kao „naselja s manje od 80 % izgrađenosti“, cestovna mreža i pripadajuće zemljište, nenavodnjavane obradive površine i mozaik poljoprivrednih površina. U usporedbi s 1990. godinom, cestovne mreže s pripadajućim zemljištem nije bilo, nego je to područje bilo klasificirano kao dio naselja. U međuvremenu je izgrađena autocesta Zagreb – Ljubljana, koja prolazi tim dijelom pa je došlo je do promjene u klasifikaciji i udjelima u ukupnim površinama. Druga promjena koja se dogodila, odnosi se na površine pod vinogradima. Godine 2018. 0,36 % površine je klasificirano kao vinograd, dok se vinogradi 1990. ne bilježe (pretpostavka je da su postojali, ali diskontinuirano i/ili površinom manjom od 25 ha). Površine koje su pod većim utjecajem čovjeka, ne zauzimaju ni 6 % u ukupnoj površini porječja.

## **6. Antropogeni utjecaji u porječju Bregane**

Antropogeni utjecaji se uglavnom odnose na radove i promjene s ciljem zaštite od visokih voda. Tokovi porječja su bujičnog karaktera. Za vrijeme intenzivnijih padalina, uzrokuju povećane erozijske procese čime dolazi do taloženja većih količina nanosa što smanjuje protočni profil. Uslijed visokih voda, dolazi do izlivanja vode iz korita, što je češće u gornjem dijelu porječja zbog morfologije riječne doline (Frisco projekt, 2017). Kako je gornji dio toka (porječja) unutar Parka prirode, postoje stroge mjere i uvjeti za provođenje radova redovitog održavanja te je taj dio korita pretežno neizmijenjen. Opasnost od poplava se nizvodnije pojačava proširenjima, naročito od Grdanjca nadalje (Frisco projekt, 2017). U naseljenim područjima, gdje visoke vode prijete kućama, infrastrukturi i sl., obale su učvršćene umjetnim materijalom, a dno korita je izravnato. Prema podacima iz Frisco projekta, 2017. godine regulacijske i zaštitne vodne građevine na Bregani su uključivale obaloutvrde, niz hidrotehničkih stepenica za smanjenje uzdužnog nagiba korita te nasipe od ušća u Savu uzvodno na Bregani u dužini 456 m na desnoj obali i 515 m na lijevoj.



Sl. 28. Kameni nabačaj na desnoj obali Bregane nedaleko ušća u Savu; na lijevoj obali su vidljiva erozijska oštećenja obale (snimila V. Curman, 09.10.2021.)

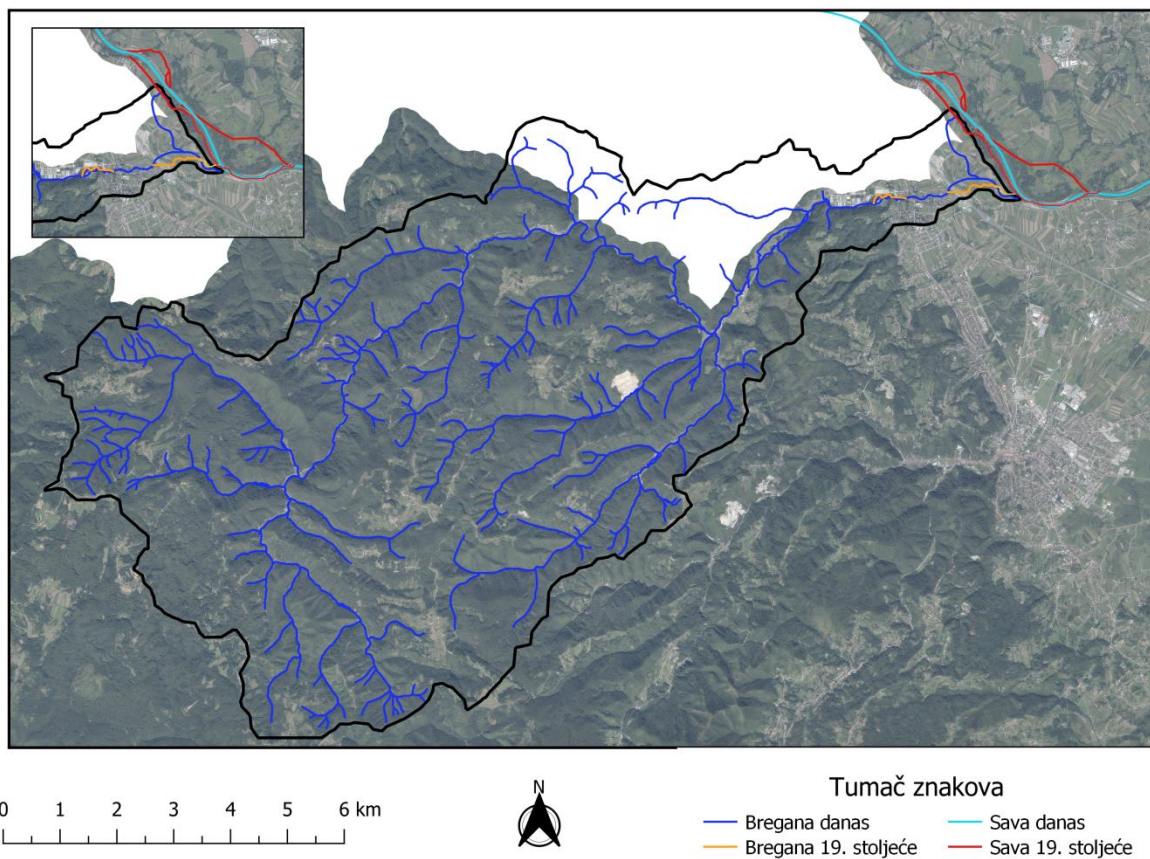


Sl. 29. Kamenom obzidane obale i izravnano dno na Breganici u naselju Breganica (snimila V. Curman, 09.10.2021.)





Sl. 30. Ribnjaci i rekreacijsko središte Divlje vode, jedini je takav objekt u porječju, koristi vode potoka Bregane (snimila V. Curman, 09.10.2021.). U 19. stoljeću je na tom prostoru bila staklana (Dujmović, 2007)



Sl. 31. Usporedba toka Bregane u 19. stoljeću i danas  
Izvor: Copernicus, 2016; DGU, 2020; Arcanum, n.d.

Usporedi li se uzdužni tok rijeke Bregane na temelju današnje topografske karte 1: 25 000 i topografske karte Austro-Ugarske Monarhije 1:75 000, on je slabo izmijenjen u najvećem dijelu toka. Manje regulacije su se dogodile prije ulaska tekućice u naselje Bregana i na izlazu iz naselja do ušća, na kojim dijelovima je tok izravnat (sl. 31).

## 7. Hidrološka obilježja u porječju

### 7.1. Elementi tekućica i porječja

Podaci u ovom poglavlju dobiveni su analizom digitalnog modela reljefa Copernicus (2016) u softeru QGIS 3.16.10., a za lokacije izvora tekućica uz pomoć topografskih karata 1:25 000, HOK i digitalne ortofoto osnove s mrežne stranice [geoportal.dgu.hr](http://geoportal.dgu.hr).

Izvor ( $h_1$ ) je mjesto na kojem izbija voda temeljnica na topografsku površinu (Riđanović, 1993). Bregana kao glavna tekućica porječja ima tri izvorišna kraka. Do sutoka triju krakova dolazi podno vrha Kružec. Jedan izvorišni krak je u Dupinoj dragi i njegova duljina do sutoka triju tokova iznosi 2,23 km. Drugi krak je u Kovačevoj dragi i njegova duljina do sutoka iznosi 2,16 km. Treći krak je u Dubokom dolu i njegova duljina do sutoka iznosi 2,68 km. Zbog najveće duljine za izvor je uzet krak u Dubokom dolu. Izvor u tom kraku nalazi se kod naselja Brezovac Žumberački, na 668,93 m nadmorske visine.

Ušće ( $h_2$ ) je mjesto gdje prestaje rad tekućice. Tekućica se može ulijevati u more, jezero, močvaru, endoreički prostor ili u drugu rijeku (Riđanović, 1993). Ušće Bregane se nalazi u naselju Samoborski Otok, gdje se ulijeva u rijeku Savu. Nadmorska visina ušća iznosi 129,37 m.

Apsolutni pad ( $J_a$ ) je visinska razlika između izvora ( $h_1$ ) i ušća ( $h_2$ ) (Riđanović, 1993). Izračunava se iz izraza:

$$J_a = h_1 - h_2 = 668,93 - 129,37 = 539,56 \text{ m}$$

gdje je:  $h_1$  = izvor tekućice

$h_2$  = ušće tekućice.

Apsolutni pad Bregane iznosi 539,56 m.

Relativan pad ( $J_r$ ) je prosječan pad tekućice iskazan u metrima na kilometar uzdužnog profila (Riđanović, 1993). Izračunava se iz izraza:

$$J_r = \frac{h_1 - h_2}{L_{km}} = \frac{J_a}{L_{km}} = \frac{539,56}{26,49} = 20,37 \text{ m/km}$$

gdje su:  $J_a$  = apsolutni pad

$L_{km}$  = duljina tekućice

Relativan pad Bregane iznosi 20,37 m/km.

Duljina tekućice ( $L_{km}$ ) je udaljenost između izvora i ušća, mjereno tokom, u kilometrima. Duljina tekućice se mjeri od ušća prema izvoru zato što se ušće rijeke lakše i točnije odredi s obzirom da za neke tekućice možemo tražmarati dva ili više izvora (Riđanović, 1993). Duljina Bregane iznosi 26,49 km.

Najkraća udaljenost tekućice ( $L_{min \text{ km}}$ ) jest zračna udaljenost između izvora i ušća (Riđanović, 1993). Najkraća udaljenost Bregane iznosi 15,44 km.

Koeficijent razvijenosti tekućice ( $K_1$ ) je odnos stvarne duljine tekućice i zračne udaljenosti između izvora i ušća. Najmanja vrijednost koeficijenta može iznositi 1. Izračunava se iz izraza (Riđanović, 1993):

$$K_1 = \frac{L_{km}}{L_{min \text{ km}}} = \frac{26,49 \text{ km}}{15,44 \text{ km}} = 1,72$$

gdje su:  $L_{km}$  = duljina tekućice

$L_{min \text{ km}}$  = najkraća (zračna) udaljenost tekućice.

Koeficijent razvijenosti Bregane iznosi 1,72.

Površina površinskog (topografskog) porječja ( $F_E \text{ km}^2$ ) jest dio prostora što ga odvodnjava tekućica sa svojim pritocima na površini kopna ili kroz podzemlje topljivih stijena. Važna je hidroveličina jer bitno utječe na ostale elemente porječja, a najviše na količinu vode (Riđanović, 1993). Izračunata površina porječja Bregane iznosi 88,53  $\text{km}^2$ , što se dobro poklapa s izračunom Dujmovića (2007) od 88,49  $\text{km}^2$ .

Razvodnica je granica između dva porječja ili dva slijeva (dio prostora odakle pritječe voda prema jezeru, moru ili oceanu). Površinska razvodnica ( $L_{r1}$ ) je krivulja koja obilježava topografsko porječje i ne poklapa se uvijek s dubinskom razvodnicom (Riđanović, 1993). Bregana u izvorišnom dijelu prima tekućice s vapnenačkih područja Žumberačke gore pa se dubinska razvodnica ne poklapa uvijek (Dujmović, 2007). Dujmović (2007) je izračunao duljinu razvodnice Bregane 51,0 km, dok duljina površinske razvodnice izračunata u alatu QGIS iznosi 55,44 km. Razvodnica prolazi Žumberačkom gorom u smjeru SI-JZ. Od Planinske gore usmjerena je prema jugu sve do naselja Budinjak odakle mijenja smjer prema JI i vrhu u blizini izvora (JZ od izvora). Od tamo je smjer pružanja razvodnice u smjeru SI prateći brda i vrhove: Pljovica, Beli Grič, Mali Lovnik, Trtnica, Suhore, Srednji vrh, Kožlak, odakle je razvodnica usmjerena prema naselju Bregana i ušću. Od ušća prati tok Save u smjeru SZ do naselja Obrežje, odakle je JZ smjer do vrha Pisanke. Od Pisanke do Velikog Cirnika je smjer SZ, odakle mijenja smjer prema JZ i Žumberačkoj gori.

Duljina porječja ( $L_E$ ) se može odrediti na nekoliko načina. Najpouzdaniji način je mjerenjem udaljenosti između ušća i najudaljenije točke na razvodnici (Riđanović, 1993). Prema Dujmoviću (2007) duljina porječja Bregane iznosi 17,1 km, a izračunao ih je utvrđivanjem koordinata na orohidrografskim podlogama Zagreb 1, 2, 3, i 4 u mjerilu 1:50000. Duljina porječja izračunata alatom QGIS iznosi 17,88 km.

Opseg kruga jednake površine porječja ( $K_F$ ) hidrografska je veličina koja pridonosi potpunijem upoznavanju oblika i stupnja razvedenosti porječja. Određuje se pomoću matematičkih izraza za površinu ( $r^2\pi$ ) i opseg kruga ( $2r\pi$ ) (Riđanović, 1993). Opseg kruga koji bi imao površinu porječja Bregane iznosi 33,35 km.

Najveća širina ( $B_{max}$ ) je važna kvantitativna značajka porječja koja karakterizira izgled porječja (Riđanović, 1993). Najveća širina porječja Bregane iznosi 28,41 km. Prosječna širina porječja ( $B_m$ ) je hidrografska veličina koja upotpunjuje određivanje oblika porječja. Dobiva se iz izraza:

$$B_m = \frac{F_{km^2}}{L_{km}} = \frac{88,53}{26,49} = 3,34 \text{ km}$$

gdje su  $F_{km^2}$  = površina porječja

$L_{km}$  = duljina tekućice.

Prosječna širina porječja iznosi 3,34 km.

Najviša ( $H_{\max}$ ) i najniža ( $H_{\min}$ ) kota u porječju važne su hidrografske veličine za izračunavanje indeksa reljefa ( $H_e$ ) te služe za okvirnu oznaku reljefnih značajki porječja (Riđanović, 1993). Najviša kota u porječju Bregane je na 858,62 m nadmorske visine (vrh Ravnice), a najniža kota je (ušće u Savu) na 129,37 m nadmorske visine. Prema Dujmoviću (2007) najviša kota je na 844 m nadmorske visine, a najniža na 140 m nadmorske visine.

Indeks reljefa ( $H_e$ ) je razlika između najviše i najniže točke u porječju (Riđanović, 1993). Izračunava se iz izraza:

$$H_e = H_{\max} - H_{\min} = 858,62 - 129,37 = 729,25 \text{ m}$$

Indeks reljefa u porječju Bregane iznosi 729,25 m, a prema Dujmoviću (2007) 704 m.

Relativni reljef ( $R_r$ ) je hidrografska veličina koja daje prosječnu predodžbu o reljefu, tj. općem izgledu porječja (Riđanović, 1993). Izračunava se iz izraza:

$$R_r = \frac{H_e}{L_e} = \frac{729,25}{17,88} = 40,79 \text{ m/km}$$

Relativni reljef porječja Bregane iznosi 40,79 m/km. Prema Dujmoviću (2007) relativni reljef iznosi 41,7 m/km.

Koeficijent asimetrije porječja pokazuje na kojoj strani postoje povoljniji uvjeti za otjecanje vode u glavnu tekućicu (Riđanović, 1993). Izračunava se iz izraza:

$$K_a = \frac{F_{\text{veći}}}{F_{\text{manji}}} = \frac{47,83}{40,70} = 1,18$$

Desna strana porječja zauzima 47,83 km<sup>2</sup> (54,03 %), a lijeva 40,70 km<sup>2</sup> (45,97 %) ukupne površine porječja, što daje razmjerno malu asimetriju. Manjim koeficijentom asimetrije porječja povećavaju se prirodne mogućnosti istodobnog pritjecanja visokih voda u korito, što pogoduje poplavama (Počakal, 1982).

Ukupna duljina svih pritoka ( $S_{u-L}$ ) važna je hidrografska veličina jer izravno utječe na gustoću riječne mreže (Riđanović, 1993). Ukupna duljina svih pritoka zajedno s tokom rijeke Bregane iznosi 164,30 km, a bez rijeke Bregane 137,81 km.

Gustoća mreže tekućica ( $D_u$ ) odnos je duljine svih tokova prema ukupnoj površini porječja. Može se izračunati na više načina, no Neumannov izraz za izračun ima najveću primjenu (Riđanović, 1993). Prema tome se gustoća mreže tekućica dobiva iz izraza:

$$D_N = \frac{S_{u-L}}{F} = \frac{164,30}{88,53} = 1,86 \text{ km/km}^2$$

Gustoća mreže tekućica iznosi  $1,86 \text{ km/km}^2$ , odnosno u svakom kilometru četvornom ima oko  $1,86 \text{ km}$  stalnih tokova. Žugaj (2010) razlikuje porječje siromašno riječnom mrežom ( $D_N < 1 \text{ km/km}^2$ ), porječje srednje gustoće ( $D_N$  između  $1-4 \text{ km/km}^2$ ) i porječje bogato riječnom mrežom ( $D_N > 4 \text{ km/km}^2$ ). Prema tome porječje Bregane ima srednju gustoću riječne mreže.

## 7.2. Hidrološke postaje

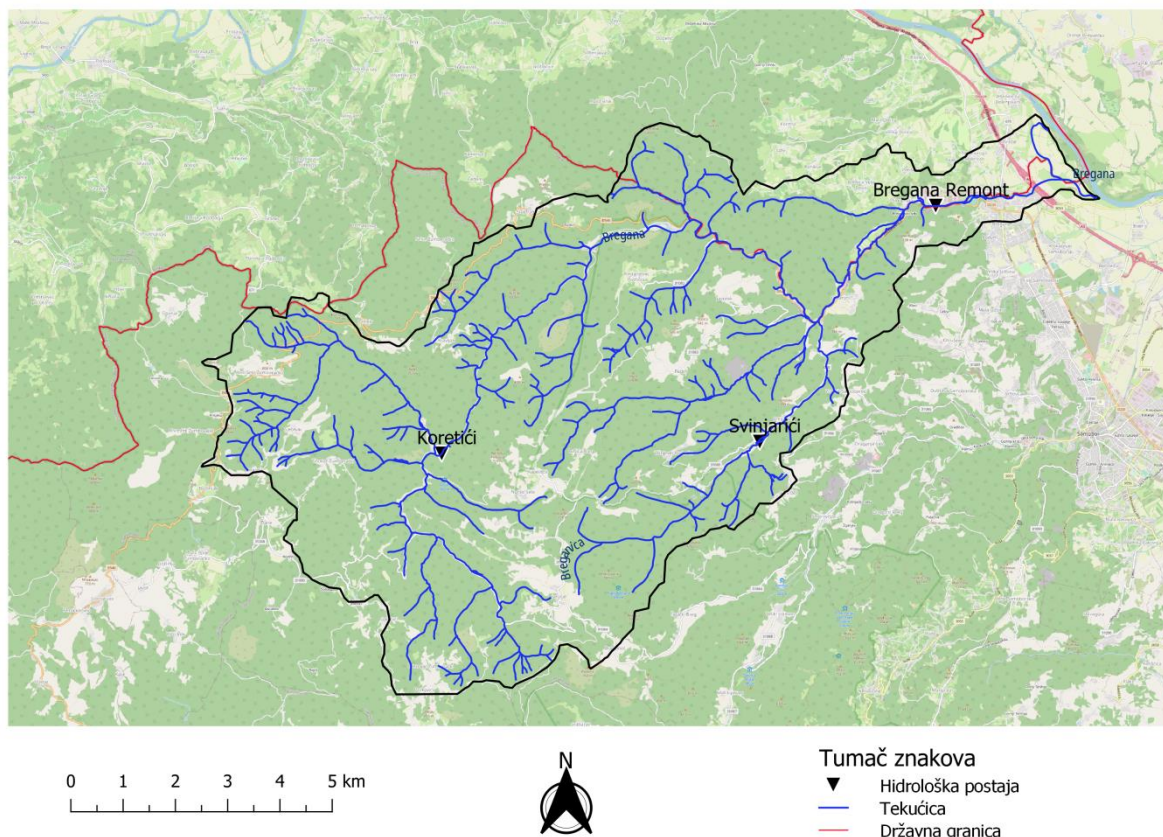
Unutar porječja Bregane danas su aktivne tri hidrološke postaje (tab. 10, sl. 32). Opremljene su vodokazima i limnigrafima. Najnizvodnija postaja je Bregana-remont. Nalazi se na rijeci Bregani i s radom je počela 1969. godine a potpuni podatci su na raspolaganju od 1970. do 2020. godine. Postaja Koretići se također nalazi na rijeci Bregani. S radom je počela 1980., a potpuni podatci su na raspolaganju od 1981. do 2020. godine. Postaja Svinjarići nalazi se na rijeci Breganici. S radom je počela 1980. godine, ali je u listopadu 2015., uslijed velikih voda koje su uništile dio obale i srušile limnigraf, prestala s radom. U rujnu 2016. postaja je obnovljena, ali nedostaju hidrološki podaci do 2020. godine. Također, nedostaju podaci za srpanj, kolovoz i rujn 2007. godine.

S obzirom na raspoložive podatke o protocima, analizirano je kretanje srednjih godišnjih protoka po postajama s cjelovitim nizovima, a prikladno je da je najdulji niz od 51 godine moguće pratiti na najnizvodnijoj postaji Bregana-remont, koja je reprezentativna praktički za cijelo porječje. Nadalje, za obje postaje na Bregani moguće je bilo pratiti potpune podatke o srednjim mjesečnim protocima, dakle i obilježjima sezonskih protoka, a još detaljnije protočnih režima (godišnjih hodova protoka), kako u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. tako i usporedno u dva zadnja dvadesetogodišnja razdoblja 1981. – 2000. i 2001. – 2020. kako bi se razmotrile i promjene protočnih režima. Postaja Svinjarići na Breganici ne pruža potpune podatke o protoku, i ima malenu slijevnu površinu, ali može poslužiti kao dopuna u razmatranjima.

Tab 10. Osnovni podatci o hidrološkim postajama u porječju Bregane

Postaja	Tekućica	Razdoblje rada	Kota nula vodokaza	Geografske koordinate	Udaljenost od ušća	Površina slijevnog područja
3012 Bregana-remont	Bregana	1969. – 2020.	152,332 m n.v.	širina: 45° 50' 27" dužina: 15° 40' 28"	3,5 km	88,5 km <sup>2</sup>
3254 Koretići	Bregana	1980. – 2020.	332,288 m.n.v.	širina: 45° 47' 57" dužina: 15° 33' 08"	19,5 km	34,8 km <sup>2</sup>
3252 Svinjarići	Breganica	1980. – 2007.; 2007. – 2015.; 2016. – 2020.	235,120 m.n.v.	širina: 45° 48' 00" dužina: 15° 37' 44"	10,6 km	4 km <sup>2</sup>

Izvor: DHMZ, prema historijatima postaja, osim vlastito mjerenje za udaljenosti od ušća za postaje Bregana-remont i Koretići



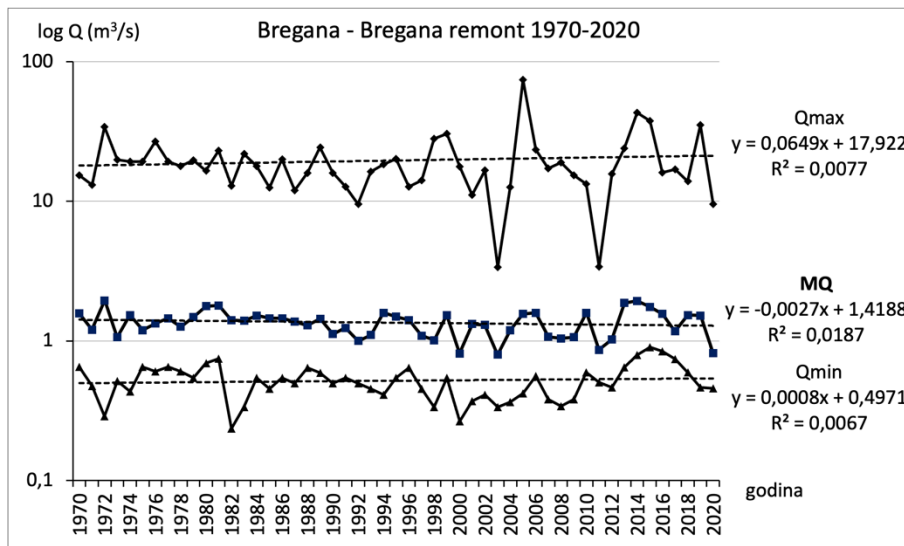
Sl. 32. Položaj hidroloških postaja u porječju Bregane

Izvor: Copernicus, 2016; OpenStreetMap; DHMZ, 2021

### 7.3. Srednji godišnji protoci

Istraživanje provedeno na 80-ak hidroloških postaja u Hrvatskoj u razdoblju 1980. – 2009. pokazalo je da se na oko 3/4 postaja ne bilježe statistički značajni trendovi u kretanju srednjih godišnjih protoka (Barbalić i Kuspilić, 2014). U toj analizi bile su uključene i sve tri postaje u porječju Bregane i prema analizi srednjeg godišnjeg protoka svrstane su u skupinu postaja s manjim antropogenim utjecajima na kojima se „s odgovarajućom pouzdanošću, a na temelju korištenog uzorka ne može zaključiti da trend postoji“. S obzirom da se u ovom istraživanju radi o praćenju svega nešto duljih nizova srednjih godišnjih protoka na postajama u porječju Bregane ne možemo očekivati značajne trendove u kretanju srednjih godišnjih protoka.

Stoga su, očekivano, na hidrološkoj postaji Bregana-remont, srednji godišnji protoci u cjelokupnom razdoblju motrenja (1970. – 2020., N = 51 podatak) stagnanti (sl. 33), te prema Man-Kendallovu (M-K) testu nije potvrđen trend. Ni u klimatološki standardnom razdoblju (1991. – 2020., N = 30) M-K test nije pokazao postojanje trenda.



Sl. 33. Srednji godišnji protoci (MQ), godišnji visoki protoci (Q max) i godišnji niski protoci (Q min) na postaji Bregana-remont na Bregani u razdoblju 1970. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Usporede li se podaci karakterističnih protoka na postaji Bregana-remont u uzastopna zadnja dva dvadesetogodišnja razdoblja (tab. 11), razvidno je da se srednji godišnji protok gotovo uopće nije promijenio. Međutim, zabilježen je primjetan (iako blagi) porast prosječne vrijednosti godišnjih maksimuma u usporedbi dvaju uzastopnih dvadesetogodišnjih razdoblja iz zadnjih 40 godina. Prosječni protok godišnjih maksimuma povećao se, naime oko 18 %. Iako



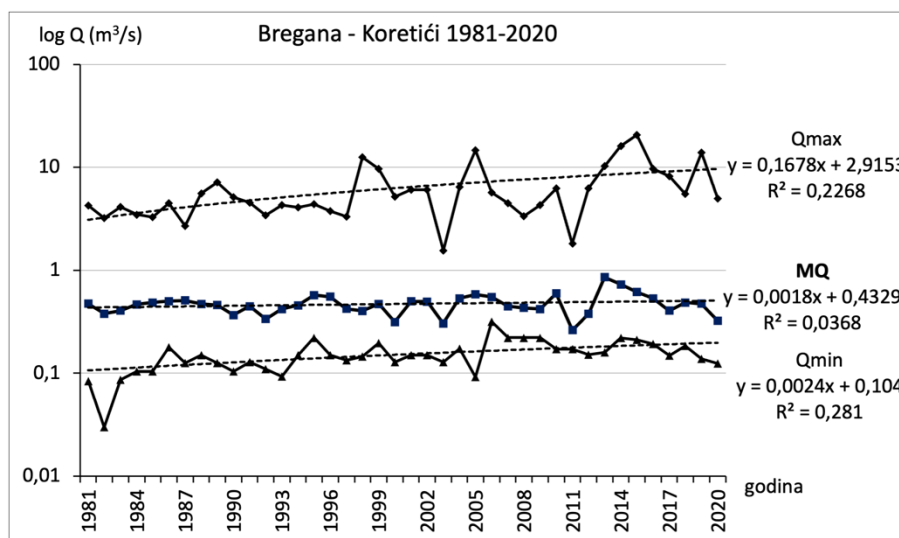
se ne može utvrditi da je statistički značajno, vrlo blago je porasao i prosječni protok godišnjih minimuma.

Tab. 11. Vrijednosti srednjaka karakterističnih protoka (m<sup>3</sup>/s) u odabranim razdobljima na postaji Bregana-remont na Bregani

Karakteristični protok	Razdoblje (N = broj podataka)	Prosječni protok (m <sup>3</sup> /s)	Indeks
Q max	1991. – 2020. (N=30)	20,08	-
	1981. – 2000. (N = 20)	17,84	100
	2001. – 2020. (N = 20)	21,10	118,27
MQ	1991. – 2020. (N = 30)	1,29	-
	1981. – 2000. (N = 20)	1,32	100
	2001. – 2020. (N = 20)	1,33	100,76
Q min	1991. – 2020. (N = 30)	0,51	-
	1981. – 2000. (N = 20)	0,49	100
	2001. – 2020. (N = 20)	0,53	108,16

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Ni na hidrološkoj postaji Koretići (sl. 34), uzvodnije na Bregani, nema trenda prema Man-Kendallovu testu u srednjim godišnjim protocima ni u ukupnom razdoblju motrenja (1981. – 2020., N = 40) ni u klimatološki standardnom razdoblju (1991. – 2020., N = 30). Iako linearni regresijski model za godišnje maksimume i godišnje minimume protoka tijekom posljednjih 40 godina nema značajan koeficijent determinacije, ipak je primjetna blago uzlazna tendencija.



Sl. 34. Srednji godišnji protoci (MQ), godišnji visoki protoci (Q max) i godišnji niski protoci (Q min) na postaji Koretići na Bregani u razdoblju 1981. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

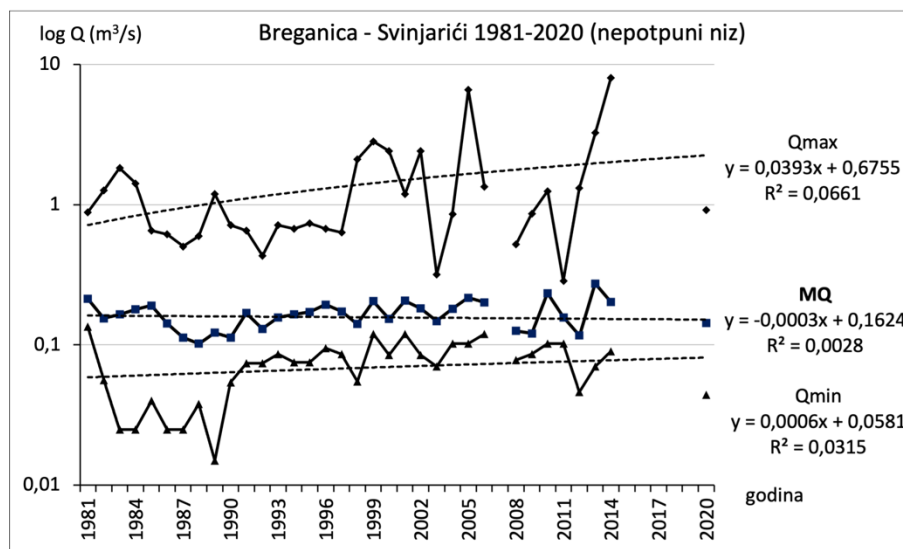
Karakteristični protoci na postaji Koretići (tab. 12) pokazuju blagi porast prosječnih vrijednosti godišnjih maksimuma i minimuma protoka u usporedbi dvaju uzastopnih dvadesetogodišnjih razdoblja iz zadnjih 40 godina, i to je naglašenije nego na postaji Bregana-remont. Posebno je opet izražen porast prosječnog protoka godišnjih maksimuma, koji je na postaji Koretići porastao za 58,5 %, a nije zanemariv ni porast prosječnog protoka godišnjih minimuma od 38,5 %. Vjerojatno je da na maksimalne protoke najveći utjecaj imaju bujični tokovi Tisovačka Bregana i Rakovac, koji se neposredno prije postaje ulijeva u Breganu.

Tab. 12. Vrijednosti srednjaka karakterističnih protoka (m<sup>3</sup>/s) u odabranim razdobljima na postaji Koretići na Bregani

Karakteristični protok	Razdoblje (N = broj podataka)	Prosječni protok (m <sup>3</sup> /s)	Indeks
Q max	1991. – 2020. (N = 30)	7,03	-
	1981. – 2000. (N = 20)	4,92	100
	2001. – 2020. (N = 20)	7,80	158,54
MQ	1991. – 2020. (N = 30)	0,48	-
	1981. – 2000. (N = 20)	0,45	100
	2001. – 2020. (N = 20)	0,50	111,11
Q min	1991. – 2020. (N = 30)	0,17	-
	1981. – 2000. (N = 20)	0,13	100
	2001. – 2020. (N = 20)	0,18	138,46

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

S nešto više opreza s obzirom na nedostatak podataka valja promotriti i podatke za postaju Svinjarići na Breganici (sl. 35).



Sl. 35. Srednji godišnji protoci (MQ), godišnji visoki protoci (Q max) i godišnji niski protoci (Q min) na postaji Svinjarići na Breganici u razdoblju 1981. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Tab. 13. Vrijednosti srednjaka karakterističnih protoka ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) u odabranim razdobljima na postaji Svinjarići na Breganici

Karakteristični protok	Razdoblje	Prosječni protok ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Indeks
Q max	1991. – 2020. (N = 24)	1,71	-
	1981. – 2000. (N = 20)	1,08	100
	2001. – 2020. (N = 14)	2,08	192,59
MQ	1991. – 2020. (N = 24)	0,17	-
	1981. – 2000. (N = 20)	0,16	100
	2001. – 2020. (N = 14)	0,18	112,5
Q min	1991. – 2020. (N = 24)	0,09	-
	1981. – 2000. (N = 20)	0,06	100
	2001. – 2020. (N = 14)	0,09	150

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a;

napomena: razdoblja imaju različit N = broj podataka (godina s podatcima) iz razdoblja

Potvrđuje se da nema trenda u kretanju srednjih godišnjih protoka, ali se bilježi porast prosječnoga protoka minimalnih i maksimalnih godišnjih protoka (tab. 13), uz napomenu da razdoblje 1981. – 2000. godina ima potpune podatke, dok su prosjeci iz 2001. – 2020. izračunati na temelju 14 podataka s godišnje razine (nedostaju podatci za 2007. godinu te za razdoblje 2015. – 2019. godine).

Iako nizovi nisu posve usporedivi zbog različitih broja podataka N, izmjereni porast prosječnih godišnjih maksimalnih i minimalnih protoka u dva uzastopna razdoblja u posljednjih 40 godina je indikativan i sukladan situaciji na postajama na Bregani. Najviši je od sve tri postaje, pa su prosjeci minimalnih godišnjih protoka za 50 %, a maksimalnih godišnjih protoka za 92,6 % veći, dakle gotovo udvostručeni u odnosu na prethodno razdoblje. U tom smislu važna je i odlika bujičnost Breganice, odnosno lokacija postaje koja ima svega 4  $\text{km}^2$  slijevnog područja, što znači da se na njoj najbrže i najintenzivnije od sve tri postaje u porječju odražavaju promjene u lokalnim padalinama (intenzitet, ali i oblik). Tako je, primjerice, u listopadu 2015. velika voda uništila dio obale, srušila limnigraf i postaja je morala biti obnovljena.

Zaključno, u porječju Bregane na svima trima hidrološkim postajama nije zabilježen trend u kretanju srednjeg godišnjeg protoka. Srednji godišnji protoci u posljednjih 40-ak godina praktički su stagnantni, što najbolje pokazuju podaci najnižvodnije postaje Bregana-remont. To je očekivano s obzirom da nisu zabilježene ni statistički značajne promjene u kretanju godišnjih količina padalina (sl. 18 i sl. 19). Na sve tri postaje zabilježen je blagi porast prosjeka minimalnih protoka i izraženiji porast prosjeka maksimalnih protoka u zadnjem dvadesetogodišnjem razdoblju 2001. – 2020. u odnosu na prethodno dvadesetogodišnje razdoblje 1981. – 2000., što je izrazitije u postajama s manjim slijevnim područjem (Koretići

na Bregani i Svinjarići na Breganici). Spekulativno, povećanje maksimuma moguća je posljedica povećanja udjela kratkotrajnijih a intenzivnijih padalina kao generalna posljedica klimatskih promjena, pri čemu manja slijevna područja imaju brz i intenzivni odraz u protocima, no to nije bio predmet ovoga istraživanja. Ipak, indikativno je da je porast maksimalnih protoka u zadnjem dvadesetogodišnjem razdoblju bio i pod utjecajem obilnih padalina zbog kojih je bilo i nekoliko poplava u porječju Bregane (2005., 2014. i 2015.).

#### 7.4. Sezonski protoci

Za dvije postaje, Bregana-remont i Koretići, koje imaju potpune podatke za posljednjih 40 godina, mogu se analizirati sezonski protoci s ciljem utvrđivanja njihova obilježja u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. te potom utvrđivanja eventualnih promjena, odnosno sezonske preraspodjele protoka usporedbom sezonskih protoka u dva zadnja dvadesetogodišnja razdoblja, 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine.

Tab. 14. Sezonski sumarni protoci ( $Q_{sum}$ , u  $m^3/s$ ) i njihovi udjeli (%) u ukupnim godišnjim protocima u odabranim razdobljima na hidrološkim postajama Bregana-remont i Koretići na Bregani

	Proljeće (III-V)		Ljeto (VI-VIII)		Jesen (IX-XI)		Zima (XII-II)	
Bregana-remont, Bregana								
Period	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)
1991. – 2020.	4,83	31,1	2,67	17,2	3,53	22,7	4,51	29,0
A) 1981. – 2000.	4,93	31,0	3,09	19,4	3,34	21,0	4,54	28,5
B) 2001. – 2020.	5,16	32,3	2,74	17,2	3,65	22,9	4,36	27,6
Razlika B-A	+0,22	+1,32	-0,35	-2,24	+0,30	+1,88	-0,14	-0,95
Razlika B-A (%)	+4,49	+4,26	-11,35	-11,54	+9,17	+8,93	-3,13	-3,34
Koretići, Bregana								
Period	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)	$Q_{sum}$ ( $m^3/s$ )	Udio (%)
1991. – 2020.	1,88	32,9	0,91	15,9	1,33	23,2	1,60	28,0
A) 1981. – 2000.	1,75	32,7	0,90	16,9	1,19	22,2	1,50	28,2
B) 2001. – 2020.	2,08	35,0	0,96	16,1	1,33	22,4	1,58	26,5
Razlika B-A	+0,33	+2,23	+0,06	-0,75	+0,15	+0,26	0,07	-1,74
Razlika B-A (%)	+18,79	+6,83	+6,23	-4,47	+12,51	+1,18	+4,35	-6,16

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Prema podacima iz zadnjeg klimatološki standardnog razdoblja 1991. – 2020. godina na obje postaje (tab. 14) najveći je udio ukupnog godišnjeg protoka u proljeće, blizu jedne

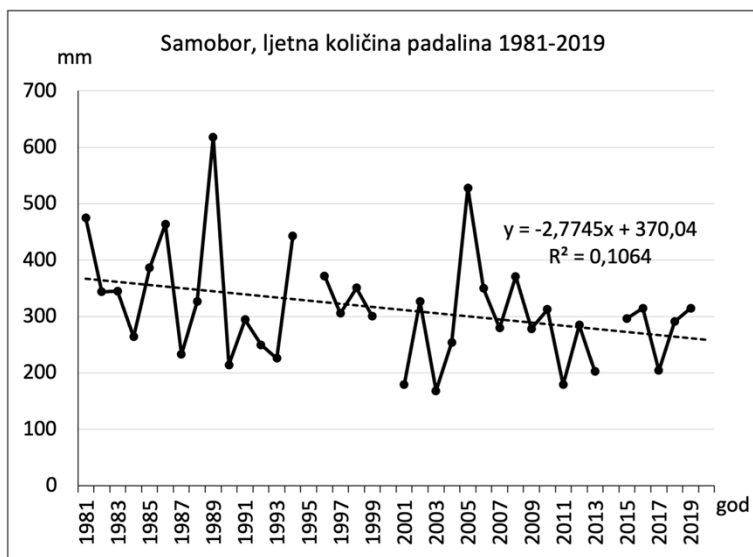
trećine, a očekivano, najmanji udio ukupnog godišnjeg protoka ima ljeto, oko 16-17 %. Generalno je tako i u oba zadnja dvadesetogodišnja razdoblja po sezonama. Usporedba tih dvaju razdoblja po sezonama pokazuje da je došlo do određene preraspodjele u godišnjim protocima. Na obje postaje su pali udjeli ljetnih i zimskih protoka u razdoblju 2001. – 2020. u odnosu na 1981. – 2000. godinu iako se ne radi o posebno značajnim promjenama, odnosno iznad 10 % promjene udjela jest pad udjela ljetnog protoka na postaji Bregana-remont od 11,5 % (tab 14). Na postaji Koretići čak je nešto izrazitiji pad udjela zimskog protoka (-6,2 %) nego ljetnog protoka (-4,5 %). Moguće je da je na to utjecao položaj hidrološke postaje Koretići koja je, za razliku od postaje Bregana-remont, u prostoru u kojem prevladava šumska vegetacija gdje su ljetni gubitci evaporacijom ljeti manji. Istodobno na toj postaji proljeća i jeseni na obje postaje bilježe određeni porast udjela protoka.

Tab. 15. Sezonske sumarne padaline (Psum, u mm) i njihovi udjeli (%) u ukupnim godišnjim padalinama u odabranim razdobljima na klimatološkoj postaji Samobor

	Proljeće (III-V)		Ljeto (VI-VIII)		Jesen (IX-XI)		Zima (XII-II)	
Klimatološka postaja Samobor								
Period	Psum (mm)	Udio (%)	Psum (mm)	Udio (%)	Psum (mm)	Udio (%)	Psum (mm)	Udio (%)
1991. – 2020.	236,2	22,0	295,4	28,0	335,0	31,5	194,7	18,4
A) 1981. – 2000.	223,4	21,0	345,1	31,7	311,7	29,6	191,7	17,7
B) 2001. – 2020.	252,5	22,9	285,4	27,0	334,2	30,7	205,8	19,3
Razlika B-A	+29,0	+1,9	-59,8	-4,7	+22,5	+1,1	+14,1	+1,7
Razlika B-A (%)	+13,00	+9,02	-17,32	-14,87	+7,23	+3,88	+7,38	+9,44

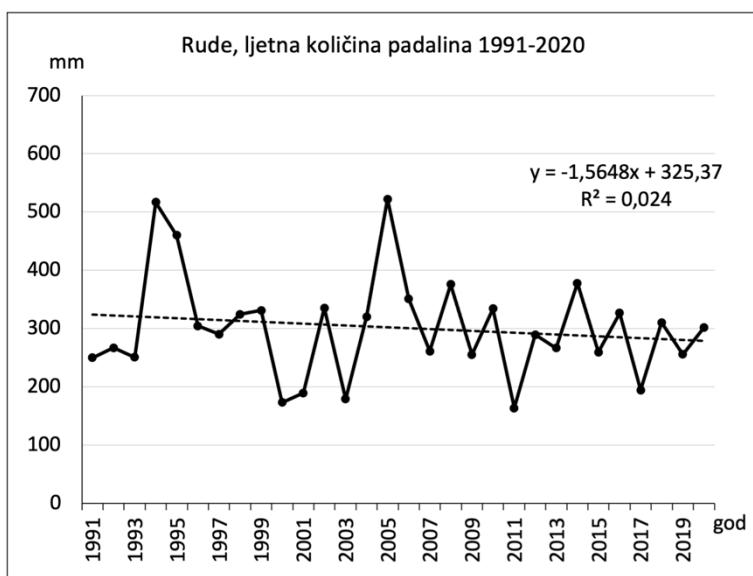
Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Podaci o sezonskim protocima na Bregani mogu se usporediti s podacima o sezonskim padalinama na postaji Samobor u istim odabranim razdobljima (tab. 15), s obzirom da se količine padalina mjere od 1981. godine. Razvidno je da je došlo do smanjenja količine i udjela (oko -15 %) ljetnih padalina. Ljeto je jedina sezona u kojoj je došlo do pada količine padalina ne samo na klimatološkoj postaji Samobor, nego i na kišomjernoj postaji Rude, iako za tu postaju ne raspolažemo podacima prije 1991. godine (sl. 36 i sl. 37). Možemo zaključiti da je za pad ljetnog udjela protoka na hidrološkim postajama na Bregani djelomično odgovoran pad ljetnih padalina.



Sl. 36. Kretanje ljetnih (VI-VIII mj.) količina padalina na klimatološkoj postaji Samobor u razdoblju 1981. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 37. Kretanje ljetnih (VI-VIII mj.) količina padalina na kišomjernoj postaji Rude u razdoblju 1991. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

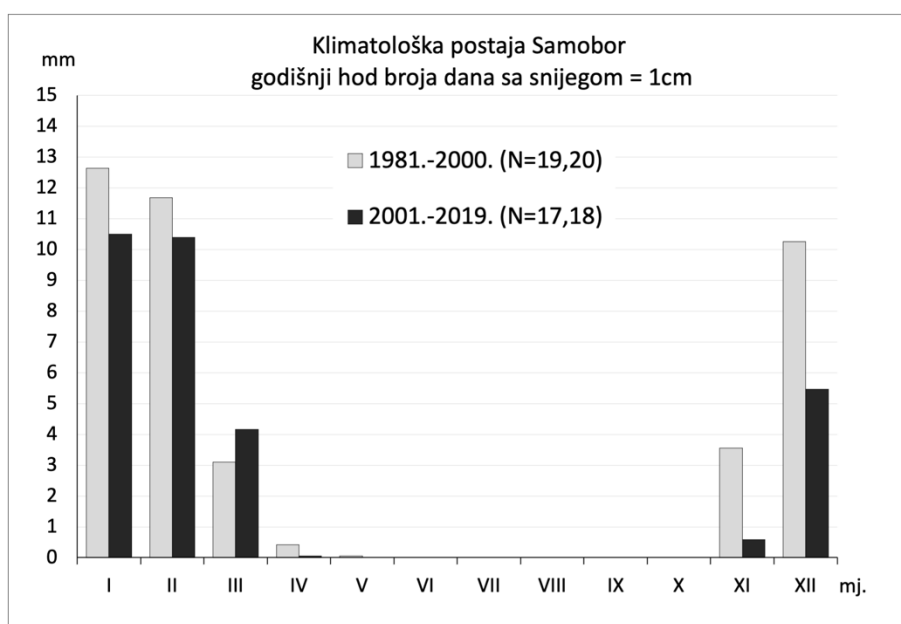
Uz to, pad udjela ljetnog protoka dijelom je i posljedica porasta srednjih mjesečnih temperatura koje su u najvećoj mjeri zahvatile upravo ljetne mjeseci. Naime, povećanje temperature znači i povećanje evapotranspiracije, što znači i manje otjecanje. Usporedba dvaju srednjih mjesečnih temperatura dvaju zadnjih dvadesetogodišnjih razdoblja na klimatološkoj postaji Samobor (tab. 16) to jasno pokazuje. Srednja godišnja temperatura u drugom razdoblju (2001. – 2020.) je za 1 °C viša u odnosu na prvo razdoblje (1981. – 2000.). Jedino je u rujnu srednja mjesečna temperatura ostala ista, dok se u svim ostalim mjesecima bilježi porast temperature. Porast srednje mjesečne temperature preko 1 °C bilježe travanj, lipanj, srpanj, kolovoz te studeni. Navedeno je posljedica zatopljenja (u ovom slučaju se ne može govoriti o klimatskoj promjeni jer su analizirana svega dva zadnja dvadesetogodišnja niza, ali svakako se može o odgovarajućoj fluktuaciji klime).

Tab. 16. Usporedba srednjih mjesečnih temperatura za razdoblja 1981. – 2000. i 2001. – 2020. na klimatološkoj postaji Samobor

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981. – 2000. (N= 19-20)	0,2	1,7	6,7	11,3	16,1	19,2	21,1	20,5	16,4	11,0	4,9	1,4	10,8
2001. – 2020. (N=17-18)	0,9	2,5	7,3	12,5	16,9	20,9	22,5	21,7	16,4	11,7	7,0	1,8	11,8
Razlika (°C)	+0,7	+0,8	+0,7	+1,2	+0,8	+1,7	+1,4	+1,2	0,0	+0,7	+2,0	+0,4	+1,0

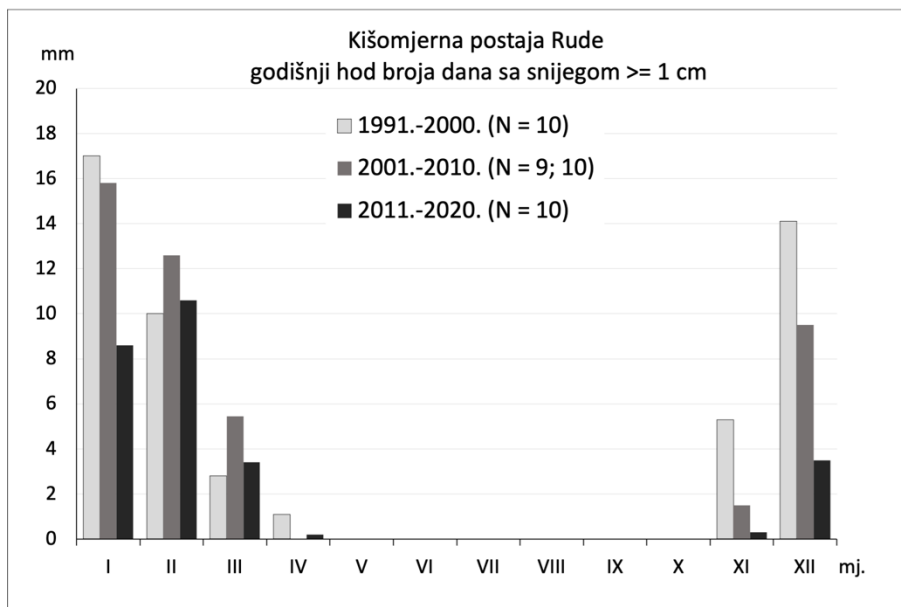
Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Konačno, za razumijevanje sezonskih promjena, a potom i promjena protočnih režima u porječju Bregane treba dodati da su povećanja mjesečnih temperatura, posebno u hladnom dijelu godine, praćena padom broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm. Na meteorološkoj postaji Samobor podatci o broju dana sa snježnim pokrivačem omogućuju usporedbu u dva zadnja dvadesetogodišnja razdoblja (sl. 38), a na meteorološkoj postaji Rude, s obzirom na podatke od 1991. godine bila je moguća usporedba zadnjih za zadnje tri dekade (sl. 39). Postaja Mrzlo Polje Žumberačko ima previše manjkave nizove za kvalitetnu usporedbu, ali opća slika je ista kao na prethodne dvije postaje, a to je znatno smanjenje broja dana sa snijegom (sl. 40), posebno u prosincu i siječnju.



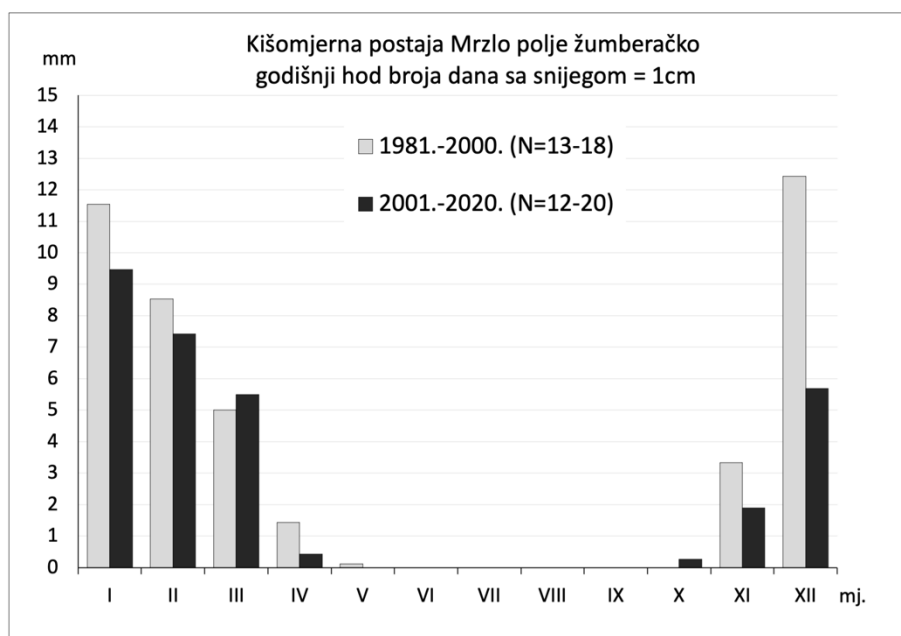
Sl. 38. Usporedba godišnjeg hoda broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm na klimatološkoj postaji Samobor u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 39. Promjene godišnjeg hoda broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm na klimatološkoj postaji Rude u tri zadnje dekade, u razdobljima 1991. – 2000., 2001. – 2010. i 2011. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 40. Usporedba godišnjeg hoda broja dana sa snježnim pokrivačem  $\geq 1$  cm na kišomjernoj postaji Mrzlo Polje Žumberačko na nepotpunim nizovima u razdobljima 1991. – 2000. i 2001. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

## 7.5. Protočni režimi

### 7.5.1. Obilježja protočnih režima u porječju Bregane

Sve tri hidrološke postaje u porječju Bregane imaju dovoljno dugi (reprezentativni niz) podatka o protocima za klimatološki standardno razdoblje 1991. – 2020. godina. Breganarremont i Koretići na Bregani imaju potpune nizove, a Svinjarići na Breganici raspolažu



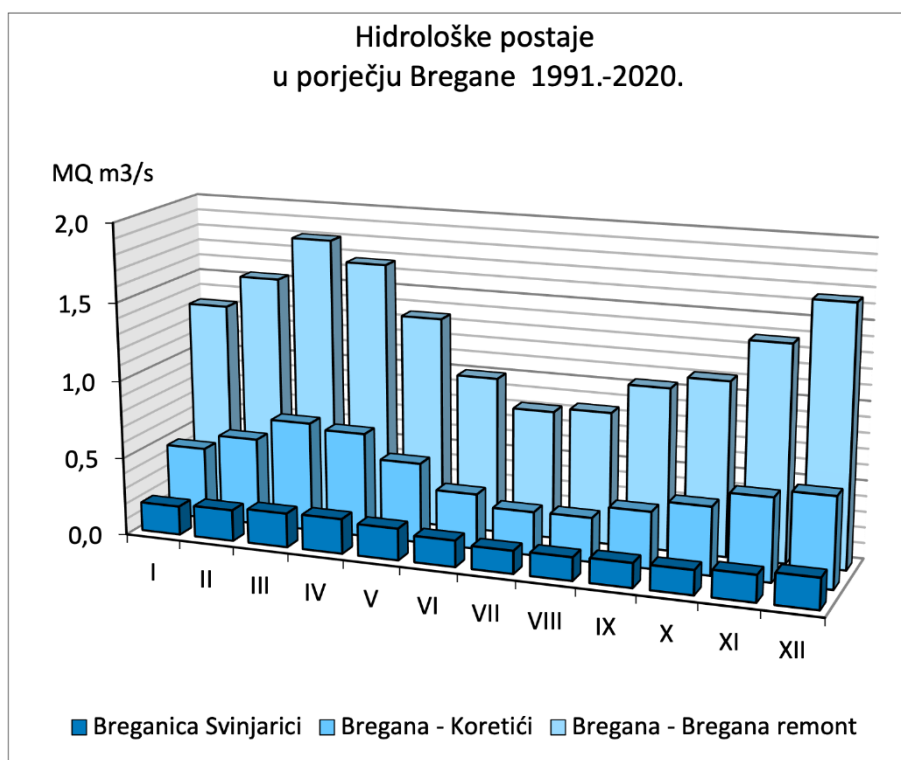
srednjim mjesečnim protocima za najmanje 25 godina. To znači da je moguće na sve tri postaje odrediti obilježja protočnih režima, odnosno utvrditi tip protočnoga režima u standardnom razdoblju.

Tablično su prikazani osnovni parametri za srednje mjesečne i godišnje protoke 1991. – 2020. (tab. 17) te su usporedno na istom dijagramu prikazani godišnji hodovi za sve tri hidrološke postaje koristeći apsolutne iznose srednjeg protoka MQ u m<sup>3</sup>/s (sl. 41). Dijagram s apsolutnim podacima o protoku zapravo je više ilustrativan te pokazuje da nizvodnije postaje, odnosno postaje s većim slijevnim područjem imaju, naravno, veće protoke, ali nam pokazuje da bitnih razlika u hodu nema, odnosno da se može očekivati da je tip protočnoga režima u cijelom porječju Bregane isti.

Tab. 17. Osnovni parametri nizova srednjih mjesečnih i srednjih godišnjih protoka (m<sup>3</sup>/s) za hidrološke postaje Bregana-remont i Koretići na Bregani te Svinjarići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Hidrološka postaja Bregana-remont na Bregani													
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MQ	1,32	1,53	1,80	1,67	1,35	1,00	0,82	0,85	1,04	1,11	1,38	1,66	1,29
stdev	0,56	0,80	1,08	0,75	0,73	0,33	0,19	0,51	0,67	0,55	0,67	0,76	0,32
k.var.	0,43	0,53	0,60	0,45	0,54	0,33	0,23	0,60	0,64	0,50	0,48	0,46	0,24
Hidrološka postaja Koretići na Bregani													
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MQ	0,46	0,56	0,70	0,67	0,51	0,35	0,28	0,28	0,36	0,43	0,53	0,58	0,48
stdev	0,19	0,31	0,52	0,38	0,27	0,13	0,08	0,17	0,22	0,22	0,26	0,27	0,12
k. var.	0,42	0,56	0,75	0,56	0,53	0,38	0,27	0,60	0,62	0,51	0,49	0,47	0,26
Hidrološka postaja Svinjarići na Breganici													
N	26	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	24
MQ	0,18	0,20	0,22	0,22	0,20	0,17	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,20	0,17
stdev	0,04	0,08	0,10	0,07	0,12	0,09	0,06	0,08	0,08	0,04	0,05	0,07	0,04
k. var.	0,24	0,39	0,45	0,33	0,58	0,53	0,44	0,54	0,50	0,26	0,30	0,37	0,22

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ



Sl. 41. Hidrogrami za postaje u porječju Bregane: Bregana-remont i Koretići na Bregani i Svinjarići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ

Kako bi bila olakšana usporedba i utvrđivanje tipa protočnog režima, uobičajeno se koriste modulni koeficijenti. Modulne koeficijente uveo je hidrolog Pardé za usporedbu i određivanje tipa protočnog režima bez obzira na veličinu (odnosno apsolutne protoke) tekućica, od potoka do velikih rijeka. Izraz za izračun modulnog koeficijenta (Pardé, 1933) je:

$$M_k = \frac{MQ - \text{svakog mjeseca}}{MQ - \text{godine}}$$

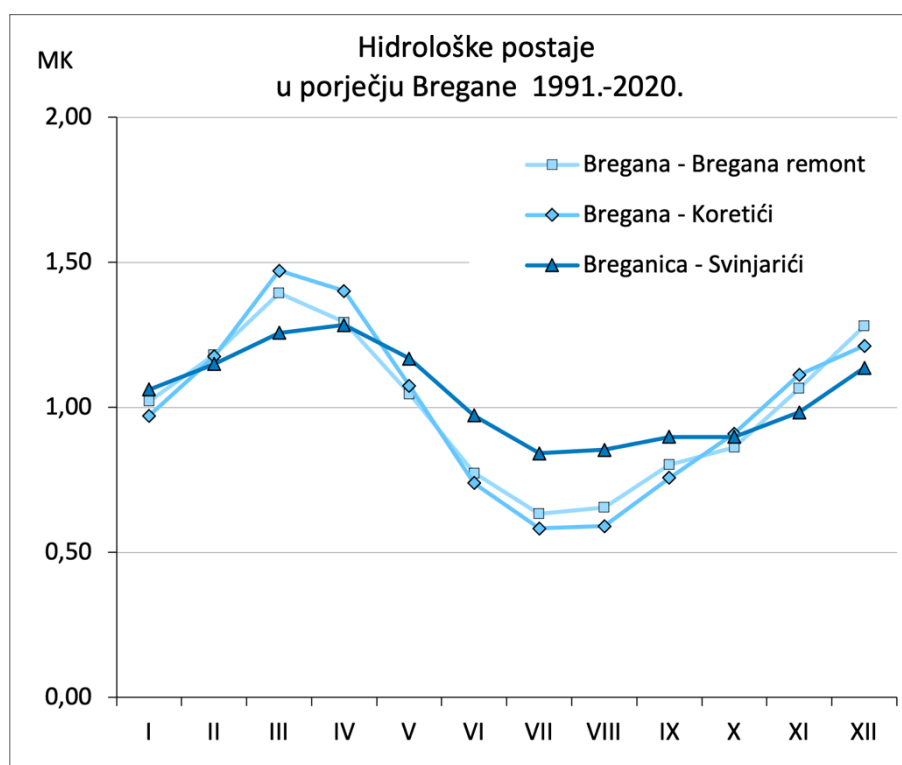
odnosno srednji protok svakog mjeseca dijeli sa srednjim godišnjim protokom.

Postavimo li na istom dijagramu modulne koeficijente hidroloških postaja u porječju Bregane, lako možemo usporediti protočne režime. Primarni maksimum na obje postaje na Bregani javlja se u ožujku, na postaji Bregana-remont vrijednost modulnog koeficijenta (dalje u tekstu MK) je 1,39, a na postaji Koretići 1,47 (tab. 18, sl. 42). Na Breganici (postaja Svinjarići) je maksimum pomaknut na travanj, MK iznosi 1,28. Sekundarni maksimumi su na svim trima postajama u prosincu i vrijednosti MK iznose: Bregana-remont 1,28, Koretići 1,21, Svinjarići 1,14.

Tab. 18. Modularni koeficijenti protoka (MK) na hidrološkim postajama Bregana-remont i Koretići na Bregani te Svinjarići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Hidrološka postaja Bregana-remont na Bregani													
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MK	1,02	1,18	1,39	1,29	1,05	0,77	0,63	0,66	0,80	0,86	1,07	1,28	1,00
Hidrološka postaja Koretići na Bregani													
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MK	0,97	1,18	1,47	1,40	1,07	0,74	0,58	0,59	0,76	0,91	1,11	1,21	1,00
Hidrološka postaja Svinjarići na Breganici													
N	26	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	24
MK	1,06	1,15	1,26	1,28	1,17	0,97	0,84	0,85	0,90	0,90	0,98	1,14	1,00

Izvor: Izračunato prema podatcima DHMZ



Sl. 42. Protočni režimi iskazani modulnim koeficijentima na postajama Bregana-remont i Koretići na Bregani i Svinjarići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine

Izvor: izračunato prema podatcima DHMZ

Minimumi su na svim postajama u istim mjesecima, primarni se javlja srpnju, s MK vrijednostima: Bregana-remont 0,63, Koretići 0,58, Svinjarići 0,84, a sekundarni u siječnju, s MK vrijednostima: Bregana-remont 1,02, Koretići 0,97 i Svinjarići 1,06. Prema modularnim koeficijentima iznadprosječni protoci se u načelu javljaju od rujna do svibnja, a očekivano su ispod godišnjeg prosjeka u razmjerno toplim mjesecima kada je evapotranspiracija viša.

Pomalo iznenađuje da su na postaji Svinjarići modularni koeficijenti ujednačeniji tijekom godine, s obzirom da se radi o malom slijevnom području (4 km<sup>2</sup>).

Prema navedenim karakteristikama protočnog režima, sve tri postaje u porječju Bregane imaju peripanonski kišno-snežni režim prema tipologiji riječnih režima u Hrvatskoj prema Čanjevcu (2013). Naziv tipa je određen regionalno i s obzirom na prevladavajuću vrstu prihrane. Peripanonski kišno-snežni režim ima dva maksimuma i dva minimuma tijekom godine. Prvi maksimum se javlja u ožujku (Bregana) ili travnju (Breganica). Drugi maksimum je uglavnom izraženiji (što ovdje nije slučaj) i javlja se u prosincu ili iznimno u studenom. Primarni minimum javlja se u kolovozu ili rjeđe, kao što je slučaj u porječju Bregane, u srpnju (razlika MK u odnosu na kolovoz je 0,3 za Breganu-remont, a svega 0,1 za Koretiće i Svinjariće). Sekundarni minimum javlja se u veljači (u porječju Bregane u siječnju). Iznadprosječne vrijednosti protoka se kod peripanonskog kišno-snežnog režima javljaju uglavnom od studenog do travnja, a u porječju Bregane, koje je pretežito šumovitog brdskog karaktera (razmjerno niske temperature i evapotranspiracija) produljene su do svibnja.



Sl. 43. Postaja Bregana-remont na Bregani (snimila V. Curman, 09.10.2021.)



Sl. 44. Postaja Koretići na Bregani (snimila V. Curman, 09.10.2021.)



Sl. 45. Postaja Svinjarići na Breganici (snimila V. Curman, 09.10.2021.)

## 7.5.2. Suvremene promjene protočnih režima

S obzirom da na postaji Bregana-remont raspolažemo nizom podataka o protoku od 1971., a na postaji Koretići i Svinjarići od 1981. godine, to je omogućilo da se na sve tri postaje provede usporedno analiza promjena protoka, na jednakom razdoblju, od 1981. godine do 2020. godine. To je razdoblje podijeljeno u dva uzastopna dvadesetogodišnja razdoblja, starije od 1981. do 2000. godine i novije od 2001. do 2020. godine, te su usporedbom odgovarajućih podataka na sve tri postaje u ta dva razdoblja razmotrene suvremene promjene protočnih režima u porječju Bregane.

Najnižvodnija postaja, na kojoj se odražava stanje praktički porječja Bregane u cjelini, jest postaja Bregana-remont. Sezonske promjene već su razmatrane (tab. 14), a ovdje ih se razmatra detaljnije, prateći mjesečne srednjake (tab. 19, sl. 46) i modularne koeficijente (tab. 20, sl. 47) kako bi se usporedila obilježja protočnih režima u dva zadnja dvadesetogodišnja razdoblja.

Tab. 19. Usporedba srednjih protoka ( $m^3/s$ ) za hidrološku postaju Bregana-remont na Bregani u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine

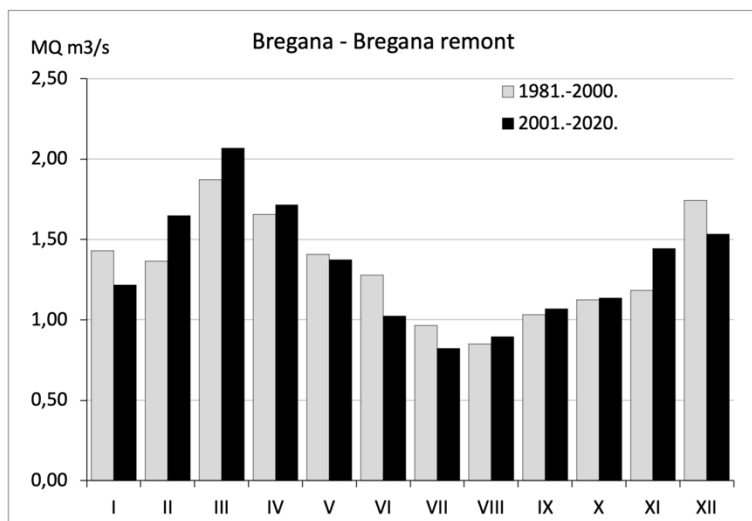
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981.-2000.	1,43	1,36	1,87	1,66	1,41	1,28	0,96	0,85	1,03	1,12	1,18	1,74	1,32
2001.-2020.	1,22	1,65	2,07	1,71	1,37	1,02	0,82	0,89	1,07	1,13	1,44	1,53	1,33
Razlika ( $m^3/s$ )	-0,21	0,28	0,20	0,06	-0,03	-0,25	-0,14	0,05	0,04	0,01	0,26	-0,21	0,00
Razlika (%)	-15,0	+20,9	+10,5	+3,5	-2,4	-19,9	-14,8	+5,4	+3,5	+0,9	+22,0	-12,2	0,2

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ

Tab. 20. Usporedba modularnih koeficijenata (MK) srednjih mjesečnih protoka za hidrološku postaju Bregana-remont na Bregani u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine

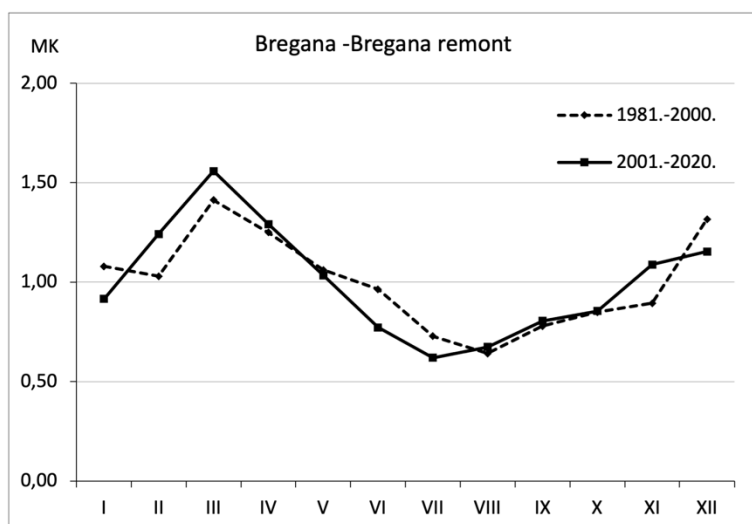
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981.-2000.	1,08	1,03	1,41	1,25	1,06	0,96	0,73	0,64	0,78	0,85	0,89	1,32	1,00
2001.-2020.	0,92	1,24	1,56	1,29	1,03	0,77	0,62	0,67	0,81	0,85	1,09	1,15	1,00
Razlika (%)	-15,2	+20,7	+10,3	+3,3	-2,5	-20,0	-14,9	+5,2	+3,4	+0,7	+21,8	-12,3	-

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ



Sl. 46. Usporedba protočnih režima na postaji Bregana-remont u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, izražena godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 47. Usporedba protočnih režima na postaji Bregana-remont u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, izražena godišnjim hodom modularnih koeficijenata srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Može se zaključiti da je u protočnom režimu na postaji Bregana-remont u razdoblju 2001. – 2020. došlo do određenih promjena u odnosu na 1981. – 2000. Za analizu su od promjene apsolutnih iznosa važnije promjene MK koje govore o preraspodjeli protoka tijekom godine. Primjetan je porast MK u kasnu zimu i rano proljeće (II-IV mj.) s najvećim porastom u veljači (21 %). Praktički nema izrazite promjene MK u kasno ljeto i jesen (VIII-X mj.), ali u se izdvaja porast u studenom (22 %), a slijedi kolovoz (iako sa svega 5 %). S druge strane, zabilježen je relativni pad protoka u prosincu i siječnju, kao i od svibnja do srpnja, pri čemu se ističe lipanjski pad MK (20 %). Apsolutne promjene sukladne su i gotovo posve jednake po relativnim promjenama.

Primarni maksimum (u ožujku) je u novijem dvadesetogodišnjem razdoblju izraženiji nego što je u starijem dvadesetogodišnjem razdoblju, dok je sekundarni maksimum (u prosincu)

manje izražen. Došlo je do pomaka minimuma, pa je primarni minimum pomaknut ranije u ljetu, s kolovoza na srpanj, dok je sekundarni minimum pomaknut s veljače na siječanj.

Tab. 21. Usporedba srednjih protoka (m<sup>3</sup>/s) za hidrološku postaju Koretići na Bregani u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981. – 2000.	0,46	0,45	0,65	0,60	0,49	0,40	0,27	0,23	0,34	0,41	0,44	0,60	0,45
2001. – 2020.	0,44	0,60	0,83	0,71	0,54	0,37	0,28	0,30	0,36	0,43	0,54	0,53	0,50
Razlika (m <sup>3</sup> /s)	-0,02	0,15	0,17	0,11	0,05	-0,02	0,01	0,07	0,03	0,03	0,10	-0,06	0,05
Razlika (%)	-5,2	+33,7	+26,8	+17,6	+9,7	-5,5	+3,0	+30,1	+7,6	+6,2	+22,1	-10,5	+11,2

Izvor: Izračunato prema podatcima DHMZ

Tab. 22. Usporedba modularnih koeficijenata (MK) srednjih mjesečnih protoka za hidrološku postaju Koretići na Bregani u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981. – 2000.	1,04	1,01	1,46	1,36	1,10	0,89	0,62	0,52	0,76	0,91	0,99	1,34	1,00
2001. – 2020.	0,88	1,22	1,67	1,44	1,09	0,75	0,57	0,61	0,73	0,87	1,09	1,08	1,00
Razlika (%)	-14,8	+20,2	+13,9	+5,7	-1,4	-15,1	-7,5	+16,9	-3,3	-4,6	+9,8	-19,6	-

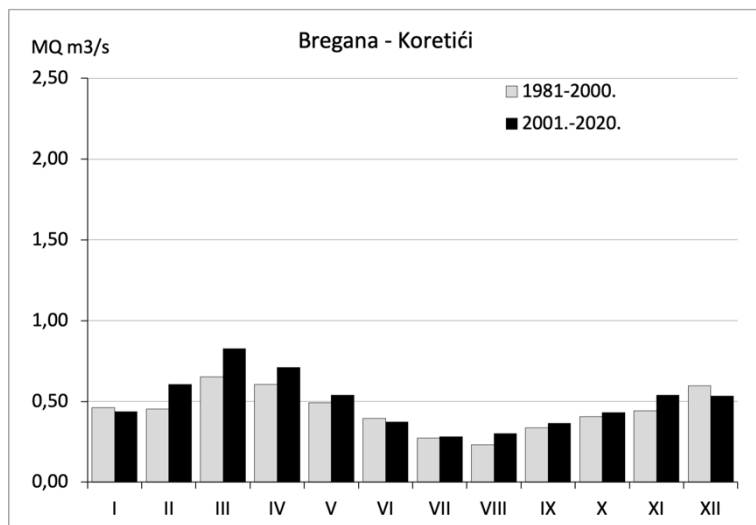
Izvor: Izračunato prema podatcima DHMZ

Na postaji Koretići (tab. 21, sl. 48 te tab. 22, sl. 49), uzvodnije na Bregani, postoje određene sličnosti i razlike u odnosu na promjene na postaji Bregana-remont. Na postaji Koretići je, kao i na postaji Bregana-remont, zabilježen porast MK u kasnu zimu i proljeće (II-IV mj.), opet najviše u veljači (20 %), a prilično i u ožujku (14 %). Slično kao na postaji Bregana-remont, i na postaji Koretići slaba je promjena MK u jesen, osim manjeg porasta u studenom (10 %). Na postaji Koretić se nešto većim porastom MK istaknuo kolovoz (17 %). Jednako kao i na postaji Bregana-remont, i na postaji Koretići je zabilježen apsolutni pad protoka u prosincu i siječnju, kao i ljetni pad od svibnja do srpnja, s tim da je pad MK nešto manje izražen (a u promjenama apsolutnih vrijednosti bilježi se samo u lipnju).

Promjene u položaju i izrazitost maksimuma i minimuma u godišnjem hodu MK gotovo su istovjetne na postaji Koretići kao na postaji Bregana-remont. Tako je primarni maksimum (u ožujku) u novijem dvadesetogodišnjem razdoblju izraženiji nego što je u starijem dvadesetogodišnjem razdoblju, a sekundarni maksimum je manje izražen, ali na postaji Koretići

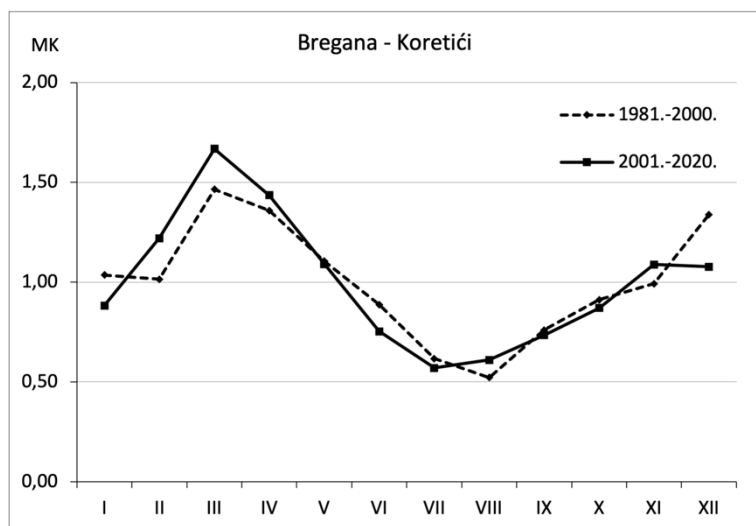


više nije formalno u prosincu, već u studenom (iako su vrijednosti MK vrlo blizu). Kao i kod postaje Bregana-remont došlo je do istovjetnog pomaka minimuma, tj. primarni minimum pomaknut je s kolovoza na srpanj, dok je sekundarni minimum pomaknut s veljače na siječanj.



Sl. 48. Usporedba protočnih režima na postaji Koretići u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, izražena godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 49. Usporedba protočnih režima na postaji Koretići u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, izražena godišnjim hodom modularnih koeficijenata srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Razmatranju promjena protočnih režima na postaji Svinjarići treba prići s oprezom, s obzirom da nizovi nisu jednako dugi, tj. u razdoblju 1981. – 2000. ima svih 20 podataka, no u razdoblju 2001. – 2020. nedostaje četiri ili pet podataka po mjesecima.

U usporedbi protočnih režima ima određenih sličnosti, ali i razlika u odnosu na postaje na Bregani, koje dijelom mogu biti posljedica nedostatka podataka, ali i činjenicom da je postaja Svinjarići postaja s malim slijevnim područjem (4 km<sup>2</sup>) na kojem su moguće izraženije lokalne posebnosti.

Tako je posebno da od tri postaje jedino na postaji Svinjarići zabilježen apsolutni porast protoka u usporedbi dvaju razdoblja, i to u svim mjesecima (tab. 23, sl. 50), u rasponu od svega 1,5 % u prosincu do čak 50 % u kolovozu. Tim je važnije promotriti modularne koeficijente u usporedbi po starijem i novijem razdoblju (tab. 24, sl. 51). Iako ima razlika, postoje određene sličnosti u promjenama godišnjeg hoda MK s postajama na Bregani. U svim mjesecima, osim u prosincu i siječnju bilježi se veći ili manji rast MK. Dakle, pao je udio protoka u dijelu zime kao i kod postaja na Bregani. Također se može reći da je porast u kasnu zimu i proljeće kakav bilježe postaje na Bregani donekle prisutan i na postaji Svinjarići, odnosno predstavljen značajnijim porastom MK u veljači (20,5 %). Najvažnija je razlika u odnosu na postaje na Bregani da na postaji Svinjarići na Breganici, prema doduše nepotpunom nizu novijega razdoblja, nije zabilježen ljetni pad protoka, odnosno općenito nema nekih značajnijih promjena MK u razdoblju od ožujka do srpnja. Međutim, kao i kod Koretića bilježi se izraženi porast MK u kolovozu (32 %) koji se u Svinjarićima nastavlja i na rujnu (16 %).

Kao i na postajama na Bregani, na postaji Svinjarići došlo je do pomaka primarnog minimuma s kolovoza na srpanj i sekundarnog minimuma s veljače na siječanj. Kao i kod ostale dvije postaje primarni maksimum je nešto izraženiji, a sekundarni maksimum je manje izražen.

Tab. 23. Usporedba srednjih protoka ( $m^3/s$ ) za hidrološku postaju Svinjarići na Breganici u razdobljima 1981. – 2000. (N = 20) i 2001. – 2020. (nepotpuni niz; N = 15 ili 16) godine

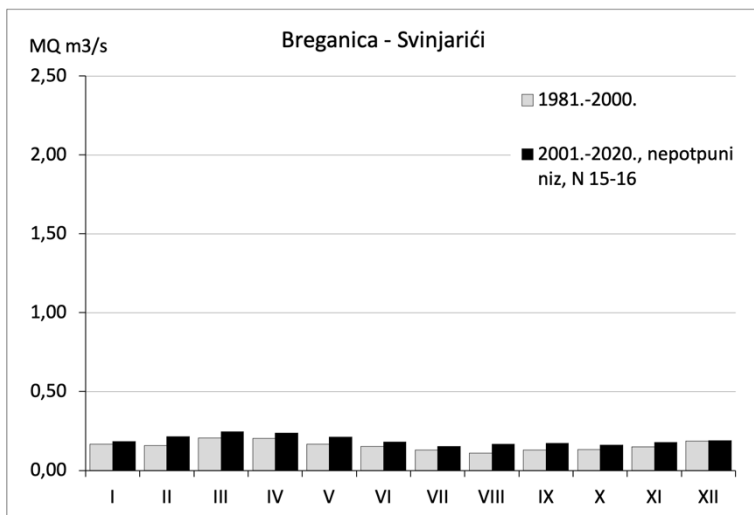
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981. – 2000.	0,17	0,16	0,21	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,13	0,13	0,15	0,19	0,16
2001. – 2020.	0,18	0,22	0,24	0,24	0,21	0,18	0,15	0,17	0,17	0,16	0,18	0,19	0,18
Razlika ( $m^3/s$ )	0,02	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,06	0,04	0,03	0,03	0,00	0,02
Razlika (%)	+10,2	+37,0	+18,7	+16,0	+26,8	+18,4	+19,2	+49,7	+32,1	+20,2	+17,0	+1,5	13,7

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ

Tab. 24. Usporedba modularnih koeficijenata (MK) srednjih mjesečnih protoka za hidrološku postaju Svinjarići na Breganici u razdobljima 1981. – 2000. (N = 20) i 2001. – 2020. (nepotpuni niz, N = 15 ili 16) godine

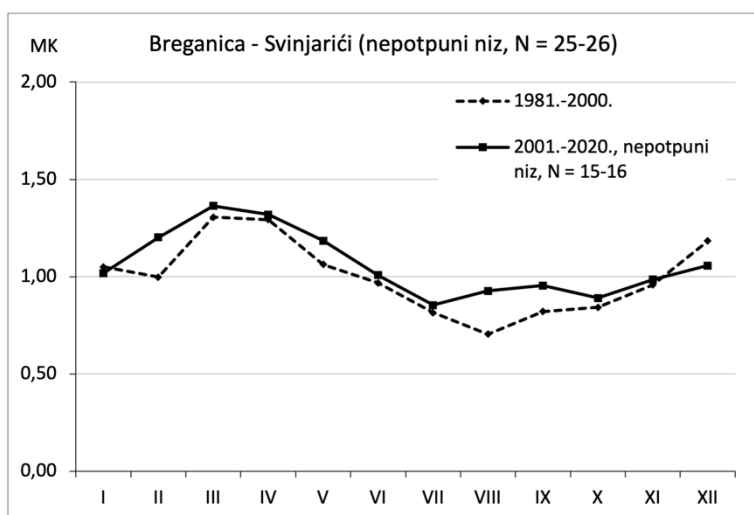
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981. – 2000.	1,05	1,00	1,31	1,29	1,06	0,97	0,81	0,70	0,82	0,84	0,96	1,18	1,00
2001. – 2020.	1,02	1,20	1,36	1,32	1,18	1,01	0,85	0,93	0,95	0,89	0,98	1,06	1,00
Razlika (%)	-3,1	+20,5	+4,4	+2,0	+11,5	+4,1	+4,8	+31,6	+16,2	+5,7	2,9	-10,7	-

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ



Sl. 50. Usporedba protočnih režima na postaji Svinjarići u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, izražena godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a



Sl. 51. Usporedba protočnih režima na postaji Svinjarići u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, izražena godišnjim hodom modularnih koeficijenata srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m<sup>3</sup>/s

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Usporedba protočnih režima iz dva dvadesetogodišnja razdoblja, 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine, na hidrološkim postajama u porječju Bregane pokazala je da je u istraživanom području došlo do određenih promjena u novijem razdoblju. To se prvenstveno odnosi na povećanje udjela protoka u kasnu zimu i rano proljeće (uglavnom veljača i ožujak), koji je zabilježen na sve tri postaje u porječju, te pad udjela protoka ljeti (posebno u lipnju), koji je zabilježen na postajama na Bregani. Na sve tri postaje u zadnjem dvadesetogodišnjem razdoblju u odnosu na prethodno dvadesetogodišnje razdoblje, primarni maksimum u ožujku nešto je izraženiji, a sekundarni maksimum u prosincu (studen kod Koretića) manje je izražen. Postajama u porječju Bregane zajednički je i pomak primarnog minimuma s kolovoza na srpanj i sekundarnog minimuma s veljače na siječanj u novijem od uspoređenih razdoblja.

Utvrđivanje uzroka ovih promjena zahtijevalo bi kompleksno posebno istraživanje, ali moguće je o njima stručno spekulirati. Tako bismo na temelju zapaženih promjena u srednjim

mjesečnim količinama padalina po razdobljima koje uspoređujemo mogli zaključiti da je jedan od uzroka ljetnog smanjenja protoka (posebno u lipnju) utvrđeni ljetni pad padalina (tab. 15, tab. 25), ali i povećanje srednjih mjesečnih temperatura zraka (ljeti posebno u lipnju; tab. 16), što znači veću evapotranspiraciju i manje otjecanje. Teže je razumjeti čimbenike koji utječu na povećanje udjela protoka u kasnu zimu i rano proljeće (uglavnom veljača i ožujak), ali vjerojatno su u svezi sa smanjenjem broja dana sa snježnim pokrivačem (sl. 38, 39, 40), odnosno manjim udjelom snijega u padalinama, što vodi prema većem izravnom otjecanju kišnih padalina. Ujedno je upravo u kasnu zimu, u siječnju i veljači, došlo do značajnoga porasta srednjih mjesečnih padalina u razdoblju 2001. – 2020. u odnosu na razdoblje 1981. – 2000. godine (tab. 25).

Tab. 25. Usporedba srednjih mjesečnih količina padalina za klimatološku postaju Samobor u razdobljima 1981. – 2000. i 2001. – 2020. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
1981. – 2000.	50,5	54,2	65,7	68,1	89,6	129,9	101,8	117,1	110,1	106,4	96,9	88,3	1082,3
2001. – 2020.	65,9	74,4	70,7	79,9	101,8	89,7	99,0	96,7	130,8	100,4	101,1	77,4	1078,5
Razlika (%)	30,7	37,1	7,7	17,3	13,6	-31,0	-2,7	-17,5	18,8	-5,6	4,3	-12,4	-0,4

Izvor: Izračunato prema podacima DHMZ

Iako su zabilježene određene promjene protočnog režima koji uključuje činjenicu da se minimumi u novijem razdoblju javljaju mjesec dana ranije, protočni režim i dalje po tipologiji odgovara peripanonskom kišno-snježnom režimu, jer su glavna obilježja godišnjeg hoda ostala ista.

## 8. Zaključak

S obzirom da se dio porječja nalazi unutar Parka prirode Žumberak-Samoborsko gorje i da je prostor rijetko naseljen, primarna vegetacija i podloga nisu previše izmijenjene te je antropogeni utjecaj na protoke minimalan. Značajniji utjecaj osjetan je jedino u nizvodnom dijelu gdje se nalaze naselja. Veći utjecaj na otjecanje imaju dakle fizičkogeografski uvjeti otjecanja. U porječju prevladava fluviokrš i površinsko otjecanje s razmjerno gustom mrežom tekućica. Kako porječje obilježava brdski reljef s velikim nagibima u dolinskim stranama, dolazi do brze evakuacije voda u tekućice i razmjerno brzog otjecanja u porječju. To nije povoljno jer je izražena mogućnost bujičenja vodotoka. Najveći utjecaj na protoke imaju klimatska obilježja, a posebno ljetno smanjenje padalina i povećanje srednjih temperatura zraka.

Usporedba protočnih režima iz dva dvadesetogodišnja razdoblja, 1981. – 2000. i 2001. – 2020., pokazala je da je u istraživanom području došlo do određenih promjena u novijem razdoblju. Primarno, došlo je do povećanje udjela protoka u kasnu zimu i rano proljeće (uglavnom veljača i ožujak) na svim trima postajama u porječju te pada udjela protoka ljeti (posebno u lipnju) koji je zabilježen na postajama na Bregani. Na sve tri postaje u zadnjem dvadesetogodišnjem razdoblju u odnosu na prethodno dvadesetogodišnje razdoblje, primarni maksimum u ožujku nešto je izraženiji, a sekundarni maksimum u prosincu (studeni kod Koretića) manje je izražen. Postajama u porječju Bregane zajednički je i pomak primarnog minimuma s kolovoza na srpanj i sekundarnog minimuma s veljače na siječanj u novijem od uspoređenih razdoblja.

Iako su zabilježene određene promjene protočnog režima koji uključuje činjenicu da se minimumi u novijem razdoblju javljaju mjesec dana ranije, protočni režim i dalje po tipologiji odgovara peripanonsko kišno-snježnom režimu, jer su glavna obilježja godišnjeg hoda ostala ista.

## Literatura

- Barbalić, D., Kuspilić, N., 2014: Trends of indicators of hydrological alterations, *Građevinar* 66 (7), 613-624
- Beckinsale, R. P., 1969: River regime, u: Chorley, R. J. (ur.): *Water, Earth and Man*, Methuen, London, 176 – 192
- Berghuijs, W. R., Woods, R. A., Hrachowitz, M., 2014: A precipitation shift from snow towards rain leads to a decrease in streamflow. *Nature Climate Change* 4, 583–586, doi: 10.1038/nclimate2246
- Bočić, N., Buzjak, N., Čanjevac, I., Lukić, A., Opačić, V. T., Prelogović, V., Šulc, I., Zupanc, I., Jašinski D., 2018: *Analiza i vrednovanje razvojnih potencijala i ograničenja područja urbane aglomeracije Zagreb*, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- Bognar, A., 1980: Tipovi reljefa kontinentuskog, dijela Hrvatske, *Spomen zbornik 30. obljetnice Geografskog društva Hrvatske*, Zagreb, 39-60
- Bognar, A., 1992: Inženjerskogeomorfološko kartiranje, *Acta Geographica Croatica* 27 (1), 173-184
- Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 34 (1), 7-29
- Bonacci, O., 2010: Analiza nizova srednjih godišnjih temperatura zraka u Hrvatskoj, *Građevinar* 62 (9), 781-791
- Bonacci, O., Dadić, T., Tadić, L., 2012: Hidrološki aspekti pojave snijega u Hrvatskoj, *Hrvatske vode* 81 (20), 117-130
- Brkić, Ž., Čakarun, A., 1998: Osnovna hidrogeološka karta Republike Hrvatske 1:100.000, List Zagreb. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
- Brkić, Ž., Čakarun, A., 1998: Osnovna hidrogeološka karta Republike Hrvatske 1:100.000, Tumač za List Zagreb. – Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 48 str
- Buzjak, N., 2002: Speleološke pojave u Parku prirode „Žumberak-Samoborsko gorje“ *Geoadria* 7 (1), 31-49
- Buzjak, N., 2011: Geomorfološka obilježja: Geomorfološki položaj Samobora, u: Feletar, D. (ur.): *Samobor, zemljopisno-povijesna monografija*, knjiga I, Meridijani, Samobor, 45-49

- Buzjak, N., Dujmović, I., Feletar, D., Feletar, P., Holjevac, Ž., Ibrišević, R., Petrić, H., Raguž, J., Razum, S., Sijerković, M., Somek, P., Vojak, D., Žegarac Peharnik, M., Želle, M., 2011: *Samobor, zemljopisno-povijesna monografija*. Meridijani, Samobor.
- Chaddock, R. E., 1925: *Principles and Methods of Statistics*, Houghton Mifflin Company, The Riverside Press (1st Edition), Cambridge.
- Čanjevac, I., 2013: Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik* 75 (1), 23-42
- Dujmović, I., 2007: *Fizičko-geografske značajke Samoborskog gorja i Plješevičkog prigorja*, Meridijani, Samobor.
- Dujmović, I., Bognar, A., 1995: Temeljne strukturnogeomofološke značajke sjeveroistočnog dijela masiva Žumberačke gore (Samoborsko gorje), *Geografski glasnik* 57, 21-35
- Dujmović, I., Bognar, A., Pahernik, M., 2007: Geomorfološka karta Samoborskog gorja i Plješevičkog prigorja, Meridijani, Samobor.
- Filipčić, A., Orešić, D., Maradin, M., 2013: Promjene količine padalina u Hrvatskoj od sredine 20. stoljeća do danas, *Geoadria* 18 (1), 29-39
- Gajić-Čapka, M., Zaninović, K., 2008: Klima Hrvatske/Climate of Croatia, u: Zaninović, K. (ur.): *Klimatski atlas Hrvatske/Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000.*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 13-17
- Ivezić, V., Filipan, S., Kadić, V., 2019: Hidrološki ekstremi na slivu rijeke Bregane, *Hrvatske vode*, 231-240
- Kušan, V., 2010: Pokrov i namjena korištenja zemljišta u Republici Hrvatskoj – stanje i trendovi, *Agencija za zaštitu okoliša Republike Hrvatske*, Zagreb.
- Lozić, S., 1995: Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31, 17-28
- Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31, 41-50
- Maradin, M., 2007: Varijabilnost padalina u Osijeku, *Hrvatski geografski glasnik* 69 (2), 53-77
- Maradin, M., 2013: Varijabilnost padalina na području Hrvatske s maritimnim pluviometrijskim režimom, *Geoadria* 18 (1), 3-27
- Maradin, M., Filipčić, A., 2012: Prostorne razlike u varijabilnosti padalina Središnje Hrvatske, *Hrvatski geografski glasnik* 74 (1), 41-59
- Marković, M., 1983: *Osnovi primjenjene geomorfologije*, Posebna izdanja, knjiga 8, Geoinstitut Beograd.

- Matanić, R., 1998: Geomorfološke osobine doline Breganice, diplomski rad, Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Orešić, D., Čanjevac, I., Plantak, M., 2017: Promjene protoka i protočnih režima na rijeci Ilovi/ Changes in flow and the discharge regime on the Ilova river, *Acta Geographica Croatica* 43 (44), 1-20
- Pardé, M., 1933: *Fleuves et Rivières*, Armand Colin, Paris, Francuska, 224 str.
- Penzar, B., Penzar, I., 1983: Prikaz godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj pomoću Köppenove sheme, *Acta Geographica Croatica* 17.-18.(1), 3-8
- Pleničar, M., Premru, U., Herak, M., 1976: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Novo Mesto L33-79. – Geološki zavod, Ljubljana, (1963-1969); Savezni geološki zavod, Beograd.
- Pleničar, M., Premru, U., Herak, M., 1977: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Novo Mesto L33-79. – Geološki zavod, Ljubljana (1970); Savezni geološki zavod, Beograd.
- Počakal, M., 1982: Hidrografske veličine porječja Bednje, *Geografski glasnik* 44, 85-102
- Riđanović, J., 1973: Hidrogeografske značajke Središnje Hrvatske, *Geografski glasnik* 35, 51-65
- Riđanović, J., 1993: *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb.
- Šegota T., 1986: Relativni udio padalina u Jugoslaviji u toploj i hladnoj polovici godine, *Radovi* 21, 3-6
- Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb
- Šegota, T., Filipčić, A., 2007: Suvremene promjene klime i smanjenje protoka Save u Zagrebu, *Geoadria* 12 (1), 47-58
- Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A., 1979: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Zagreb L33-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972), Savezni geološki zavod, Beograd.
- Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A., 1979: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za List Zagreb L33-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972), Savezni geološki zavod, Beograd.
- Šošić, I., Serdar, V., 1994: *Uvod u statistiku*, Školska knjiga, Zagreb.
- Vujnović, T., 2010: *Hidrogeološke značajke Parka prirode „Žumberak - Samoborsko gorje“*, doktorska disertacija, Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Zagreb.
- Žugaj, R., 2000: *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu i RGN fakultet, Zagreb.
- Žugaj, R., 2010: *Velike vode malih slivova*, Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Zagreb.



## Izvori

- Arcanum Maps, n.d.: Habsburg Empire (1869.-1887.) – Third Military Survey (1:75000), <https://www.arcanum.com/en/> (28.10.2021.)
- Copernicus, 2016, <https://www.copernicus.eu/hr> (12.09.2021.)
- Corine Land Cover, 1990., 2018., <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (14.10.2021.)
- Državna geodetska uprava (DGU), 2020: Digitalni ortofoto 2020 – WMS, <https://dgu.gov.hr/> (15.09.2021.)
- Državni zavod za statistiku (DZS), 2011: Popis stanovništva, kućanstva i stanova 2011.: stanovništvo prema starosti i spolu, po naseljima, <https://www.dzs.hr/> (27.10.2021.)
- Flood Risk Slovenia-Croatia Operations (FRISCO), 2017: Kako se štitimo od poplava, [https://www.voda.hr/sites/default/files/clanak/radionica\\_frisco1\\_t81\\_bregana-6-11-17.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/clanak/radionica_frisco1_t81_bregana-6-11-17.pdf) (19.09.2021.)
- OpenStreetMap, <https://www.openstreetmap.org/#map=10/45.8202/15.3603> (12.09.2021.)
- Statistični urad Republike Slovenije (SURS), 2021: Prebivalstvo – izbrani kazalniki, naselja, Slovenija, letno, <https://www.stat.si/StatWeb/> (27.10.2021.)
- Tomljenović, B., Matoš, B., n.d.: Geomorfološki indikatori aktivne tektonike, predavanje iz kolegija Strukturna geomorfologija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, [http://rgn.hr/~bruntom/nids\\_bruntom/PDF%20Strukturna%20geomorfologija/04%20-%20Geomorfoloski%20indikatori%20aktivne%20tektonike.pdf](http://rgn.hr/~bruntom/nids_bruntom/PDF%20Strukturna%20geomorfologija/04%20-%20Geomorfoloski%20indikatori%20aktivne%20tektonike.pdf) (25.10.2021.)

## Popis grafičkih priloga

Sl. 3. Pregledna karta porječja Bregane .....	2
Sl. 4. Geološka građa porječja Bregane .....	5
Sl. 3. Hidrogeološka obilježja porječja Bregane .....	7
Sl. 4. Geomorfološka regionalizacija porječja Bregane .....	8
Sl. 5. Morfostrukturalna podjela Samoborskog gorja (SI dijela Žumberačke gore) .....	10
Sl. 6. Hipsometrijska obilježja porječja Bregane .....	12
Sl. 7. Hipsometrijska krivulja porječja Bregane .....	13
Sl. 8. Nagib padina .....	15
Sl. 9. Vertikalna raščlanjenost reljefa .....	16
Sl. 10. Tipovi reljefa u porječju Bregane .....	17
Sl. 11. Područje Ponikve zapadno od Bregane .....	18
Sl. 12. Vilinske jame u dolini Breganice .....	19
Sl. 13. Položaj odabranih meteoroloških postaja .....	21
Sl. 14. Usporedba kretanja godišnjih količina padalina na kišomjernoj postaji Rude (mm) i godišnjih protoka na hidrološkoj postaji Bregana-remont na Bregani (m <sup>3</sup> /s) u razdoblju 1991.-2020. godina .....	23
Sl. 15. Usporedba kretanja godišnjih količina padalina na klimatološkoj postaji Samobor (mm) i godišnjih protoka na hidrološkoj postaji Bregana-remont na Bregani (m <sup>3</sup> /s) u razdoblju 1991.-2020. godina .....	24
Sl. 16. Linearna korelacija između srednjeg godišnjeg protoka Bregane na hidrološkoj postaji Bregana remont i godišnje količine padalina u Rudama za razdoblje 1991.-2020. godina ....	24
Sl. 17. Linearna korelacija između srednjeg godišnjeg protoka Bregane na hidrološkoj postaji Bregana remont i godišnje količine padalina u Samoboru za razdoblje 1981.-2020. godina ...	25
Sl. 18. Kretanje godišnjih količina padalina na kišomjernoj postaji Rude (mm) .....	26
Sl. 19. Kretanje godišnjih količina padalina na klimatološkoj postaji Samobor (mm) .....	26
Sl. 20. Godišnji hod padalina u Samoboru, Rudama i Mrzlom Polju Žumberačkom u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. godine .....	28
Sl. 21. Godišnji hod broja dana sa sniježnim pokrivačem $\geq 1$ cm u Samoboru, Rudama i Mrzlom Polju Žumberačkom 1991.-2020. godine .....	31
Sl. 22. Kretanje prosječnog godišnjeg broja dana sa sniježnim pokrivačem $\geq 1$ cm na kišomjernoj postaji Rude 1991. – 2020. godine .....	31

Sl. 23. Kretanje prosječnog godišnjeg broja dana sa snježnim pokrivačem $\geq 1$ cm na klimatološkoj postaji Samobor 1981. – 2020. godine .....	31
Sl. 24. Kretanje prosječne godišnje temperature zraka na klimatološkoj postaji Samobor 1981. – 2020. godine .....	32
Sl. 25. Godišnji hod temperature zraka u Samoboru u standardnom klimatološkom razdoblju 1991.-2020. i u Sošicama u razdoblju 1996.-2019. godine .....	33
Sl. 26. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 2018. godine .....	35
Sl. 27. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 1990. godine .....	36
Sl. 28. Kameni nabačaj na desnoj obali Bregane nedaleko ušća u Savu; na lijevoj obali su vidljiva erozijska oštećenja obale .....	38
Sl. 29. Kamenom obzidane obale i izravnano dno na Breganici u naselju Breganica .....	38
Sl. 30. Ribnjaci i rekreacijsko središte Divlje vode .....	39
Sl. 31. Usporedba toka Bregane u 19. stoljeću i danas .....	39
Sl. 32. Položaj hidroloških postaja u porječju Bregane .....	45
Sl. 33. Srednji godišnji protoci (MQ), godišnji visoki protoci (Q max) i godišnji niski protoci (Q min) na postaji Bregana-remont na Bregani u razdoblju 1970.-2020. godine .....	46
Sl. 34. Srednji godišnji protoci (MQ), godišnji visoki protoci (Q max) i godišnji niski protoci (Q min) na postaji Koretići na Bregani u razdoblju 1981.-2020. godine .....	47
Sl. 35. Srednji godišnji protoci (MQ), godišnji visoki protoci (Q max) i godišnji niski protoci (Q min) na postaji Svinjarići na Breganici u razdoblju 1981.-2020. godine .....	48
Sl. 36. Kretanje ljetnih (VI-VIII mj.) količina padalina na klimatološkoj postaji Samobor u razdoblju 1981.-2020. godine .....	52
Sl. 37. Kretanje ljetnih (VI-VIII mj.) količina padalina na kišomjernoj postaji Rude u razdoblju 1991.-2020. godine .....	52
Sl. 38. Usporedba godišnjeg hoda broja dana sa snježnim pokrivačem $\geq 1$ cm na klimatološkoj postaji Samobor u razdobljima 1981.-2000. godine i 2001.-2020. godine .....	53
Sl. 39. Promjene godišnjeg hoda broja dana sa snježnim pokrivačem $\geq 1$ cm na klimatološkoj postaji Rude u tri zadnje dekade, u razdobljima 1991.-2000., 2001.-2010. i 2011.-2020. godine .....	54
Sl. 40. Usporedba godišnjeg hoda broja dana sa snježnim pokrivačem $\geq 1$ cm na kišomjernoj postaji Mrzlo Polje Žumberačko na nepotpunim nizovima u razdobljima 1991.-2000. i 2001.-2020. godine .....	54
Sl. 41. Hidrogrami za postaje u porječju Bregane: Bregana-remont i Koretići na Bregani i Svinjarevići na Breganici u klimatološki standarnom razdoblju 1991.-2020. godine .....	56

Sl. 42. Protočni režimi iskazani modulnim koeficijentima na postajama Bregana-remont i Koretići na Bregani i Svinjarevići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. godine .....	57
Sl. 43. Postaja Bregana-remont na Bregani .....	58
Sl. 44. Postaja Koretići na Bregani .....	59
Sl. 45. Postaja Svinjarići na Breganici .....	59
Sl. 46. Usporedba protočnih režima na postaji Bregana-remont u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine, izražena godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m <sup>3</sup> /s .....	61
Sl. 47. Usporedba protočnih režima na postaji Bregana-remont u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine, izražena godišnjim hodom modularnih koeficijenata srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m <sup>3</sup> /s .....	61
Sl. 48. Usporedba protočnih režima na postaji Koretići u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine, izražena godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m <sup>3</sup> /s .....	63
Sl. 49. Usporedba protočnih režima na postaji Koretići u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine, izražena godišnjim hodom modularnih koeficijenata srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m <sup>3</sup> /s .....	63
Sl. 50. Usporedba protočnih režima na postaji Svinjarići u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine, izražena godišnjim hodom srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m <sup>3</sup> /s .....	65
Sl. 51. Usporedba protočnih režima na postaji Svinjarići u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine, izražena godišnjim hodom modularnih koeficijenata srednjih mjesečnih protoka (MQ) u m <sup>3</sup> /s .....	65

## Popis tablica

Tab. 1. Nagib padina i udio pojedinih klasa u ukupnoj površini porječja.....	14
Tab. 2. Vertikalna raščlanjenost reljefa i udio kategorija u ukupnoj površini.....	17
Tab. 3. Raspoloživost podataka za meteorološke postaje u blizini porječja Bregane.....	22
Tab. 4. Osnovni parametri nizova mjesečnih i godišnje količine padalina za meteorološke postaje Samobor, Rude i Mrzlo Polje Žumberačko u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. godina .....	27
Tab. 5. Srednje sezonske sume padalina (Ps mm) i sezonski udio padalina (Ps %) u razdoblju 1991.-2020. godina na klimatološkoj postaji Samobor i kišomjernoj postaji Rude.....	29
Tab. 6. Osnovni parametri nizova prosječnih mjesečnih i godišnjeg broja dana sa snježnim pokrivačem $\geq 1$ cm za meteorološke postaje Samobor, Rude i Mrzlo Polje Žumberačko u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. godina .....	30
Tab. 7. Osnovni parametri nizova srednjih mjesečnih i godišnjih temperatura zraka za meteorološku postaju Samobor u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. te Sošice za razdoblje 1996.-2019. godine .....	33
Tab. 8. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 2018. godine .....	35
Tab. 9. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta 1990. godine .....	36
Tab 10. Osnovni podatci o hidrološkim postajama u porječju Bregane .....	45
Tab. 11. Vrijednosti srednjaka karakterističnih protoka ( $m^3/s$ ) u odabranim razdobljima na postaji Bregana-remont na Bregani .....	47
Tab. 12. Vrijednosti srednjaka karakterističnih protoka ( $m^3/s$ ) u odabranim razdobljima na postaji Koretići na Bregani .....	48
Tab. 13. Vrijednosti srednjaka karakterističnih protoka ( $m^3/s$ ) u odabranim razdobljima na postaji Svinjarići na Breganici .....	49
Tab. 14. Sezonski sumarni protoci (Qsum, u $m^3/s$ ) i njihovi udjeli (%) u ukupnim godišnjim protocima u odabranim razdobljima na hidrološkim postajama Bregana-remont i Koretići na Bregani .....	50
Tab. 15. Sezonske sumarne padaline (Psum, u mm) i njihovi udjeli (%) u ukupnim godišnjim padalinama u odabranim razdobljima na klimatološkoj postaji Samobor .....	51
Tab. 16. Usporedba srednjih mjesečnih temperatura za razdoblja 1981.-2000. i 2001.-2020. na klimatološkoj postaji Samobor .....	53

Tab. 17. Osnovni parametri nizova srednjih mjesečnih i srednjih godišnjih protoka ( $m^3/s$ ) za hidrološke postaje Bregana-remont i Koretići na Bregani te Svinjarići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. godine .....	55
Tab. 18. Modularni koeficijenti protoka (MK) na hidrološkim postajama Bregana-remont i Koretići na Bregani te Svinjarići na Breganici u klimatološki standardnom razdoblju 1991.-2020. godine .....	57
Tab. 19. Usporedba srednjih protoka ( $m^3/s$ ) za hidrološku postaju Bregana-remont na Bregani u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine .....	60
Tab. 20. Usporedba modularnih koeficijenata (MK) srednjih mjesečnih protoka za hidrološku postaju Bregana-remont na Bregani u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine .....	60
Tab. 21. Usporedba srednjih protoka ( $m^3/s$ ) za hidrološku postaju Koretići na Bregani u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine .....	62
Tab. 22. Usporedba modularnih koeficijenata (MK) srednjih mjesečnih protoka za hidrološku postaju Koretići na Bregani u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine .....	62
Tab. 23. Usporedba srednjih protoka ( $m^3/s$ ) za hidrološku postaju Svinjarići na Breganici u razdobljima 1981.-2000. (N = 20) i 2001.-2020. (nepotpuni niz; N = 15 ili 16) godine .....	64
Tab. 24. Usporedba modularnih koeficijenata (MK) srednjih mjesečnih protoka za hidrološku postaju Svinjarići na Breganici u razdobljima 1981.-2000. (N = 20) i 2001.-2020. (nepotpuni niz, N = 15 ili 16) godine .....	64
Tab. 25. Usporedba srednjih mjesečnih količina padalina za klimatološku postaju Samobor u razdobljima 1981.-2000. i 2001.-2020. godine .....	66

**Priprema za nastavni sat**

**Naziv i mjesto škole**

**PRIPREMA ZA IZVOĐENJE NASTAVNOG SATA IZ  
GEOGRAFIJE**

Ime i prezime nastavnika: Valentina Curman

Datum izvođenja nastavnog sata: prosinac 2021.

<b>Naziv nastavnog sata</b>	Istraživački rad – temperatura zraka	
<b>Razred</b>	6.	
<b>Tip sata</b>	Kombinirani	
<p><b>1. Odgojno-obrazovni ishodi nastavnoga predmeta – GEOGRAFIJA</b></p> <p>GEO OŠ B.6.7. Učenik analizira prostorne organizacije i procese istraživačkim radom, korištenjem geografske karte i IKT-a.</p> <p>GEO OŠ B.6.5. Učenik opisuje atmosferu i vrijeme, objašnjava najvažnije klimatske elemente, prikuplja i analizira podatke o vremenu te obrazlaže važnost vremenske prognoze.</p>	Ishodi učenja	Zadaci kojima ću provjeriti ishode učenja u završnom dijelu sata
	Prepoznaje prostorni problem.	Koji je problem opisan u tekstu?
	Postavlja istraživačko pitanje.	Na temelju pročitanog teksta, napiši istraživačko pitanje na koje ćeš odgovoriti samostalnim istraživanjem.
	Postavlja hipotezu.	Napiši hipotezu u obliku izjavne rečenice koju ćeš provjeravati istraživanjem.
	Prikuplja podatke preko mobilne aplikacije Termometar ++.	Tijekom studenog prikupi podatke o temperaturi zraka pomoću aplikacije Termometar++.
	Organizira podatke tablično.	Prikupljene podatke zapiši u tablicu i dodaj sve elemente koje tablica mora imati.
	Računa srednje dnevne temperature zraka.	Izračunaj srednje dnevne temperature zraka i zapiši ih u odgovarajuća polja tablice.
	Računa srednju mjesečnu temperaturu zraka.	Izračunaj srednju mjesečnu temperaturu zraka i zapiši ju u odgovarajuće polje tablice.
	Izrađuje linijski dijagram.	Na temelju točno izračunatih podataka u tablici izradi linijski dijagram prema pravilima za njegovu izradu.
	Uspoređuje podatak sa standardnim klimatološkim razdobljem.	Usporedi srednju mjesečnu temperaturu zraka sa srednjom mjesečnom temperaturom u standardnom klimatološkom razdoblju.
Donosi zaključak.	Na temelju usporedbe napiši zaključak kojim ćeš odgovoriti na istraživačko pitanje i potvrditi ili odbaciti hipotezu.	
Izrađuje istraživački izvještaj.	Sve etape rada opiši u istraživačkom izvještaju.	
Pravilno numerira i potpisuje grafičke priloge.	Na odgovarajuće mjesto u izvještaju dodaj tablicu/tablice i grafičke priloge izrađene prema pravilima geografskih grafičkih metoda.	
Pravilno navodi popis literature i izvora.	Na kraju izvještaja, prema uputi napiši popis korištene literature i izvora.	



	Uspoređuje podatke i zaključke s kolegama.  Predstavlja rezultate istraživačkog rada.	Napisani izvještaj i izrađene priloge usporedi s učenicima u svojoj skupini i po potrebi korigiraj svoj izvještaj.  Usmeno izloži rezultate istraživačkog rada drugim učenicima u razredu.
<b>2. Povezanost<sup>2</sup> s odgojno-obrazovnim očekivanjima MPT</b> <i>Učiti kako učiti</i>	uku A.3.1. Upravljanje informacijama Učenik samostalno traži nove informacije iz različitih izvora, transformira ih u novo znanje i uspješno primjenjuje pri rješavanju problema. uku A.3.3. Kreativno mišljenje Učenik samostalno oblikuje svoje ideje i kreativno pristupa rješavanju problema. uku A.3.4. Kritičko mišljenje Učenik kritički promišlja i vrednuje ideje uz podršku učitelja. uku D.3.2. Suradnja s drugima Učenik ostvaruje dobru komunikaciju s drugima, uspješno surađuje u različitim situacijama i spreman je zatražiti i ponuditi pomoć.	
<b>3. Povezanost<sup>2</sup> s odgojno-obrazovnim očekivanjima MPT</b> <i>Osobni i socijalni razvoj</i>	osr B.3.2. Razvija komunikacijske kompetencije i uvažavajuće odnose s drugima osr B.3.4. Suradnički uči i radi u timu. osr C.3.2. Prepoznaje važnost odgovornosti pojedinca u društvu.	
<b>4. Povezanost<sup>2</sup> s odgojno-obrazovnim očekivanjima MPT</b> <i>Uporaba IKT-a</i>	ikt A.3.2. Učenik se samostalno koristi raznim uređajima i programima. ikt C.3.4. Učenik uz učiteljevu pomoć ili samostalno odgovorno upravlja prikupljenim informacijama. ikt D.3.3. Učenik stvara nove uratke i ideje složenije strukture.	
<b>5. Povezanost s odgojno-obrazovnim očekivanjima drugih MPT-a i/ili odgojno-obrazovnim ishodima drugih nastavnih predmeta</b>	MAT OŠ A.6.4. Primjenjuje uspoređivanje nenegativnih racionalnih brojeva. MAT OŠ A.6.5. Računa s nenegativnim racionalnim brojevima. MAT OŠ E.6.1. Prikazuje podatke tablično te linijskim i stupčastim dijagramom frekvencija. OŠ HJ A.6.3. Učenik čita tekst, uspoređuje podatke prema važnosti i objašnjava značenje teksta.	

		OŠ PRI D.6.1. Učenik tumači uočene pojave, procese i međuodnose na temelju opažanja prirode i jednostavnih istraživanja.
<b>Tijek nastavnog sata</b>		
<b>Etape rada</b>	<b>Cilj etape</b>	<b>Aktivnosti učenika</b>
Uvod (1 sat)	Upoznavanje s načinom rada, očekivanjima i vrednovanjem, otkrivanje problema te postavljanje istraživačkog pitanja i hipoteze	<p>Sluša upute nastavnika (pročitaj tekst, zaključi koji problem je opisan u tekstu, svaki dan tijekom studenog mjeri temperaturu u 7 h, 14 h i 21 h (x 2), u Microsoft Excelu izračunaj srednje dnevne temperature te srednju mjesečnu temperaturu i podatke organiziraj u tablicu tako da se u tablici nalaze srednje dnevne i srednja mjesečna temperatura. U Microsoft Excelu izradi linijski dijagram mjesečnog hoda temperature zraka, usporedi srednju mjesečnu temperaturu s temperaturom istog mjeseca iz standardnog klimatološkog razdoblja, donesi zaključak, izradi istraživački izvještaj (1 stranica teksta s grafičkim priložima), pritom pripazi na navođenje literature i izvora te numeriranje i potpis grafičkih priloga, podatke i zaključke usporedi s drugim učenicima iz svoje skupine te na temelju vaših podataka i zaključaka napravite jedan rad i prezentirajte zajedno, a vlastiti rad predaj nastavniku).</p> <p>Upoznaje se s kriterijima vrednovanja.</p> <p>Čita dobiveni tekst iz kojega prepoznaje opisani problem. Na temelju problema, postavlja istraživačko pitanje i hipotezu.</p>
Glavni dio rada (3 sata)	Prikupljanje podataka i organiziranje u tablicu, izrada linijskog dijagrama, usporedba podataka, donošenje zaključka i pisanje istraživačkog izvještaja	<p>Učenik tijekom studenog prikuplja podatke o temperaturi zraka pomoći mobilne aplikacije Termometar ++.</p> <p>Na temelju dobivenih podataka, u Microsoft Excelu računa srednje dnevne i srednju mjesečnu temperaturu, a zatim dobivene podatke tablično prikazuje.</p> <p>Na temelju dobivenih podataka, izrađuje linijski dijagram.</p> <p>Vlastiti podatak (srednju mjesečnu temperaturu) uspoređuje sa srednjom mjesečnom temperaturom studenog iz standardnog klimatskog razdoblja i na temelju usporedbe donosi zaključak.</p> <p>U Microsoft Wordu izrađuje istraživački izvještaj (otprilike na 1 strani s grafičkim priložima) poštujući pravila navođenja literature i izvora, kao i numeriranja i potpisivanja grafičkih priloga.</p>
Završni dio (2 sata)	Usporedba podataka i zaključaka unutar skupine, izrada	<p>Nakon izrade istraživačkog izvještaja, učenici u skupini (četiri učenika) uspoređuju vlastite podatke i zaključke te izrađuju jedinstveni rad koji je rezultat (spoj) njihovih podataka i promišljanja.</p> <p>Isti rad zajedno i usmeno prezentiraju.</p> <p>Učenici (cijeli razred) analiziraju izradu i prezentaciju radova te donose zaključke koji su kriteriji zadovoljeni, koji su djelomično zadovoljeni, a koji nisu zadovoljeni.</p>

	jedinstvenog rada, izlaganje istog, zajednička analiza	Učenici predaju vlastite istraživačke radove nastavniku.
--	--	--

Vrednovanje
<p>Vrednovanje za učenje – davanje povratnih informacija učeniku tijekom izrade istraživačkog rada (učitelj)</p> <p>Vrednovanje kao učenje – prema listu (tablici s popisom elemenata vrednovanja) za procjenu rada svaki učenik vrednuje svoj rad i rezultate rada drugih članova skupine; ispunjavanjem rubrika članovi skupine vrednuju rad drugih skupina</p> <p>Vrednovanje naučenog – prema rubrikama za vrednovanje istraživačkog rada (učitelj)</p>

Nastavne metode i oblici rada
<p>Metoda usmenog izlaganja, metoda pisanih radova, metoda rada na tekstu, metoda razgovora, izravna grafička metoda, neizravna grafička metoda, metoda demonstracije</p> <p>Frontalni rad, samostalni rad, rad u skupinama</p>

Nastavna sredstva i pomagala
<p>Mobitel - aplikacija Termometar ++, polazni tekst, tablica srednjih mjesečnih i srednje godišnje temperature zraka u Samoboru u klimatološkom standardnom razdoblju 1991. – 2020., računalo, projektor</p>

Popis priloga
<p>Polazni tekst, tablica srednjih mjesečnih i srednje godišnje temperature zraka u Samoboru u klimatološkom standardnom razdoblju 1991. – 2020., list za procjenu samostalnog rada i rada u skupini, rubrike za vrednovanje istraživačkog rada, tablica za sumativno vrednovanje (bodovanje po elementima) svakog istraživačkog rada, tablica s kriterijima ocjenjivanja (bodovni pragovi i ocjene)</p>

<p>Polazni tekst i tablica srednjih mjesečnih i srednje godišnje temperature zraka u Samoboru u klimatološkom standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine.</p>
<p>U zadnjem tridesetogodišnjem klimatskom standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine srednja godišnja temperatura zraka za Samobor (na 141 m n.v.) iznosi 11,6 °C. Najtopliji</p>

mjesec je srpanj čija srednja mjesečna temperatura iznosi 22,1 °C, a najhladniji je siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom od 1,0 °C. Postaja, prema podacima o srednjim mjesečnim i srednjim godišnjim temperaturama zraka, bilježi porast koji nije zanemariv. To je u skladu s istraživanjima o klimatskim promjenama u Hrvatskoj koja su potvrdila statistički značajan porast srednjih godišnjih temperatura i to posebno od kraja 1980-ih (Bonacci, 2010).

Bonacci, O., 2010: Analiza nizova srednjih godišnjih temperatura zraka u Hrvatskoj, Građevinar, 62 (9), 781-791

Tab. 1. Srednje mjesečne i srednja godišnja temperatura zraka u Samoboru u klimatološkom standardnom razdoblju 1991. – 2020. godine

<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>	<b>god</b>
1,0	2,5	7,3	12,2	16,7	20,6	22,1	21,5	16,4	11,4	6,5	1,5	11,6

Izvor: izračunato prema podacima DHMZ-a

Tab. 2. List za procjenu samostalnog rada i rada u skupini

<b>Element</b>	<b>Da</b>	<b>Djelomično</b>	<b>Ne</b>
<b>SAMOSTALAN RAD</b>			
Jesam li zadovoljan radom			
Jesam li dao svoj maksimum			
Je li mi bilo zanimljivo izrađivati istraživački rad			
Jesam li naučio nešto novog			
<b>RAD U SKUPINI</b>			
Jesmo li svi dali doprinos izradi i prezentaciji rada			

Jesmo li izvršili zadatak			
Jesmo li mogli bolje			

Tab. 3. Rubrike za vrednovanje istraživačkog rada

<b>Element</b>	<b>Ostvareno (3 boda)</b>	<b>Djelomično ostvareno (2 boda)</b>	<b>Nije ostvareno (potrebno popraviti) (1 bod)</b>
<b>Uvod</b>	Sadrži otkrivanje problema, istraživačko pitanje i hipotezu	Ne zadovoljava jedan od kriterija iz dijela „Ostvareno“	Ne zadovoljava u cijelosti ni jedan kriterij iz dijela „Ostvareno“
<b>Metode rada</b>	Detaljno i točno objašnjene.	Točno objašnjene	Netočno objašnjene ili nisu navedene
<b>Razrada (analiza)</b>	Sadrži usporedbu podataka i grafičke priloge.	Sadrži samo usporedbu podataka ili samo grafičke priloge	Ne sadrži ni usporedbu podataka ni grafičke priloge
<b>Zaključak</b>	Točan i jasan, temeljen na usporedbi podataka	Temeljen na usporedbi podataka i u većoj mjeri točan, nejasno izrečen	Ne temelji se na usporedbi podataka ili je netočno i nejasno izrečen
<b>Tablica</b>	Numerirana i ispravno imenovana, podaci su centrirani	Ne zadovoljava jedan od kriterija iz dijela „Ostvareno“	Ne zadovoljava u cijelosti ni jedan kriterij iz dijela „Ostvareno“
<b>Linijski dijagram</b>	Numeriran i odgovarajućeg potpisa, podaci su prikazani odgovarajućim vrijednostima, podaci su prikazani na odgovarajućim osima, odgovarajući odabir boje linije	Ne zadovoljava dva od navedenih kriterija iz dijela „Ostvareno“	Ne zadovoljava tri ili četiri kriterija iz dijela „Ostvareno“
<b>Tehnički dio rada</b>	Font, veličina slova, prored i poravnanje teksta su odgovarajući	Ne zadovoljava dva navedena kriterija iz dijela „Ostvareno“	Ne zadovoljava tri ili četiri kriterija iz dijela „Ostvareno“
<b>Navođenje literature i izvora</b>	Tekst je pravilno citiran i naveden u literaturi	U citiranju i navođenju literature postoje manje greške	Nema citiranja ni cjelovito navedene literature
<b>Jezik</b>	Korišten je stručni jezik i terminologija, tekst je pravopisno i gramatički točan	Uglavnom upotreba stručnog jezika i terminologije, manje pravopisne i gramatičke greške	Nedostatak stručnog jezika i terminologije, pravopisno i gramatički netočan tekst
<b>Izlaganje</b>	Bez čitanja, naglašene bitne informacije, točno, kontakt očima s	Često gledanje u podsjetnik, izrečene	Čitanje s papira, netočno izrečene informacije, uspostave

	publikom, točni odgovori na postavljena pitanja učitelja/publike	greška do dvije u točnosti informacija, rijetka uspostava kontakta očima s publikom, točno odgovoreno na 50-70 % postavljenih pitanja od strane učitelja/publike	kontakta s publikom nema (čita), većina odgovora na pitanja nije točna
--	--	--	--

Tab. 4. Bodovanje po elementima

<b>Elementi</b>	<b>Bodovi</b>
Uvod	
Metode rada	
Razrada (analiza)	
Zaključak	
Tablica	
Linijski dijagram	
Tehnički dio rada	
Navođenje literature i izvora	
Jezik	
Izlaganje	
<b>Ukupno</b>	

Tab. 5. Bodovni pragovi i ocjene

<b>Ocjena</b>	<b>Bodovi</b>
26-30	5
21-25	4
15-20	3
10-14	2
0-9	1